

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Equipo de uso público para la adquisición de parámetros fisiológicos: presión sanguínea, frecuencia cardíaca, estatura y peso”

TÓPICO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACIÓN
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por:

Ángel Javier Arias Arévalo
Jaime Bolívar Inga Morán
Dany Javier Riofrío Guamán

GUAYAQUIL – ECUADOR

2006

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por las fuerzas
para seguir adelante,
a nuestros padres por su valioso apoyo,
al Ing. Yapur, director del tópico, por su guía
y valiosa ayuda prestada
en el desarrollo del presente proyecto
y a todas las personas que nos
brindaron su ayuda incondicional.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres: Elsa y Manuel,
y a mis hermanos por su apoyo durante mis estudios
y en la elaboración de la presente tesis.

Ángel Arias Arévalo

A mis padres: Marlene y Bolívar,
a mis hermanos y familiares que me brindaron su apoyo incondicional
durante mis estudios.

Jaimer Inga Morán

A mis padres: Zoila y José,
a mis hermanos, familiares y amigos por su apoyo
incondicional.

Dany Riofrío Guamán

TRIBUNAL DE GRADUACION

Ing. Holger Cevallos U.
SUB-DECANO DE LA FIEC
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Miguel Yapur A.
DIRECTOR DEL TÓPICO

Ing. Alberto Manzur H.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Carlos Valdivieso A.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este trabajo nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.”

Ángel Arias Arévalo

Jaime Inga Morán

Dany Riofrío Guamán

RESUMEN

La necesidad de llevar un control de parámetros médicos (en este caso se trata de: presión sanguínea, frecuencia cardíaca, estatura y peso), de forma rápida y confiable; nos permite diseñar un equipo de uso público para la comunidad politécnica. Para la implementación de este equipo se utilizará el transductor de presión piezoresistivo MPX5050 de Motorola, un sensor infrarrojo SHARP GP2D02 y una balanza mecánica acoplada a un sistema electrónico; la unidad de procesamiento digital será realizada con un circuito integrado programable (PIC-16F877A), el cual posee un convertidor análogo-digital (ADC) de 8 canales y el registro de datos se lo realizará mediante un despliegue visual de una pantalla de cristal líquido (LCD) y una impresora a inyección para el registro impreso de los parámetros.

La implementación y obtención de la presión sanguínea se la realiza utilizando el método oscilométrico (método no-invasivo), a través del transductor de presión, el cual posee acondicionamiento de señal mediante un amplificador operacional integrado en el mismo chip; además de la correspondiente compensación de temperatura. De acuerdo a las características de este transductor, la señal de presión puede ir directamente al ADC del PIC; esta misma señal se la pasa a través de un filtro pasa altos para dejar pasar las oscilaciones (aproximadamente de 1Hz) que se

producen sobre el brazal y que servirán para detectar la presión sistólica P_s , la presión diastólica P_d y la presión media P_m .

En el caso de la frecuencia cardíaca, la medición se la realiza al mismo tiempo que la presión sanguínea, así, a medida que se vayan detectando las pulsaciones del corazón en el brazal se van registrando (contabilizando) durante un lapso de tiempo y el conteo final se visualiza en la pantalla LCD, el valor mostrado corresponderá a latidos por minuto (BPM).

Para la medición del peso se añadirá a la balanza un sistema de galgas, dispuestas en la configuración de Puente de Wheatstone, de la cual se obtendrá una señal en el rango de los milivoltios; para ello se utilizará un amplificador y la equivalencia milivoltios-libras se la realizará en el integrado PIC16F877A.

La medición de la estatura se la realizará con un sensor infrarrojo para la detección y medida de distancia; el sensor utilizado es el IR SHARP GP2D02, del cual se obtendrá la información a ser procesada por el PIC para su posterior visualización.

Todos los datos se enviarán al despliegue visual de la pantalla LCD y serán impresos si el usuario lo requiere.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
INDICE GENERAL.....	iii
ABREVIATURAS.....	xii
SIMBOLOGÍA.....	xv
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE TABLAS.....	xix
INTRODUCCION.....	1

Capítulo 1.

1. Descripción de la Unidad Biomédica RAI.....	2
1.1. Generalidades.....	2
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Especificaciones de funcionamiento.....	5
1.4. Diagrama de bloques.....	6

Capítulo 2.

2. Diseño de la Unidad Biomédica RAI.....	7
2.1 Módulos de acondicionamiento de la señal.....	8
2.1.1 Módulo de acondicionamiento de la Presión Sanguínea.....	8
2.1.1.1 Presión Sanguínea: Generalidades.....	8
2.1.1.2 Método Auscultatorio.....	10
2.1.1.3 Método Oscilométrico.....	11
2.1.1.4 Características del transductor de presión MPX5050GP.....	14
2.1.1.5 Circuito de acondicionamiento del transductor de presión MPX5050GP.....	16
2.1.1.6 Función de transferencia del transductor de presión MPX5050GP.....	21
2.1.1.7 Resolución de las mediciones de presión.....	24
2.1.1.8 Cálculos de las presiones y cuadros comparativos con valores reales.....	26
2.1.2 Módulo de acondicionamiento de la Estatura.....	29
2.1.2.1 Sensores Infrarrojos.....	29
2.1.2.2 Características del sensor IR SHARP GP2D02.....	33
2.1.2.3 Tiempos de lectura y manejo del sensor IR SHARP GP2D02.....	34

2.1.2.4	Linealización de la curva de transferencia del sensor IR SHARP GP2D02.....	36
2.1.2.5	Montaje del sensor IR SHARP GP2D02.....	40
2.1.2.6	Lecturas de distancias y cálculos de las constantes.....	42
2.1.3	Módulo de acondicionamiento del peso.....	46
2.1.3.1	Galgas extensiométricas.....	46
2.1.3.2	Clasificación de las galgas extensiométricas.....	51
2.1.3.3	Características generales de las galgas.....	54
2.1.3.4	Puente de Wheatstone.....	55
2.1.3.5	Circuito de acondicionamiento para la señal de la galga extensiométrica.....	60
2.1.3.6	Resolución en la medición del peso.....	63
2.2	Módulo de procesamiento digital.....	65
2.2.1	Microcontrolador programable PIC.....	65
2.2.2	Criterios para la selección del microcontrolador PIC.....	67
2.2.3	Ventajas y desventajas de los microcontroladores.....	70
2.2.4	Arquitectura de los microcontroladores PIC.....	72
2.2.5	Procesador del microcontrolador.....	76
2.2.6	Tipo de memoria de los microcontroladores PIC.....	77
2.2.7	Características generales del PIC16F877A.....	82

2.2.8	Diagramas de flujo del programa del microcontrolador	
	PIC.....	84
2.2.8.1	Diagrama de flujo general de la unidad.....	84
2.2.8.2	Diagrama de flujo de medición del peso-estatura....	85
2.2.8.3	Diagrama de flujo de medición de la presión.....	87
2.2.8.4	Sub-rutina para calcular presiones.....	91
2.3	Registro de datos obtenidos.....	93
2.3.1	Impresora a inyección: Generalidades.....	93
2.3.1.1	Fuentes BITMAP y fuentes Outline.....	93
2.3.1.2	Capacidad de almacenamiento de las impresoras....	95
2.3.1.3	Tecnología de Impresión.....	96
2.3.2	Puerto Paralelo DB-25.....	97
2.3.3	Pantallas de Cristal Líquido LCD.....	101
2.3.3.1	Aspecto físico y caracteres del LCD.....	103
2.3.3.2	Descripción de los pines del módulo LCD.....	107
2.3.3.3	Diagramas de tiempo para la ejecución de instrucciones en el módulo LCD.....	110
2.3.3.4	Instrucciones del módulo LCD.....	115
2.3.3.5	Inicialización del módulo LCD.....	118
2.3.4	Comunicación entre el microcontrolador y la impresora (diagrama de flujo).....	120

2.4. Esquemáticos y LAYOUT de los circuitos que implementan el equipo.....	123
--	-----

Capítulo 3.

3. Manual de usuario de la unidad biomédica RAI.....	131
3.1 Fotografía y descripción física del equipo.....	132
3.2 Especificaciones del funcionamiento del teclado.....	137
3.3 Procedimiento para realizar las respectivas mediciones de peso, estatura y presión sanguínea.....	138
3.4 Posibles condiciones de falla y recomendaciones.....	142

Conclusiones.....	145
Recomendaciones.....	146

Apéndices.

Apéndice A: Descripción teórica de los parámetros fisiológicos.

A.1 La Presión Sanguínea.....	150
A.1.1 La presión y el sistema cardiovascular.....	150
A.1.2 La presión arterial.....	154
A.1.3 Alteraciones de la presión arterial: Hipertensión.....	156
A.2 Frecuencia cardíaca.....	158
A.2.1 Frecuencia cardíaca en reposo.....	159

A.2.2 Frecuencia cardíaca máxima.....	160
A.3 La estatura y el peso: Índice de Masa Corporal (IMC).....	162

Apéndice B: *Transductores de presión.*

B.1 Presión: Generalidades.....	165
B.2 Tipos de medición de presión.....	166
B.2.1 Presión Absoluta.....	166
B.2.2 Presión Diferencial.....	166
B.2.3 Presión Gage.....	167
B.3 Consideraciones generales para la elección del transductor de presión.....	168
B.4 Transductores piezo-resistivos.....	169
B.5 Método de medición de los transductores piezo-resistivos.....	170
B.6 Consideraciones de ruido	172
B.7 Efectos del ruido en el sistema del transductor.....	173
B.8 Técnicas y consideraciones en el filtrado de ruidos.....	174
B.9 Hoja de especificaciones del transductor MPX5050GP.....	178

Apéndice C: *Sensor Infrarrojo.*

Hoja de especificaciones del sensor IR SHARP GP2D02.....	183
--	-----

Apéndice D: *Galgas extensiométricas.*

D.1 Criterios para la elección de la galga.....	188
---	-----

C.2	Criterios para la elección del adhesivo.....	189
D.3	Implantación de las galgas.....	189
D.3.1	Introducción.....	189
D.3.2	Preparación de la superficie.....	191
D.3.3	Adhesión de las galgas.....	195
D.3.4	Barniz de recubrimiento.....	201
D.4	Circuito integrado AD620BN: Teoría de funcionamiento.....	201
D.5	Características del circuito integrado AD620BN.....	203
D.6	Hoja de especificaciones del circuito integrado AD620BN.....	205

Apéndice E: *Microcontrolador programable PIC16F877A.*

E.1	Características eléctricas del PIC16F877A.....	209
E.2	Características del núcleo del microcontrolador del PIC16F877A.....	210
E.3	Descripción de los pines del PIC 16F877A.....	212
E.4	Conjunto de Instrucciones.....	214
E.5	Registro de control del PIC16F877A.....	215
E.5.1	Registro de Estado (STATUS).....	215
E.5.2	Registro de Opciones (OPTION).....	217
E.6	Organización de la memoria y direccionamiento de los datos...	
E.6.1	Memoria de programa.....	219
E.6.2	La Pila.....	219

E.6.3 Memoria de datos.....	221
E.6.4 Direccionamiento de los datos.....	221
E.6.5 Segmentación Pipe-line.....	223
E.7 Puertos de Entrada/Salida E/S.....	224
E.8 Convertidor analógico-digital ADC.....	236

Apéndice F: *Impresora a inyección.*

F.1 Conceptos básicos de las impresoras a inyección.....	243
F.1.1 Velocidad de impresión.....	243
F.1.2 Resolución de la impresión.....	244
F.1.3 Calidad de la impresión.....	244
F.2 Modo de operación de las impresoras a inyección.....	245
F.2.1 Tecnología térmica.....	247
F.2.2 Tecnología piezo-eléctrica.....	249
F.3 Código ASCII.....	252

Apéndice G: *Pantalla de Cristal Líquido.*

G.1 Pantallas de Cristal Líquido: Generalidades.....	256
G.2 Modo de funcionamiento del módulo LCD.....	257
G.3 Características Técnicas del LCD HITACHI 44780	262

A/D Analógico/Digital.

Apéndice H: *Listado del programa que gobierna el PIC16F877A.....*264

Bibliografía..... 397

A_d	Amplitud de la oscilación donde ocurre la Presión Diastólica.
ADC	Convertidor analógico-digital.
ADRESH	A/D Register High - Registro Alto del resultado del convertidor A/D
ADRESL	A/D Register Low - Registro Bajo del resultado del convertidor A/D
A_m	Amplitud de la máxima oscilación donde ocurre la Presión Media.
A_s	Amplitud de la oscilación donde ocurre la Presión Sistólica.
ASCII	American Standard Code for Interchange Information – Código Estándar Americano para el intercambio de Información
BF	Busy Flag – Bandera de estado
BPM	Latidos por minuto.
f_c	Frecuencia Cardíaca.
f_{CMAX}	Frecuencia cardíaca máxima.
f_{CR}	Frecuencia cardíaca en reposo.
GND	Voltaje de referencia a tierra.
IMC	Índice de Masa Corporal.
LCD	Liquid Cristal Display – Pantalla de Cristal Líquido.
LED	Light Emisor Diode – Diodo Emisor de Luz.
NEC	National Electrical Code – Código Eléctrico Nacional.
PB	Presión del brazal.
P_d	Presión diastólica.
PIC	Microcontrolador programable de la familia Microchip.
P_{kPa}	Presión en unidades de kilo Pascales
P_m	Presión media.
P_{mmHg}	Presión en unidades de milímetros de Mercurio.
P_s	Presión sistólica.
PSD	Sensor Detector de Posición
RC	Resistencia-capacitor.
Temp	Temperatura
V_{AC}	Voltaje de alimentación de corriente alterna (AC)
$V_{BINARIO}$	Valor binario de una señal analógica.
V_{CC}	Voltaje de alimentación de corriente continua (DC)
V_{DC}	Voltaje de corriente continua (DC)
V_{IN}	Voltaje de entrada
V_O	Voltaje de salida
V_{OUT}	Voltaje de salida

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

A	Área.
C ₁	Capacitor 1
C ₂	Capacitor 2
CISC	Complex Instruccions Set Computers – Computadores de juego de instrucciones complejo
CMOS	Circuit Metal Oxide Semiconductor – Circuito semiconductor de óxido de metal
D	Distancia real medida
DEC	Valor binario de la distancia medida
IR	Infrarrojo
K _G	Parámetro constante de la curva de transferencia del sensor GP2D02
K _O	Parámetro constante de la curva de transferencia del sensor GP2D02
L	Longitud
LSB	Least Significant Bit – Bit menos significativo
MSB	Most Significant Bit – Bit más significativo
N	Número
Q ₁	Transistor 1
Q ₂	Transistor 2
R	Resistencia
REF	Referencia a tierra (0 V).
RISC	Reduced Instruccions Set Computers – Computadores de juego de instrucciones reducido
SISC	Specific Instruccions Set Computers – Computadores de juego de instrucciones específico
TTL	Transistor Transistor Logic
DB-25	Puerto Paralelo de 25 pines
RA _x	Pin X del Puerto A
RB _x	Pin X del Puerto B
RC _x	Pin X del Puerto C
RD _x	Pin X del Puerto D
RE _x	Pin X del Puerto E
V _A	Voltaje en el punto A
V _B	Voltaje en el punto B
A ₁	Amplificador operacional 1
A ₂	Amplificador operacional 2
A ₃	Amplificador operacional 3

ABREVIATURAS

ρ	Resistividad del material
ADCON0	A/D Control Register 0 - Registro de Control 0 del convertidor analógico-digital
ADCON1	A/D Control Register 1 - Registro de Control 1 del convertidor analógico-digital
ALU	Unidad Aritmética Lógica
b	Número binario
CPU	Central Process Unit – Unidad Central de Proceso
EEPROM	Electrical Erasable Programmable Read Only Memory – memoria de lectura solamente borrable y programable eléctricamente
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory – Memoria de lectura solamente borrable y programable
FLASH	Memoria no volátil, grabable y borrable
FSR	File Select Register – Registro de selección de archivo
h	Número hexadecimal
I/O	Input/output. Entrada/salida
MSSP	Master Synchronous Serial Port – Puerto Serial Sincrónico Maestro
OP	Opcode – Código de operación
OTP	One Time Programmable
PC	Counter Program – Contador de Programa
PWM	Pulse Weight Module – Modulación de ancho de pulso
RAM	Random Access Memory – Memoria de acceso aleatorio
R_G	Resistencia que controla la ganancia
ROM	Read Only Memory – Memoria de lectura solamente
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter – Transmisión y Recepción Sincrónica Asincrónica Universal
V_{O1}	Voltaje de salida 1
V_{O2}	Voltaje de salida 2
V_{OFFSET}	Voltaje de desviación.
V_{RH}	Voltaje de referencia (máximo valor)
V_{RL}	Voltaje de referencia (mínimo valor)
V_S	Voltaje de alimentación de corriente continua (DC)
V_{xdcr}	Voltaje analógico de la medición.
X	Valor binario de la distancia medida
X'	Valor binario de la distancia medida (otra medición).
Z	Impedancia
ΔL	Variación longitudinal
ΔR	Variación de la resistencia.

SIMBOLOGÍA

μA	Micro amperios
μseg	Micro segundos
μV	Micro voltios
$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
cm	Centímetros
CO_2	Dióxido de carbono
Cr	Cromo
db	Decibelios
Hz	Hertz
$\text{K } \Omega$	Kilo Ohmios
kg	Kilogramos
kHz	Kilo Hertz
kPa	Kilo Pascales
lb	Libras
m	Metros
m^2	Metros cuadrados
mA	Mili amperios
MHz	Mega Hertz
mm	Milímetros
mmHg	milímetros de Mercurio
mseg	Mili segundos
mV	Mili voltios
nA	Nano amperios
Ni	Níquel
nV	Nano voltio
seg	Segundos
V	Voltio
Ω	Ohmio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama de bloques del sistema.....	6
Figura 2.1	Método Auscultatorio.....	10
Figura 2.2	Método Oscilométrico.....	12
Figura 2.3	Diagrama interno del transductor de presión.....	15
Figura 2.4	Circuito filtro amplificador de las oscilaciones del brazal.....	17
Figura 2.5	Respuesta de frecuencia del filtro amplificador.....	19
Figura 2.6.	Señal del brazal a la salida del transductor de presión	20
Figura 2.7	Oscilaciones extraídas a la salida del filtro amplificador.....	21
Figura 2.8	Voltaje de salida vs Presión Diferencial.....	22
Figura 2.9	Medición práctica de la presión usando un manómetro	27
Figura 2.10	Medición por triangulación.....	31
Figura 2.11	Triangulación del sensor GP2D02	31
Figura 2.12	Sensor IR SHARP GP2D02.....	33
Figura 2.13	Pines del sensor GP2D02.....	34
Figura 2.14	Tiempos de lectura del sensor IR SHARP GP2D02.....	35
Figura 2.15	Curva del sensor IR SHARP GP2D02	37
Figura 2.16	Pinesdel sensor IR SHARP GP2D02.....	40
Figura 2.17	Configuración colector abierto.....	41
Figura 2.18	Configuración diodo	42
Figura 2.19	Galga extensiométrica metálica	47
Figura 2.20	Deformación del conductor.....	47
Figura 2.21	Galga en forma de rejilla	50
Figura 2.22	Configuración Puente de Wheatstone.....	57
Figura 2.23	Amplificador de instrumentación.....	61
Figura 2.24	Configuración de los pines del PIC.....	66
Figura 2.25	Arquitectura Von Neumann.....	73
Figura 2.26	Arquitectura Harvard.....	75
Figura 2.27	Diagrama de flujo general de la unidad.....	84
Figura 2.28	Diagrama de flujo de la medición del peso y la estatura	85
Figura 2.29	Diagrama de flujo de la medición de la presión.....	87
Figura 2.30	Sub-rutina para calcular presiones.....	91
Figura 2.31	Puerto Paralelo DB-25.....	97
Figura 2.32	Displays de siete segmentos.....	102
Figura 2.33	Pantalla de Cristal líquido.....	103
Figura 2.34	Líneas vs caracteres.....	104
Figura 2.35	Matriz de puntos para representar caracteres.....	105
Figura 2.36	Caracteres que se pueden representar en la pantalla del LCD.....	106
Figura 2.37	Diagrama de tiempo para ejecutar una instrucción.....	112
Figura 2.38	Diagrama de tiempo para escribir un dato.....	113
Figura 2.39	Diagrama de tiempo para leer un dato.....	114
Figura 2.40	Inicialización del módulo LCD para 8 bits.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.41	Inicialización del módulo LCD para 4 bits.....	119
Figura 2.42	Diagrama de flujo del módulo de impresión.....	120
Figura 2.43	Módulo de acondicionamiento del peso-estatura.....	123
Figura 2.44	Módulo de acondicionamiento de la presión.....	124
Figura 2.45	Módulo digital del peso-estatura.....	125
Figura 2.46	Módulo digital de la presión.....	126
Figura 2.47	Diagrama esquemático general de la unidad RAI.....	127
Figura 2.48	Diagrama de posición de elementos en la tarjeta.....	128
Figura 2.49	Tarjeta de circuito impreso.....	128
Figura 2.50	Unidad Biomédica RAI.....	132
Figura 2.51	Fuente de voltaje (base del equipo).....	133
Figura 2.52	Vista lateral de la Unidad Biomédica RAI.....	134
Figura 2.53	Vista posterior de la unidad	134
Figura 2.54	Placa del circuito con elementos montados.....	134
Figura 2.55	Pantalla LCD y botoneras	135
Figura 2.56	Proceso de impresión	135
Figura 2.57	Vista lateral de la placa del circuito	136
Figura 2.58	Vista superior de la unidad donde consta el sensor infrarrojo	136
Figura 2.59	Formato de impresión.....	141
Figura A.1	Anatomía del corazón.....	172
Figura A.1	Presión aplicada a las paredes arteriales.....	176
Figura B.1	Presión Absoluta.....	187
Figura B.2	Presión Diferencial.....	188
Figura B.3	Presión Gage.....	189
Figura B.4	Puente de Wheatstone para transductores.....	193
Figura B.5.	Nivel de ruido presente en la salida del transductor.....	195
Figura B.6	Configuración para reducir el nivel de ruido mediante una red RC.....	196
Figura B.7	Nivel de ruido aplicando la configuración RC.....	197
Figura B.8	Configuración Buffer.....	198
Figura B.9	Nivel de ruido utilizando la red RC y el promedio de 10 muestras.....	199
Figura D.1	Galga y terminal adheridas a la cinta.....	219
Figura D.2	Galga y terminal alineadas.....	220
Figura D.3	Levantar la cinta en ángulo agudo.....	221
Figura D.4	Colocar la cinta dejando la galga expuesta.....	221
Figura D.5	Aplicación del adhesivo.....	222

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura D.6	Adhesión de la galga.....	223
Figura D.7	Aplicación de presión.....	224
Figura D.8	Retirar la cinta.....	225
Figura D.9	Circuito equivalente del CI AD620BN.....	226
Figura D.10	Configuración de pines del AD620BN.....	228
Figura E.1	Pila y memoria de programa del PIC.....	247
Figura E.2	Direccionamiento de los datos.....	250
Figura E.3	Segmentación Pipe-line.....	251
Figura E.4	Diagrama de bloques de los pines RA3:RA0.....	253
Figura E.5	Diagrama de bloques de los pines RA4/T0CKL.....	253
Figura E.6	Diagrama de bloques de los pines RA5.....	254
Figura E.7	Diagrama de bloques de los pines RB3:RA0.....	256
Figura E.8	Diagrama de bloques de los pines RB7:RB4.....	256
Figura E.9	Diagrama de bloques de los pines RC2:RC0 y RC7:RC5.....	259
Figura E.10	Diagrama de bloques de los pines RC4:RC3.....	259
Figura E.11	Diagrama de bloques de los pines del Puerto D.....	261
Figura E.12	Diagrama de bloques de los pines del Puerto E.....	263
Figura E.13	Diagrama de bloques del convertidor A/D.....	265
Figura F.1	Tecnología térmica.....	275
Figura F.2	Resistencia calórica.....	276
Figura F.3	Tecnología piezo-eléctrica.....	277
Figura F.4	Cabezal piezo-eléctrico.....	278
Figura G.1	Microfotografía de las moléculas de un cristal líquido.....	286
Figura G.2	Estructura de la pantalla LCD.....	289
Figura G.3	Operación de un LCD con electrodos energizados.....	289
Figura G.4	Operación de un LCD con electrodos desenergizados.....	290

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Valores de presión medidos y calculados.....	28
Tabla 2.2	Valores binarios enviados por el sensor.....	43
Tabla 2.3	Valores de distancias reales y calculadas por el sensor.....	45
Tabla 2.4	Resistividad de algunos materiales a 20°C.....	49
Tabla 2.5	Cuadro comparativo de los tipos de galgas.....	55
Tabla 2.6.	Características generales del PIC16F877A.....	83
Tabla 2.7	Configuración de pines del puerto paralelo estándar.....	98
Tabla 2.8	Descripción de los pines del módulo LCD.....	107
Tabla 2.9	Instrucciones generales del módulo LCD.....	115
Tabla 2.10	Descripción y tiempo de ejecución de las instrucciones.....	116
Tabla 2.11	Abreviaturas utilizadas.....	117
Tabla 2.12	Lista de elementos.....	129
Tabla A.1	Clasificación de la presión arterial en adultos.....	178
Tabla A.2	Frecuencia cardíaca en reposo.....	181
Tabla A.3	Clasificación de los valores del IMC.....	184
Tabla D.1	Tiempo de secado del adhesivo en algunos materiales.....	214
Tabla E.1	Características eléctricas del PIC16F877A.....	235
Tabla E.2	Descripción de los pines del PIC16F877A.....	238
Tabla E.3	Conjunto de instrucciones.....	241
Tabla E.4	Registro de Estado (STATUS).....	243
Tabla E.5	Registro de Opciones (OPTION).....	245
Tabla E.6	Descripción de los pines del Puerto A.....	254
Tabla E.7	Descripción de los pines del Puerto B.....	257
Tabla E.8	Descripción de los pines del Puerto C.....	260
Tabla E.9	Descripción de los pines del Puerto D.....	261
Tabla E.10	Descripción de los pines del Puerto E.....	263
Tabla E.11	Registro ADCON0.....	266
Tabla E.12	Registro ADCON1.....	267
Tabla E.13	T _{AD} VS Frecuencias máximas de operación.....	269
Tabla F.1	Código ASCII.....	280

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre el diseño y construcción de una unidad de medición de parámetros fisiológicos, que la llamaremos Unidad Biomédica RAI ajustando el diseño y la implementación de la misma, a los requerimientos de la población. De esta forma se podrá llevar un control de los parámetros médicos básicos (presión sanguínea, frecuencia cardíaca, estatura y peso) de las personas. La obtención de los parámetros mencionados será de forma automática, confiable, precisa y no-invasiva y los parámetros médicos podrán ser visualizados y se obtendrá además un registro.

Cabe recalcar que mediante esta unidad no se pretende evitar o sustituir la visita periódica de las personas a la auscultación médica, sino que ésta unidad será un instrumento de apoyo para el diagnóstico médico respectivo.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD BIOMÉDICA RAI

1.1 Generalidades.

En la actualidad el aporte de la Tecnología es fundamental en todas las áreas, pero imprescindible en lo que respecta a la Medicina. Consideramos que debe existir una interrelación entre Medicina y Tecnología, ya que el manejo de los equipos médicos de alta complejidad es parte de los avances tecnológicos que se han venido efectuando a través del tiempo.

Los últimos 50 años se han caracterizado por un avance vertiginoso de la ciencia. Actualmente todas estas tecnologías avanzan a un paso tan rápido que para los que se dedican a utilizarlas les cuesta mantenerse al

corriente de su aparición, actualización y uso, sin tener en cuenta la experiencia directa con ellas.

El desarrollo de la Electrónica ha propiciado un cambio asombroso en la Medicina; su avance ha permitido conocer infinidad de procesos que explican el porqué de muchas enfermedades, de eventos que ocurren en el organismo humano y de las consecuencias de relacionarse con su entorno.

El presente proyecto tiene como característica realzar la importancia de la relación estrecha que existe entre la Medicina y la Electrónica, dos ramas que están ligadas desde el siglo anterior. Los adelantos en los diagnósticos médicos, el cuidado en el ambiente operatorio y post-operatorio y la necesidad de realizar intervenciones quirúrgicas más confiables y seguras, han influido en que el desarrollo de la Electrónica en este campo sea de manera acelerada. Así, en la actualidad, existen implementos y equipos electrónicos de última tecnología para exámenes de imágenes médicas más confiables e intervenciones quirúrgicas precisas. El adelanto de la tecnología siempre va en función del confort y seguridad de los pacientes.

Se han reportado casos, en que corrientes inducidas en los equipos que monitorean a los pacientes en ambientes post-operatorios han perjudicado al paciente y en varios casos, produciendo desenlaces fatales. Por ello, las normas del NEC para sistemas hospitalarios,

establecen que los pacientes se deben encontrar en áreas aisladas eléctricamente; los equipos utilizados, para el monitoreo de los pacientes, deben estar debidamente aterrizados y referenciados, evitando que corrientes inducidas y parásitas sean direccionadas hacia el paciente a través de dichos equipos.

En este proyecto, las señales provenientes desde el teclado y los sensores deben ser acondicionadas, por lo cual, en los capítulos posteriores se describirán cada uno de los circuitos utilizados en este proceso. Finalmente, el proceso de validación, comparación y visualización de los datos obtenidos recae en el microcontrolador; donde se realizarán todas las funciones y la impresión de los datos obtenidos.

1.2 Objetivos.

- ❖ Diseñar e implementar el prototipo de un equipo que podría permitir a la comunidad politécnica y al público en general adquirir de manera fácil y rápida, la información sobre su presión sanguínea, frecuencia cardíaca, estatura, peso e índice de masa corporal.

- ❖ Adquirir conocimientos y destreza en el empleo de sensores, acondicionamiento de la señal y procesamiento digital de variables continuas.

- ❖ Crear un documento que sirva como material de consulta en el campo de Electrónica Médica.

1.3 Especificaciones generales de funcionamiento.

El funcionamiento de la unidad se la realizará mediante la siguiente secuencia: El usuario debe encontrarse parado sobre la base del equipo, el cual espera que el usuario presione la botonera START; luego el equipo comienza a procesar las señales de peso y estatura, estas señales son recogidas mediante los sensores de estatura (SHARP GP2D02) y peso (Galgas Extensiométricas); a continuación el equipo indica al usuario que introduzca el brazo; el controlador (PIC16F877A), inflará el brazal y receptorá las oscilaciones de la presión mediante el sensor MPX5050; después de quince segundos, el microcontrolador visualizará en la pantalla LCD los valores obtenidos y al final se imprimirá dichos datos para registro del paciente.

El suministro de energía (voltaje de alimentación para cada uno de los circuitos), se lo realiza mediante una fuente dual. Para estabilizar el

voltaje requerido por los circuitos integrados ($V_{CC} = 5 V_{DC}$), la fuente dual consta de circuitos reguladores LM7805 y LM7905, con sus respectivos dispositivos de protección (diodos y capacitores).

Además el equipo consta de un interruptor general, con el cual el equipo queda desenergizado en su totalidad.

1.4 Diagrama de bloques del sistema.

Para visualizar mejor el funcionamiento del equipo, se muestra el diagrama de bloques en la figura 1.1.

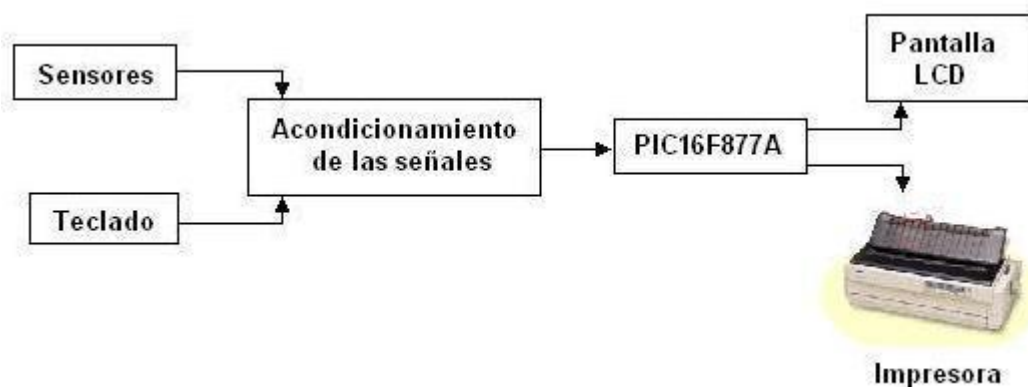


Figura 1.1 Diagrama de bloques.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DE LA UNIDAD BIOMÉDICA RAI

En el presente capítulo se describirán los módulos de adquisición de las señales (sensores de presión, estatura y peso), el acondicionamiento de las señales adquiridas (circuitos amplificadores, filtros de ruidos, etc.), el procesamiento digital mediante el microcontrolador PIC16F877A (criterios de selección del PIC, descripción del programa, diagrama de flujo) y el registro de datos visual e impreso de los parámetros médicos (pantalla LCD e impresora).

2.1 Módulos de acondicionamiento de las señales.

2.1.1 Módulo de acondicionamiento de la Presión Sanguínea.

En esta sección, se dará una breve introducción sobre los métodos de medición de la presión sanguínea y la relación que existe entre las presiones media, sistólica y diastólica; se revisará el transductor de presión MPX5050 y sus especificaciones, así como los circuitos de acondicionamiento de la señal del brazal hacia el microcontrolador PIC16F877A. Para revisar la hoja de especificaciones completa de los elementos véase el Apéndice B.

2.1.1.1 Presión Sanguínea: Generalidades.

La presión sanguínea es el índice cardiovascular más utilizado en la actualidad, dado que es una de las variables fisiológicas que se puede medir con mayor disponibilidad. Este índice es aplicado en el diagnóstico de una amplia gama de enfermedades y complicaciones relacionadas con el sistema cardiovascular. Una historia clínica de las medidas de la presión sanguínea ha salvado a muchas personas de una muerte prematura avisando sobre la existencia de presiones altas peligrosas con suficiente antelación para aplicar un tratamiento. Para la medición de la presión sanguínea

existen varios métodos clasificados en dos grupos: invasivos y no-invasivos.

Métodos Invasivos.

Los métodos invasivos dan una fiel medición de la presión sanguínea pero son poco usados, ya que el paciente debe estar en reposo y anestesiado; el médico especializado introduce el catéter por la arteria, obteniéndose la presión a la salida del corazón; pero este procedimiento debe ser realizado en lugares esterilizados, por lo cual los costos son elevados y la seguridad del paciente se ve en riesgo. Así, los métodos invasivos se limitan a ser utilizados en casos extremos, por ejemplo en las intervenciones quirúrgicas.

Métodos No-Invasivos.

Los métodos no-invasivos son más utilizados debido a su facilidad, costo y seguridad del paciente; la técnica más utilizada es el *método auscultatorio* debido a su rapidez y fácil aplicación.

2.1.1.2 Método Auscultatorio.

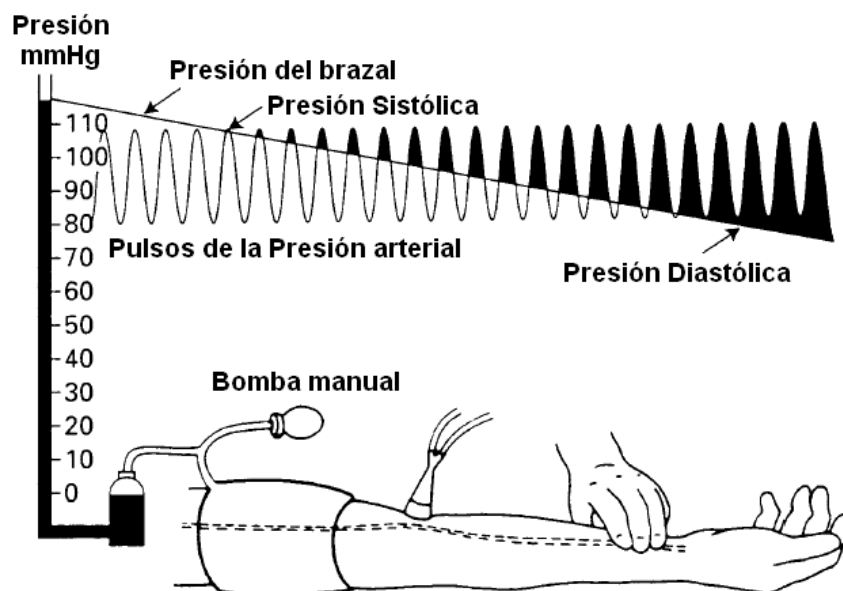


Figura 2.1 Método Auscultatorio.

(Tomado de <http://www.braun-medical.com>)

Este método consiste en colocar un brazal arriba del codo, a nivel del corazón y colocando el estetoscopio sobre la arteria braquial (véase Figura 2.1); luego se procede a inflar el brazal, hasta ocluir la circulación arterial, llegando a un valor cercano a 220 mmHg, para después desinflar el brazal a una velocidad de 2-3 mmHg/seg; se observa la presión en el manómetro y a medida que el flujo sanguíneo se reestablezca en la arteria, se perciben ruidos que son llamados “Ruidos de

Korotkoff” debido a que la sangre está circulando como flujo turbulento bajo estas condiciones; donde el ruido comience a aumentar su amplitud se lee el manómetro y en este punto se halla la presión sistólica; cuando se deja de escuchar ruidos, se lee nuevamente el manómetro y en este punto se halla la presión diastólica (véase Figura 2.1). De ésta forma, los médicos determinan las presiones sistólica y diastólica. La principal desventaja de este método es su sensibilidad al ruido del ambiente circundante, ya que mediante el estetoscopio se captan y amplifican todos los ruidos producidos.

2.1.1.3 Método Oscilométrico.

Este método es utilizado por la mayoría de equipos con medición no-invasiva, el cual consiste en colocar el brazal de compresión inflable alrededor de la extremidad, al mismo nivel que en el método auscultatorio; junto con el brazal se coloca el transductor de presión MPX5050, que pertenece a la familia Motorola, con el cual se registrarán los cambios en la amplitud de las oscilaciones en la presión (véase Figura 2.2).

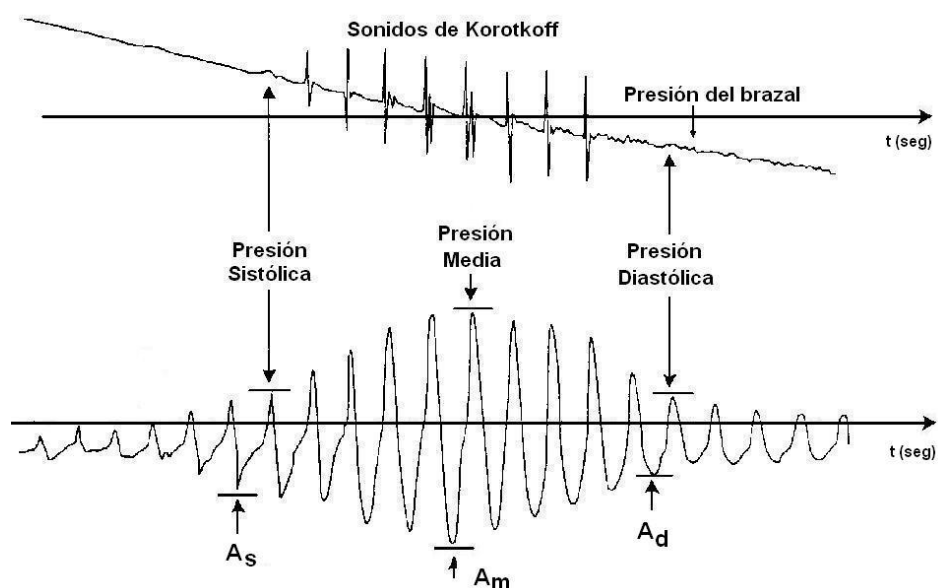


Figura 2.2 Método Oscilométrico.

(Tomado de <http://www.braun-medical.com>)

El brazal es inflado hasta una presión 30 mmHg superior a la presión sistólica, o en su defecto a 220 mmHg; a continuación es desinflado a una razón fija de 2-3 mmHg/seg. A medida que el flujo sanguíneo se reestablece, las paredes de las arterias comienzan a vibrar mientras la sangre fluye a través de la arteria parcialmente ocluida; estas oscilaciones en la curva de la presión aumentan su amplitud bruscamente hasta llegar a una oscilación con amplitud máxima y luego disminuyen su magnitud hasta que el brazal se desinfla

completamente y el flujo de sangre regresa a la normalidad. En el instante en que las oscilaciones aumentan su amplitud bruscamente, se registra la presión sistólica; en el instante en que disminuyen su amplitud de forma abrupta, se registra la presión diastólica, la presión media se encuentra en el punto donde se registra la oscilación de mayor amplitud.

El método oscilométrico solamente brinda con exactitud el valor de la presión media, los valores de la presión sistólica y diastólica se los estima empíricamente, ya que existe una relación entre las amplitudes de las oscilaciones, de la presión media (A_m) con la sistólica (A_s) y diastólica (A_d).

De ésta forma la relación entre las amplitudes

$$\frac{A_s}{A_m} = 0.55 \quad (1)$$

$$\frac{A_d}{A_m} = 0.85 \quad (2)$$

Existe una diversidad de valores para la relación entre las amplitudes de oscilación; hay varios autores que definen la relación de 40% para la sistólica y el 60% para

la diastólica con la finalidad de establecer una medición estándar, pero hay quienes difieren que esta relación depende de las características del brazal, ya que afecta directamente a las amplitudes de las oscilaciones. Otras relaciones utilizadas para el cálculo son 50/67, 54/59, 55/55 y 55/80, siendo (en porcentajes) el primer número para la relación A_s/A_m y el segundo para la relación A_d/A_m .

2.1.1.4 Características del transductor de presión MPX5050GP.

El transductor piezo-resistivo MPX5050GP es un dispositivo que sensa presión y es fabricado de silicio monolítico diseñado para una amplia gama de aplicaciones, pero particular y comúnmente en sistemas de microprocesadores y microcontroladores con entradas analógicas-digitales. Este dispositivo, el cual está patentado y pertenece a la familia Motorola, combina técnicas de miniaturización, diafragmas delgados y procesamiento bipolar que provee una señal exacta y de nivel análogo alto, la cual es proporcional a la presión aplicada (relación lineal).

Entre las características relevantes tenemos:

- Error máximo del 2,5% en un rango de temperatura de 0°C hasta 85°C.
- Diseñado para ser usado con sistema de microcontroladores y microprocesadores.
- Compensación sobre temperatura en el rango de -40°C hasta 125°C
- Contiene galgas extensiométricas de silicio y una cubierta de un elemento epóxico durable.
- Incluye circuitos de acondicionamiento de la señal.

Para revisar la hoja de especificaciones completa del transductor véase el Apéndice B.

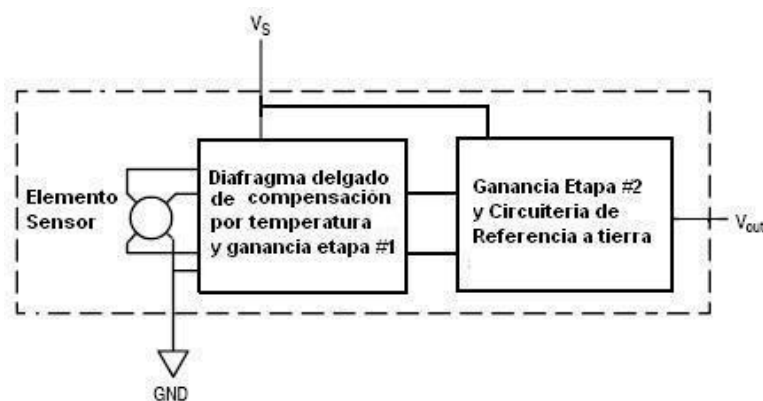


Figura 2.3 Diagrama interno del transductor de presión.
(Tomado de <http://www.freescale.com>)

Para realizar el montaje y conexión del transductor, se tendrá en cuenta que la funcionalidad del mismo permite conectar directamente el pin V_{OUT} al convertidor analógico digital del microprocesador y además esta misma señal será filtrada y procesada con el circuito acondicionador, explicado en detalle en la siguiente sección. De la curva de transferencia del transductor, el rango de medición va de 0 mmHg a 375 mmHg, con una señal de voltaje de 0.2 V_{DC} a 4.7 V_{DC} . La curva de transferencia será analizada en la sección 2.1.1.6 y la resolución de las mediciones en la sección 2.1.1.7.

2.1.1.5 Circuito de acondicionamiento del transductor de presión MPX5050GP.

La presión del brazal (PB) es registrada por el transductor MPX5050GP; la señal de salida de este transductor es usada con dos propósitos: para medir la presión del brazal (mmHg) y para que sea procesada por un circuito. El transductor MPX5050GP tiene, internamente, su propio circuito acondicionador de señal ya que consta de un amplificador operacional interno; la presión del brazal puede ser conectada y convertida a

señal digital directamente mediante un convertidor análogo-digital (A/D) del microcontrolador PIC. La otra parte, filtrará y amplificará las oscilaciones que se encuentran en la señal de presión del brazal, la cual es causada al reestablecerse el flujo sanguíneo normal.

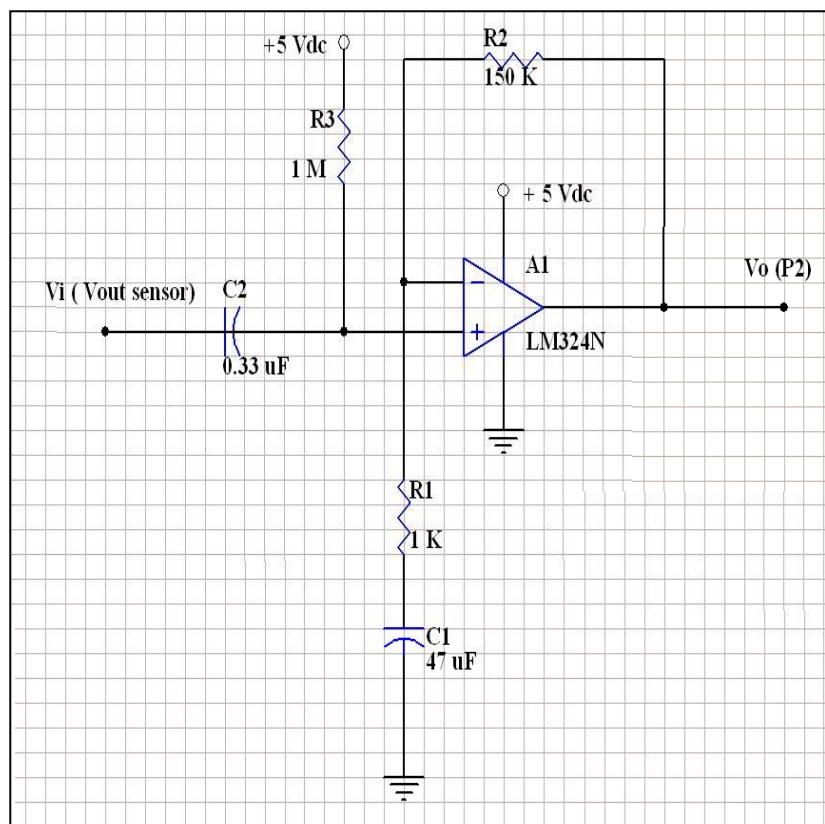


Figura 2.4 Circuito filtro amplificador de las oscilaciones del brazal.

La salida del transductor consta de dos señales: la señal de oscilación (aproximadamente 1 Hz), la cual está sobre la señal de presión del brazal PB (aproximadamente 0.04 Hz). Por lo cual, un filtro pasa alto de dos polos es diseñado para que la señal del brazal sea atenuada, para que posteriormente la señal de las oscilaciones sea amplificada. Si la señal del brazal no es atenuada de forma apropiada, el nivel base de voltaje de las oscilaciones no será constante y la amplitud de cada oscilación no tendrá la misma referencia para realizar la comparación (véase Figura 2.4).

El filtro pasa alto consiste en dos redes RC, las cuales determinan dos frecuencias de corte (véase Figura 2.5). Estos dos polos son cuidadosamente escogidos, evitando que la señal de oscilación se distorsione o sea recortada. Las dos frecuencias de corte pueden ser calculadas de forma aproximada por las siguientes ecuaciones:

$$f_1 = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (3)$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi R_3 C_2} \quad (4).$$

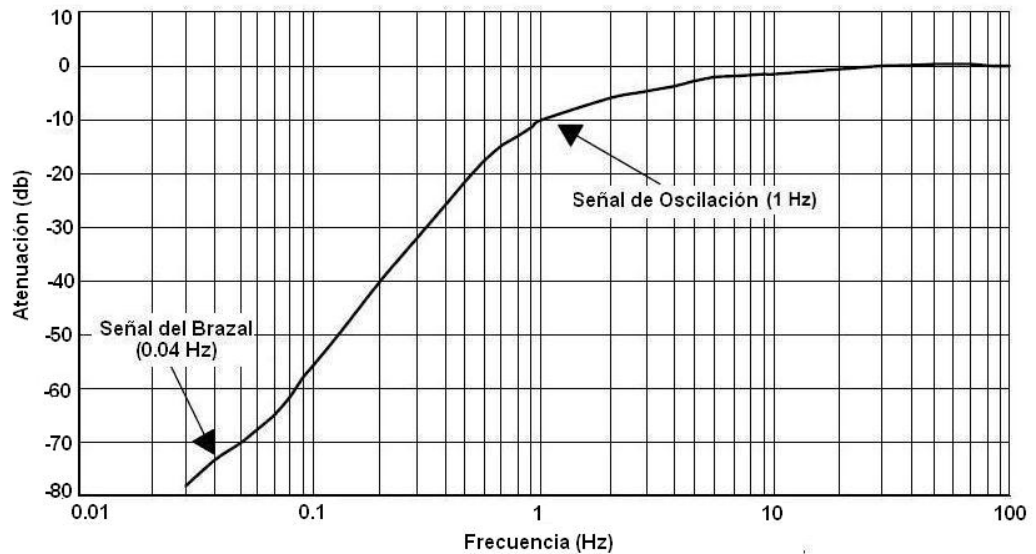


Figura 2.5 Respuesta de frecuencia del filtro amplificador.

La señal de oscilación varía de persona a persona, lo que significa una variación en el rango de 1 a 3 mmHg; estos valores en señal de voltaje, aplicando la función de transferencia, representan de 12 mV a 36 mV; debido a que el filtro tiene una atenuación de 10 db a una señal de 1 Hz, la señal de oscilación decae a 3.8 mV y 11.4 mV respectivamente.

El factor de amplificación es de 150, con el cual la señal de oscilación amplificada, se encuentra dentro de los límites de voltaje del amplificador (5 mV a 3.5 V).

En las figuras 2.6 y 2.7 se observa las señales, que son procesadas por el microcontrolador; en la figura 2.6 se

observa el nivel de voltaje a la salida del transductor, que en el proceso de inflado del brazal aumenta bruscamente, hasta llegar al límite apagándose el motor; luego la válvula deja escapar el aire a razón de 2-3 mmHg/seg, por lo cual se ve que disminuye con una pendiente más suave. En esta señal se encuentran sobrepuestas, la señal del brazal con la señal de las oscilaciones.

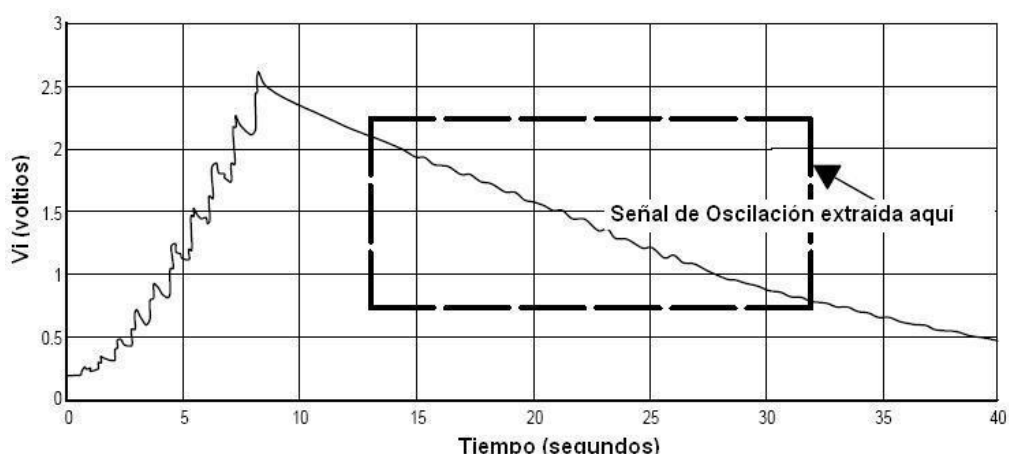


Figura 2.6 Señal del brazal a la salida del transductor de presión.

Para visualizar las oscilaciones a la señal de la figura 2.5, se aplica el filtro amplificador descrito en esta sección (Figura 2.4) y para realizar los cálculos de las presiones se utilizan las dos curvas; de esta forma los cambios que se presentan en las oscilaciones (Figura

2.7), se registran en los tiempos en que ocurrieron y se relacionan con la curva de la presión del brazal y se obtiene la lectura de la presión correspondiente.

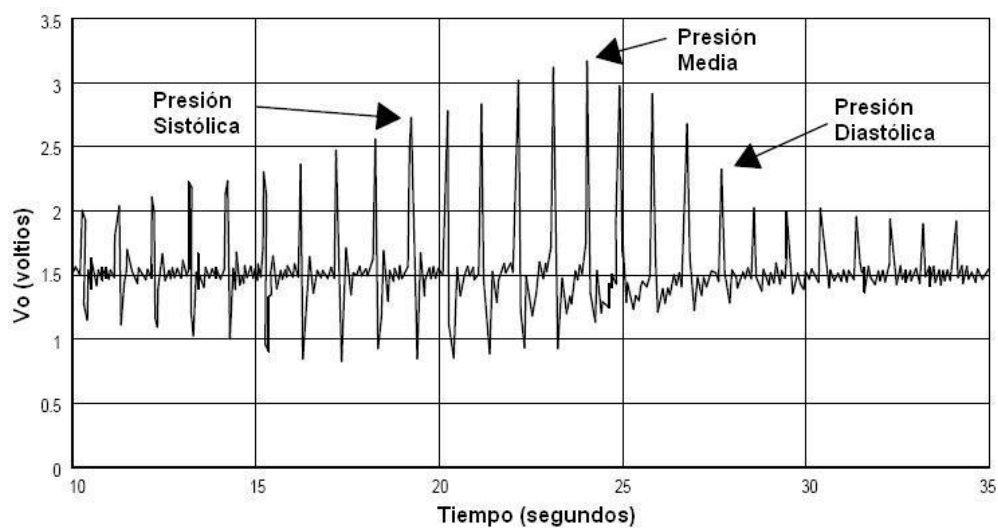


Figura 2.7 Oscilación extraída a la salida del filtro amplificador.

2.1.1.6 Función de transferencia del transductor de presión.

La figura 2.8 nos muestra la relación entre el voltaje de salida del transductor versus la presión diferencial aplicada sobre el mismo.

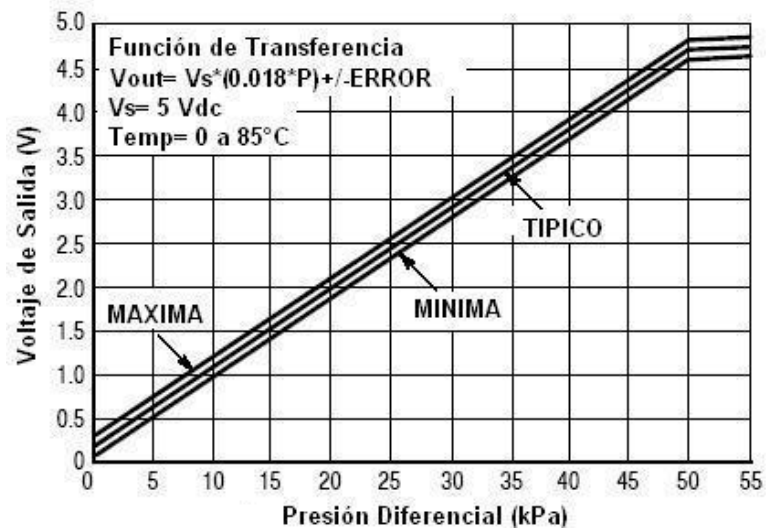


Figura 2.8 Voltaje de salida vs Presión diferencial.

(Tomado de <http://www.freescale.com>)

La ecuación que rige la curva de transferencia es la siguiente y está dada por el fabricante:

$$V_{out} = V_S * (0.018 * P + 0.04) \quad (5)$$

Donde: $V_S = 5 \text{ V}_{DC}$

P = valor de la presión en kPa.

La relación de unidades (kPa/mmHg) de presión, está dada por:

$$P_{kPa} = 0.1333 * P_{mmHg} \quad (6)$$

Para relacionar el valor de la presión en mmHg con el valor binario directo, estableceremos una ecuación que sólo dependa de éstas dos variables; por lo cual se evitará la conversión de valores de presión de kPa a mmHg y viceversa.

El valor binario correspondiente a voltaje de salida, se da por la siguiente ecuación:

$$V_{OUT} = \frac{5 * V_{BINARIO}}{255} \quad (7)$$

Igualando las ecuaciones (5) y (7);

$$\frac{5 * V_{BINARIO}}{255} = 5 * (0.018 * P + 0.04)$$

$$\frac{V_{BINARIO}}{51} = (0.09 * P + 0.2)$$

Reemplazando la ecuación 6 en el paso anterior:

$$\frac{V_{BINARIO}}{51} - 0.2 = 0.09 * (0.1333 * P_{mmHg})$$

Despejando P_{mmHg} de la ecuación anterior:

$$P_{mmHg} = \frac{1}{0.09 * 0.1333} * \left(\frac{V_{BINARIO}}{51} - 0.2 \right)$$

Realizando los cálculos, nos queda la siguiente ecuación:

$$P_{mmHg} = 1.633986 * V_{BINARIO} - 16.666 \quad (8)$$

O, su equivalente en fracción:

$$P_{mmHg} = \frac{50 * (5 * V_{BINARIO} - 51)}{153} \quad (9)$$

Despejando $V_{BINARIO}$ de la ecuación 9, tenemos:

$$V_{BINARIO} = \frac{153 * P_{mmHg} + 2550}{250} \quad (10)$$

2.1.1.7 Resolución de las mediciones de presión.

El transductor de presión provee una señal de entrada al microcontrolador, aproximadamente de 0.2 V_{DC} a una presión aplicada de 0 mmHg; y un voltaje de 4.7 V_{DC} a una presión aplicada de 375 mmHg (véase la curva de transferencia de la sección anterior – Figura 2.8),

El voltaje de referencia del convertidor analógico/digital es de 5 V_{DC}, y la resolución del mismo es de 8 bits, con lo cual se puede definir la resolución en función de la unidad de presión (mmHg); es decir, el equivalente de

cada bit binario en valores de mmHg. Así, la ecuación general del conteo se define de la siguiente forma:

$$Conteo = \frac{V_{Xdcr} - V_{RL}}{V_{RH} - V_{RL}} * (2^8 - 1) \quad (11)$$

siendo: V_{Xdcr} - voltaje del transductor.

V_{RL} y V_{RH} - voltajes de referencias.

Aplicando la ecuación (10) de la sección 2.1.6 tenemos que los valores binarios al rango de presión 0 mmHg – 300 mmHg, son:

$$V_{BINARIO1} = \frac{153 * (0) + 2550}{250} \approx 10$$

$$V_{BINARIO2} = \frac{153 * (300) + 2550}{250} \approx 194$$

Aplicando la ecuación (11), tenemos que los valores del conteo para el rango de presión mencionado son:

$$Conteo1 = \frac{0.2v - 0v}{5v - 0v} * (255) \approx 10$$

$$Conteo2 = \frac{3.8v - 0v}{5v - 0v} * (255) \approx 194$$

Los valores obtenidos son idénticos, al utilizar la ecuación (10), por lo tanto la resolución es $194 - 10 = 184$ conteos; traducidos en unidades de presión:

$$\text{resolución} = \frac{\text{presión1(máxima)} - \text{presión2(mínima)}}{\text{conteo}} \quad (12)$$

$$\text{resolución} = \frac{300\text{mmHg} - 0\text{mmHg}}{184} = 1.63\text{mmHg}$$

2.1.1.8 Cálculos de las presiones y cuadros comparativos con valores reales.

En las secciones anteriores, 2.1.1.6 y 2.1.1.7, se han establecido las fórmulas que rigen la función de transferencia y la resolución de las mediciones, respectivamente. En esta sección se comprobarán las lecturas y los valores obtenidos al aplicar las fórmulas mencionadas.

El procedimiento para comparar los valores de las presiones es el siguiente: se añadirá un manómetro al brazal para registrar la presión en el mismo; se inflará el brazal hasta una medida de 220 mmHg y a medida que la presión aumente en su valor, se toma la lectura del manómetro y el correspondiente valor de la presión

calculado por el microprocesador (véase Figura 2.9), de esta forma las dos mediciones o lecturas no tienen relación mediante ecuaciones. Se realizan mediciones simultáneas y variadas (no ordenadas en su escala).

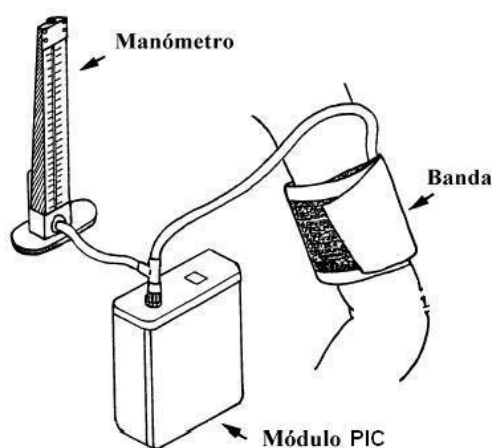


Figura 2.9 Medición práctica de la presión usando un manómetro.

(Tomado de <http://www.bloodpressure.com>)

En la Tabla 2.1, se muestran los valores de las mediciones; se observa que la máxima desviación de la presión calculada mediante ecuaciones, con respecto a la del manómetro, es de 4 mmHg (2,68%), lo cual indica que las mediciones se encuentran en el rango del error, ya que el transductor provee un error del 2.5% en las mediciones.

Tabla 2.1 Valores de presión medidos y calculados.

Manómetro	PIC		
Presión medida (mmHg)	Presión calculada (mmHg)	Diferencia (mmHg)	ERROR
62	61	1	1,61%
107	106	1	0,93%
167	166	1	0,60%
188	187	1	0,53%
195	194	1	0,51%
217	215	2	0,92%
218	217	1	0,46%
210	209	1	0,48%
200	199	1	0,50%
180	177	3	1,67%
192	189	3	1,56%
186	182	4	2,15%
182	179	3	1,65%
177	174	3	1,69%
171	168	3	1,75%
149	145	4	2,68%
120	119	1	0,83%
114	112	2	1,75%
136	133	3	2,21%
176	174	2	1,14%
115	114	1	0,87%
148	146	2	1,35%
170	168	2	1,18%
151	148	3	1,99%
145	142	3	2,07%
82	81	1	1,22%
162	161	1	0,62%

2.1.2 Módulo de acondicionamiento de la Estatura.

En esta sección se revisará el sensor infrarrojo de estatura IR SHARP GP2D02, sus principios de funcionamiento, sus especificaciones (configuración de pines, curva de transferencia, linealización, montaje del sensor, etc.) y los circuitos acondicionadores de la señal hacia el microcontrolador PIC16F877A.

2.1.2.1 Sensores Infrarrojos.

El sensor infrarrojo utilizado en el proyecto para realizar la detección y medición de la distancia de las personas pertenece a la familia IR SHARP; a continuación se describirá el funcionamiento del sensor y algunas de las especificaciones (para revisar la hoja de especificaciones completa del sensor veáse el Apéndice C).

Modo de funcionamiento.

Estos dispositivos emplean el método de triangulación, utilizando un pequeño Sensor Detector de Posición (PSD) lineal para determinar la distancia o la presencia de los objetos dentro de su campo de visión. Básicamente su modo de funcionamiento consiste en la

emisión de un pulso de luz infrarroja, que se transmite a través de su campo de visión que se refleja contra un objeto o que por el contrario no lo hace. Si no encuentra ningún obstáculo, el haz de luz no refleja y en la lectura que se hace indica que no hay ningún obstáculo. En el caso de encontrar un obstáculo el haz de luz infrarroja se refleja y crea un triángulo formado por el emisor, el punto de reflexión (obstáculo) y el detector. La información de la distancia se extrae midiendo el ángulo recibido. Si el ángulo es grande, entonces el objeto está cerca, por que el triángulo es ancho. Si el ángulo es pequeño, entonces el objeto está lejos, por que el triángulo formado es estrecho. Por lo tanto, si el ángulo es pequeño, quiere decir que el objeto está lejos, porque el triángulo es largo y delgado. En la Figura 2.10 podemos ver lo expuesto.

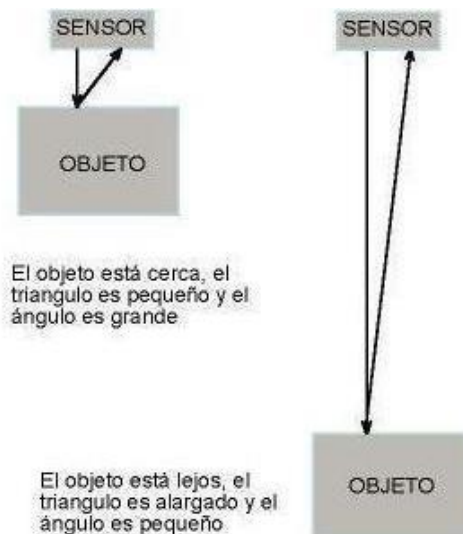


Figura 2.10 Medición por triangulación.

El LED infrarrojo emite el haz de luz a través de una pequeña lente convergente que hace que el haz emisor llegue de forma paralela al objeto (véase Figura 2.11).

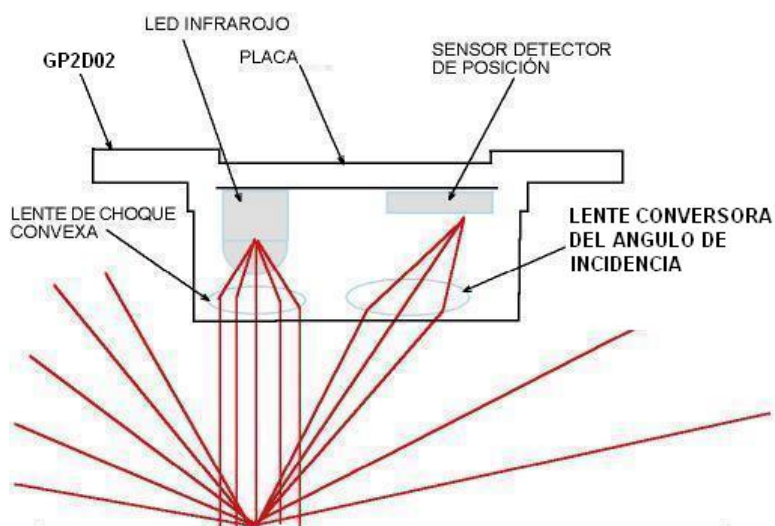


Figura 2.11 Triangulación del sensor GP2D02.

(Tomado de <http://www.terra.es>)

Cuando la luz choca con un obstáculo, cierta cantidad de luz se refleja, casi todas las sustancias tienen un grado bastante grande de rugosidad de la superficie que produce una dispersión hemisférica de la luz. Alguno de los haces de esta luz rebota hacia el sensor que es recibido por la lente. La lente receptora es convexa, pero ahora sirve para un propósito diferente, actúa para convertir el ángulo de posición (véase Figura 2.11). Si un objeto se pone en el plano focal de una lente convexa y los otros rayos de luz paralelos en otro lado, el rayo que pasa por el centro de la lente atraviesa inalterado o marca el lugar focal. Los rayos restantes también enfocan a este punto.

En el plano focal hay un Sensor Detector de Posición (PSD). Este dispositivo semiconductor entrega un voltaje de salida cuya intensidad es proporcional a la posición respecto al centro (centro eficaz) de la luz que incide en él. En el caso del sensor IR SHARP GP2D02, la salida del PSD es proporcional a la posición del punto focal. Esta señal analógica tratada es la que se obtiene a la salida del sensor.

2.1.2.2 Características del sensor IR SHARP GP2D02.

El dispositivo IR SHARP GP2D02 (véase Figura 2.12) es un sensor medidor de proximidad por sistema infrarrojos con un rango de trabajo de 10 a 80 cm, con un consumo mínimo cuando esta en estado inactivo o “en reposo”.



Figura 2.12 Sensor IR SHARP GP2D02.

(Tomado de <http://www.superrobotica.com>)

El sensor utiliza solo una línea de entrada (V_{IN}) y otra de salida (V_{OUT}) para comunicarse con el procesador principal. El dispositivo es funcional; al enviar un pulso bajo en la entrada de control del sensor espera 70 ms, durante este tiempo realiza la medición y envía 8 pulsos de reloj en forma serial; este dato de 8 bits corresponde al valor binario de la distancia medida.

El sensor consta de un conector de 4 pines (véase Figura 2.13) para poder conectarlo a cualquier circuito CMOS/TTL. Entre las características eléctricas generales tenemos: La tensión de funcionamiento es de 5V, la temperatura de funcionamiento está en el rango de -10 a 60°C, el consumo máximo de corriente es de 35 mA, y cuando está en estado pasivo el consumo es de 3 uA.

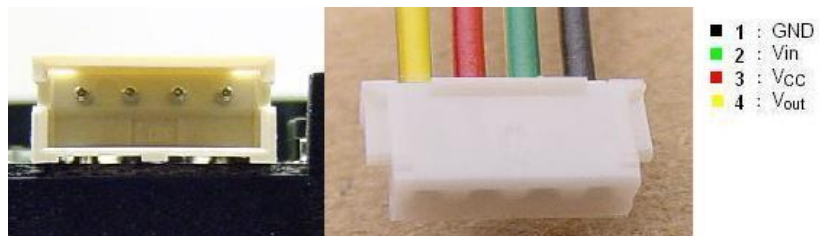


Figura 2.13 Pines del sensor GP2D02.

(Tomado de <http://www.superrobotica.com>)

2.1.2.3 Tiempos de lectura y manejo del sensor IR SHARP GP2D02.

A continuación se muestra la señal que es necesario introducir por la entrada V_{IN} para activar al sensor y que realice la medición.

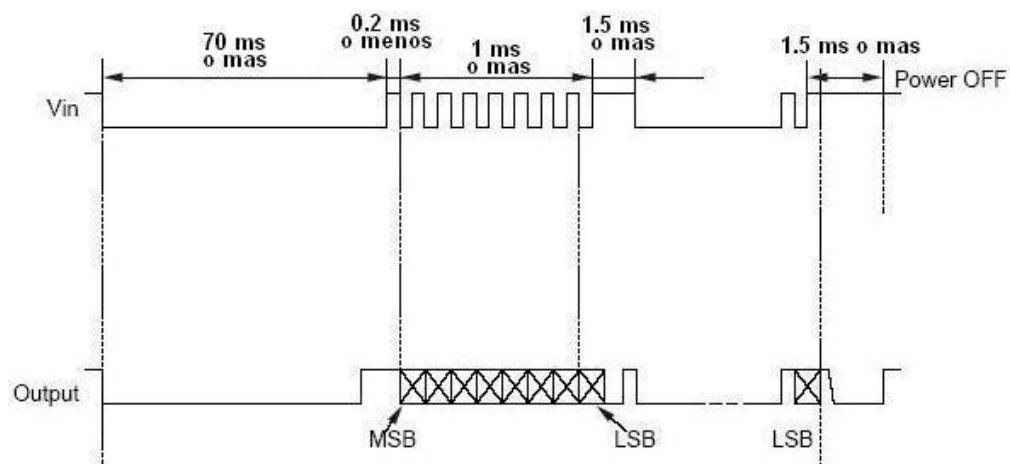


Figura 2.14 Tiempos de lectura del sensor IR SHARP GP2D02.
(Tomado de <http://www.acroname.com>)

La entrada V_{IN} debe estar inicialmente en estado lógico alto '1', con lo cual el sensor se mantiene en estado inactivo. En cuanto la señal cambia de estado a '0', el sensor comienza la operación de medición. El tiempo de operación de una medida es de 70ms, por lo que es necesario mantener en estado lógico '0' la señal al menos durante este lapso de tiempo. Posteriormente, la señal pasa a estado alto '1' durante un tiempo menor de 0.2 ms (recomendado 0.1 ms) e inmediatamente hay que volver a cambiar de estado a '0'. En este flanco de bajada, el sensor coloca en la salida V_{OUT} el bit más significativo (MSB) del byte correspondiente a la

distancia. Al repetir esta señal cuadrada 7 veces más, se obtiene el byte con la distancia. El último bit enviado por el sensor es el menos significativo (LSB). Una vez recibido el último bit (octavo flanco de bajada), hay que volver a colocar la entrada V_{IN} en '1', manteniéndola de esta forma hasta realizar otra nueva medida. Si se quiere realizar medidas consecutivas, es necesario esperar con la entrada V_{IN} al estado alto '1' al menos 1,5 ms antes de la siguiente medida.

El byte con la distancia medida no corresponde con la distancia real, sino con el valor de la distancia a la salida del sensor en binario (DEC), que es el eje Y de la figura 2.15. Si se obtiene el valor del eje X de la gráfica correspondiente al valor del DEC medido y se obtiene la distancia real, L. Se trata de implementar la fórmula que relaciona el DEC con L, o en nuestro caso, realizar dicha operación mediante la programación del microcontrolador PIC.

2.1.2.4 Linealización de la curva de transferencia del sensor IR SHARP GP2D02.

De la curva de transferencia (véase Figura 2.15), se observa que la distancia medida por el sensor y la distancia del objeto no obedece una relación lineal entre las dos variables, por lo cual fue necesario implementar un sistema de linealización.

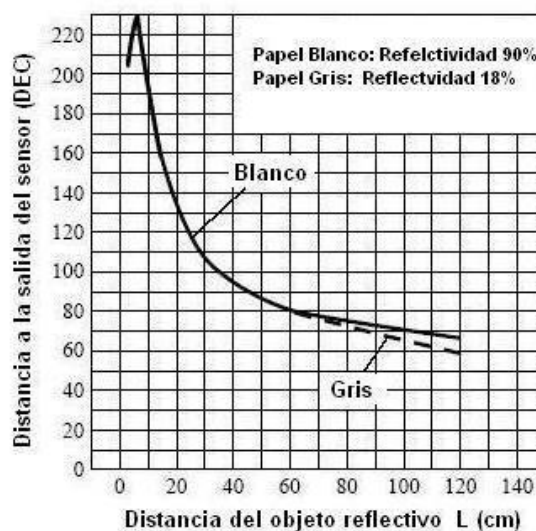


Figura 2.15 Curva del sensor IR SHARP GP2D02.

(Tomado de <http://www.acroname.com>)

Para la linealización, se utiliza el siguiente algoritmo, donde la ecuación inicial, es la ecuación que rige a la curva de transferencia, por lo cual hay que encontrar los

valores de las constantes de dicha ecuación; antes de realizar los cálculos se tienen los siguientes parámetros:

D = Distancia en la unidad deseada. .

K_G = Ganancia Constante, determinada por la forma de la curva inversa.

K_0 = Desplazamiento constante.

X = Salida del sensor en decimal.

D' & X' son el segundo juego de medidas.

$$D = \frac{K_G}{X - K_0} \quad (13)$$

Se despeja de la ecuación K_G :

$$D * (X - K_0) = K_G$$

Como tenemos dos parejas de mediciones, las que se llamarán, D y D' y los resultados X y X' . De la ecuación anterior igualamos K_G , para las dos parejas de mediciones:

$$D * (X - K_0) = K_G = D' * (X' - K_0)$$

Despejamos K_0 de la ecuación anterior:

$$D * X - D * K_0 = D' * X' - D' * K_0$$

$$K_0 * (D' - D) = D' * X' - D * X$$

$$K_o = \frac{(D'X' - DX)}{(D' - D)} \quad (14)$$

De esta forma obtenemos el valor de K_o en función de los valores de mediciones. Para calcular el valor de K_G , se repite los pasos anteriores, despejando el valor de K_o :

$$X - K_o = \frac{K_G}{D}$$

$$X - \frac{K_G}{D} = K_o$$

Se iguala el valor de K_o , para las dos ecuaciones:

$$X - \frac{K_G}{D} = K_o = X' - \frac{K_G}{D'}$$

Se despeja el valor K_G de la fórmula:

$$\frac{K_G}{D'} - \frac{K_G}{D} = X' - X$$

$$K_G * \frac{(D - D')}{D * D'} = X' - X$$

$$K_G = \frac{(X' - X)(D' D)}{(D - D')} \quad (15)$$

2.1.2.5 Montaje del sensor IR SHARP GP2D02.

Para la conexión del sensor GP2D02, habrá que conectar 4 cables: GND, V_{IN} (entrada de reloj), V_{CC} y V_{OUT} (pin de salida), que se identifican de izquierda a derecha, al colocar el sensor en horizontal con la cara donde está escrito el modelo para que se lea directamente.

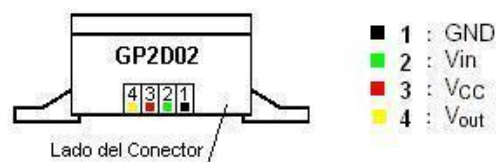


Figura 2.16 Pines del sensor IR SHARP GP2D02.

Una vez identificadas las conexiones, la parte más compleja del montaje corresponde con la entrada V_{IN} , que debe tratarse como una entrada en colector abierto. Si el microcontrolador dispone de salidas en colector abierto no existen inconvenientes, se puede conectar directamente a la entrada V_{IN} . En caso contrario, es necesario implementar este sistema, para lo cual existen dos posibles soluciones:

Emplear un transistor:

El montaje para este sistema requiere de un transistor, donde se debe conectar una resistencia de $10\text{K}\Omega$ en la base, que es la que se conecta al microprocesador, el colector a la entrada V_{IN} y el emisor a tierra (esquema de colector abierto). Cabe recalcar, que éste sistema invierte los valores a manejar, es decir, cuando se quiera colocar en estado lógico 1 al sensor Sharp por la entrada V_{IN} se debe colocar en estado lógico 0 en el pin del microcontrolador y viceversa (véase Figura 2.17).

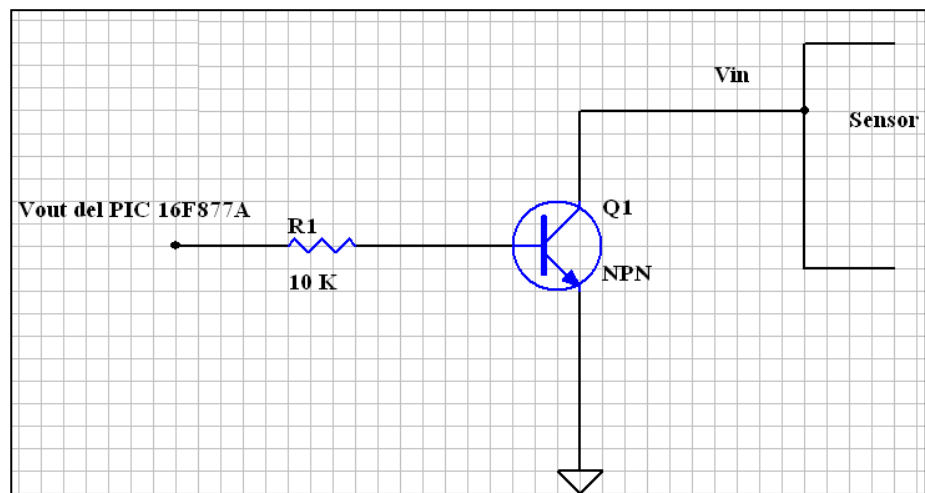


Figura 2.17 Configuración colector abierto.

Emplear un diodo:

Es quizás el montaje más sencillo, simplemente se conecta un diodo entre la salida del micro y la entrada V_{IN} , de modo que el ánodo del diodo apunte hacia la entrada V_{IN} , con lo cual los valores no se invierten (véase Figura 2.18).

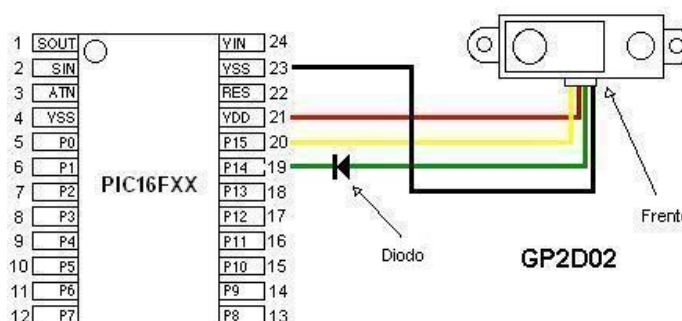


Figura 2.18 Configuración diodo.

2.1.2.6 Lecturas de distancias y cálculos de las constantes.

En esta sección se realizarán los cálculos de las constantes para la ecuación (13) (sección 2.1.2.4); anteriormente fue mencionado en la sección 2.1.2.3 que el sensor SHARP GP2D02, envía la información de la distancia medida en forma serial y binaria, por lo cual a continuación se muestra la Tabla 2.2 que contiene las distancias con sus respectivos valores binarios; la elaboración de dicha tabla se realizó con medidas

preestablecidas (10 cm, 20 cm, 30 cm, ... , 80 cm); a continuación se realizó la lectura mediante la entrada serial del PIC, del valor binario enviado por el sensor.

Tabla 2.2 Valores binarios enviados por el sensor.

Valor binario	Distancia (cm)
178	10
114	20
92	30
81	40
75	50
71	60

A continuación, se realizan los cálculos de las constantes K_o y K_G , mediante las ecuaciones (14) y (15) (sección 2.1.2.4); las parejas de medidas utilizadas como referencia en el cálculo son:

$$D = 0.2 \text{ m} \quad X = 114$$

$$D' = 0.5 \text{ m} \quad X = 75$$

De la ecuación (14);

$$K_o = \frac{(0.5 * 75) - (0.2 * 114)}{(0.5 - 0.2)}$$

$$K_o = 49$$

De la ecuación (15);

$$K_G = \frac{(75 - 114)(0.5)(0.2)}{(0.2 - 0.5)}$$

$$K_G = 13$$

con lo cual la ecuación (13); queda de la siguiente forma:

$$D = \frac{13}{X - 49} \quad (16)$$

donde;

X : es el valor en binario de la distancia medida, enviado por el sensor

D : es el valor de la distancia en metros.

Para la verificación del cálculo de las constantes y para comprobar que el valor de la distancia obtenida mediante la ecuación (16), se reemplazó el valor binario de cada una de las distancias y se comparó con el valor real, lo cual se puede observar en la Tabla 2.3. Cabe recalcar que el valor binario no depende de la ecuación (16), sino que proviene del sensor, por lo cual este valor no varía.

Tabla 2.3 Valores de distancias reales y calculadas por el sensor.

Valor binario	Distancia real (cm)	Distancia mediante ecuación (16) (cm)	ERROR (%)
178	10	10,07	0,70
114	20	20	0,00
92	30	30,23	0,76
81	40	40,62	1,55
75	50	50	0,00
71	60	59,09	1,55

En la Tabla 2.3, se puede observar que el máximo error es de 1,55% respecto a la medición real y la equivalencia del error corresponde a menos de 1 cm; con lo cual la medición y la fórmula utilizada son válidas para realizar las mediciones.

2.1.3 Módulo de acondicionamiento del Peso.

En esta sección se estudia la teoría de las galgas extensiométricas, sus principios de funcionamiento, configuración para su estabilidad (Puente de Wheatstone) y el circuito de acondicionamiento en las mediciones. Además se revisará el circuito integrado AD620BN, sus características generales y configuración de pines; se conocerá sobre la manipulación y montaje de las galgas, así como las hojas de especificaciones del circuito integrado AD620BN, consulte el Apéndice D.

2.1.3.1 Galgas extensiométricas.

La galga extensiométrica es un dispositivo comúnmente usado en pruebas y mediciones mecánicas su nombre se deriva del inglés Strain Gage. La más usada es la galga extensiométrica de resistencia, que consiste de una matriz de bobinas o cable muy fino (véase Figura 2.19), el cual varía su resistencia linealmente dependiendo de la carga aplicada al dispositivo. Cuando se usa una galga extensiométrica, se pega la galga directamente al dispositivo bajo prueba y al aplicar una fuerza, mide la carga detectando los cambios en resistencia. Las galgas extensiométricas también son

utilizadas en sensores que detectan fuerza, aceleración, presión y vibración.

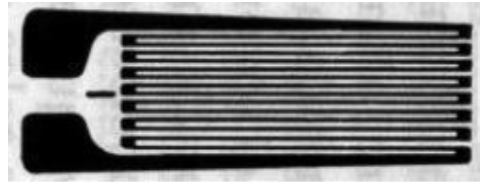


Figura 2.19 Galga extensiométrica metálica.
(Tomado de <http://digital.ni.com>)

Modo de funcionamiento.

Si un hilo conductor es sometido a un esfuerzo de tracción, éste se alarga, aumentando su longitud en ΔL (véase Figura 2.20) y si no se rebasa el límite elástico del material, el cambio de longitud es proporcional a la carga y el hilo recupera su longitud original cuando se le retira la carga aplicada.

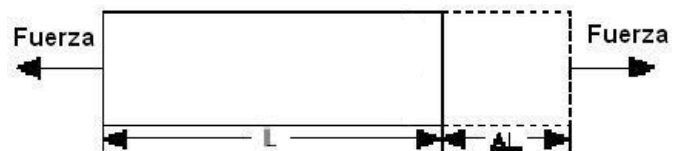


Figura 2.20 Deformación del conductor.

Simultáneamente, con este aumento de longitud hay una ligera reducción de la sección transversal del hilo (la longitud ganada se transmite al hilo) y dado que la resistencia de un conductor es:

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (17)$$

donde: ρ = resistividad del material.

L = longitud.

A = área de la sección transversal.

Al producirse la deformación antes mencionada, la galga se deforma tanto en su longitud como en su área transversal, por lo cual tenemos la siguiente ecuación:

$$R = \rho \frac{L + \Delta L}{A - \Delta A} \quad (18)$$

Tanto el material de longitud como la reducción del área contribuyen a un aumento de la resistencia del hilo tensado. Además de cambiar las dimensiones, también cambia la resistividad del material, siendo este efecto (denominado piezorresistividad) pequeño para los

metales, pero también contribuye al cambio de resistencia.

Tabla 2.4 Resistividad de algunos materiales a 20°C.

(Tomado de <http://personales.upv.es>)

	Material	ρ ($\Omega\cdot\text{m}$)	Coefficiente de temperatura (K^{-1})
Conductores	Plata	$1.59\cdot 10^{-8}$	$3.8\cdot 10^{-3}$
	Cobre	$1.67\cdot 10^{-8}$	$3.9\cdot 10^{-3}$
	Oro	$2.35\cdot 10^{-8}$	$3.4\cdot 10^{-3}$
	Aluminio	$2.65\cdot 10^{-8}$	$3.9\cdot 10^{-3}$
	Wolframio	$5.65\cdot 10^{-8}$	$4.5\cdot 10^{-3}$
	Níquel	$6.84\cdot 10^{-8}$	$6.0\cdot 10^{-3}$
	Hierro	$9.71\cdot 10^{-8}$	$5\cdot 10^{-3}$
	Platino	$10.6\cdot 10^{-8}$	$3.93\cdot 10^{-3}$
	Plomo	$20.65\cdot 10^{-8}$	$4.3\cdot 10^{-3}$
Semiconductores	Silicio	4300	$-7.5\cdot 10^{-2}$
	Germanio	0.46	$-4.8\cdot 10^{-2}$
Aislantes	Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$	-----
	Cuarzo	$7.5\cdot 10^{17}$	-----
	Azufre	$10^{10} - 10^{14}$	-----
	Teflón	$10^{10} - 10^{14}$	-----
	Caucho	$10^{13} - 10^{16}$	-----
	Madera	$10^8 - 10^{11}$	-----
	Diamante	10^{11}	-----

Obviamente es incómodo tener grandes longitudes de hilo resistivo pegadas al objeto de estudio, y por eso la disposición general de una galga extensiométrica consiste en un hilo resistivo (normalmente con un diámetro de 0,025 mm) doblado en forma de rejilla

(véase Figura 2.21) y montado sobre un soporte de papel o de baquelita.

Las galgas impresas son una evolución de las galgas del tipo anterior y se fabrican mediante técnicas similares empleadas para la producción de circuitos impresos. Este proceso es de mucha aplicación en la producción de galgas para aplicaciones especiales. El tamaño de una galga extensiométrica depende de la aplicación pretendida, pero hay galgas resistivas de varias longitudes, desde unos 3 mm hasta 150 mm y existe toda una gama de valores nominales de la resistencia siendo los tipos preferidos los de 120 Ω y 600 Ω .

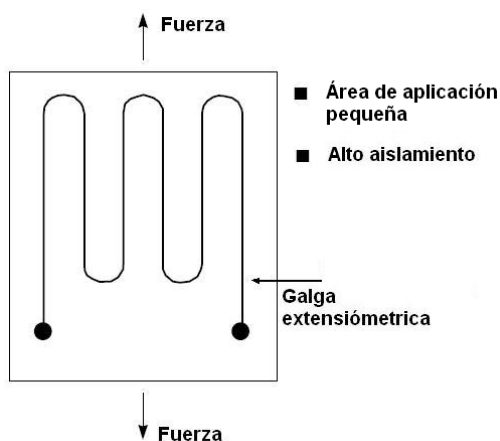


Figura 2.21 Galga en forma de rejilla.

2.1.3.2 Clasificación de las galgas extensiométricas

La clasificación entre los tipos más utilizados de galgas aplicadas, se tiene:

1.- Por su colocación:

Flotantes: Conocidas también como “unbonded”, donde el elemento resistivo es un alambre fino de una aleación especial que es tirado entre dos soportes flexibles, los cuales están acoplados alrededor de un diafragma metálico; cuando una fuerza F es aplicada, el diafragma será flexionado de tal manera que apartará los soportes, causando una tensión incrementada en el Strain Gage.

Adhesivas: Un strain gage que se adhiere a la superficie está dispuesto en forma de acordeón pegado a un diafragma. Un flexionamiento del diafragma deformará el elemento causando un cambio en la resistencia eléctrica.

2.- Por el material de que están hechas:

Galgas Metálicas.

Básicamente están formadas por un conductor metálico de sección circular (actualmente en desuso), soportado

por una fina lámina de material aislante. Por lo que se refiere al conductor los materiales más empleados son el constantán que es una aleación de Cu (55%) y Ni (45%); y el nicrom, aleación de Ni (80%) y Cr (20%), que ofrece un mayor margen de compensación de temperatura. Por lo que respecta al material aislante de soporte, se realiza con materiales tipo nylon, vinilo, polietileno o teflón, la elección del más adecuado, será función del margen de temperatura de trabajo.

Existe una segunda tipología (muy utilizada en la actualidad) de bandas extensiométricas metálicas basada en la tecnología de trama peculiar. Ésta consiste en una película de metal de 20-30 micras de grosor, realizada con los mismos procesos de fabricación de los circuitos impresos. Sus ventajas respecto a las galgas de rejilla son las siguientes:

- Optimización del diseño de la galga y reducción dimensional.
- Mayor superficie de evacuación térmica.
- Reducción del error debido a la distancia elemento sensor-galga.

En general, las galgas metálicas ofrecen una resistencia eléctrica de entre 100-500 Ω y un factor de galga que varía entre 2 para las aleaciones descritas y 4 para la aleación de platino y tungsteno.

Galgas Semiconductoras.

Están constituidas por una lámina de material aislante que soporta al elemento activo, que en este caso se trata de un cristal dopado de silicio, su funcionamiento se basa en el defecto piezorresistivo de los semiconductores, que genera una variación de la conductividad del material en función de las deformaciones resultantes a la aplicación de una fuerza. Básicamente, sus características son función del nivel de dopado de forma que, a mayores niveles de éste, se reduce el factor de galgas y la sensibilidad térmica, al tiempo que la respuesta ofrecida es mucho más lineal.

Sus ventajas principales consisten en la facilidad de instalación, alta sensibilidad (50 a 60 veces mayor que las metálicas), tamaño reducido y alta resistencia a la fatiga. Su principal inconveniente radica en su respuesta

no lineal y la alta dependencia del factor de galga con la temperatura en relación inversamente proporcional.

Galgas Biaxiales.

Son básicamente asociaciones de dos o más bandas extensiométricas fijadas sobre un mismo elemento de soporte y formando entre sí ángulos de 45, 60, 90 o 120 grados. Su campo de aplicación se centra en los procesos de medida que interesa conocer los esfuerzos ejercidos en distintas direcciones o bien cuando no se conoce la dirección principal del esfuerzo, aplicación en la que se precisa realizar una medición sobre tres ejes.

2.1.3.3 Características generales de las galgas.

Entre las características que resaltan entre las galgas semiconductoras y las metálicas tenemos:

Tabla 2.5 Cuadro comparativo de los tipos de galgas.

(Tomado de Folleto de Tópico, Ing Yapur)

Galgas metálicas	
Factor de Galga	Valores próximos a 2
Linealidad	Precisión del 0.1% por encima de 4000 me y del 1% a partir de 10000 me
Esfuerzo de rotura	Entre 20000 me y 25000 me
Resistencia nominal	Valores estándar de 120 Ω , 350 Ω , 600 Ω y 1000 Ω , con tolerancias desde 0.15%
Galgas Semiconductoras	
Factor de Galga	Entre 50 y 200
Linealidad	Precisión del 1% por encima del 1000 me
Esfuerzo de rotura	Sobre 5000 me
Resistencia nominal	120 Ω

2.1.3.4 Puente de Wheatstone

Las galgas extensiométricas varían su resistencia cuando sufren deformación. Para medir esa variación de resistencia se utiliza la configuración de Puente de Wheatstone con preferencia a cualquier otro circuito. El puente de Wheatstone es un sistema pasivo formado por

cuatro impedancias montadas dos a dos en serie, tal como se indica en la figura 2.22; la tensión de alimentación está aplicada a dos vértices opuestos y en los dos restantes se recoge la tensión V_o .

Análisis del arreglo Puente de Wheatstone

El análisis está basado en el arreglo mostrado en la figura 2.22, donde $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 = R$. El análisis puede ser en corriente continua o alterna. En este caso particular, consideramos que $V_{IN} = V_{CC}$.

Tenemos que el voltaje diferencial V_o :

$$V_o = V_A - V_B \quad (18)$$

$$V_A = V_{CC} * \frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} \quad (19)$$

$$V_B = V_{CC} * \frac{Z_4}{Z_2 + Z_4} \quad (20)$$

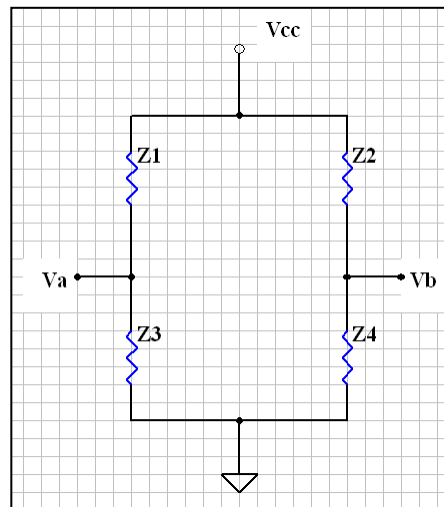


Figura 2.22 Configuración Puente de Wheatstone.

(Tomado de <http://digital.ni.com>)

Reemplazando las ecuaciones (19) y (20) en (18):

$$V_o = V_{CC} * \left(\frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} - \frac{Z_4}{Z_2 + Z_4} \right)$$

Por lo que la ganancia del sistema, viene dada por:

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \left(\frac{Z_3}{Z_1 + Z_3} - \frac{Z_4}{Z_2 + Z_4} \right) \quad (21)$$

Un brazo activo: Al considerar que Z_{3T} está deformado

(activo): $Z_{3T} = R + \Delta R$

Al reemplazar en la ecuación (21), tenemos:

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \left(\frac{R + \Delta R}{R + R + \Delta R} - \frac{R}{R + R} \right) = \left(\frac{R + \Delta R}{2R + \Delta R} - \frac{1}{2} \right) = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R}$$

Considerando que la variación de la resistencia es pequeña comparada con su valor original, entonces:

$$4R \gg 2\Delta R$$

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \frac{\Delta R}{4R} \quad (22)$$

Dos brazos activos:

$$Z_{3T} = R + \Delta R$$

$$Z_{4C} = R - \Delta R$$

Al reemplazar en la ecuación (21), tenemos:

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \left(\frac{R + \Delta R}{R + R + \Delta R} - \frac{R - \Delta R}{R + R - \Delta R} \right) = \left(\frac{R + \Delta R}{2R + \Delta R} - \frac{R - \Delta R}{2R - \Delta R} \right) = \frac{2R * \Delta R}{4R^2 + \Delta R^2}$$

Al igual que en el caso anterior:

$$4R^2 \gg \Delta R^2$$

Con lo cual la ecuación queda:

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \frac{\Delta R}{2R} \quad (23)$$

Cuatro brazos activos:

$$Z_{2T} = Z_{3T} = R + \Delta R$$

$$Z_{1C} = Z_{4C} = R - \Delta R$$

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \left(\frac{R + \Delta R}{R - \Delta R + R + \Delta R} - \frac{R - \Delta R}{R + \Delta R + R - \Delta R} \right) = \left(\frac{R + \Delta R}{2R} - \frac{R - \Delta R}{2R} \right) = \frac{\Delta R}{R}$$

Con lo cual, la ecuación queda:

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \frac{\Delta R}{R} \quad (24)$$

De las ecuaciones (22), (23) y (24) se puede deducir la ecuación general de la ganancia, cada vez que se aumentan los brazos activos, se produce un aumento en la ganancia.

$$\frac{V_o}{V_{CC}} = \frac{N \Delta R}{4 R} \quad (25)$$

La deducción de las ecuaciones para tres brazos activos presenta un problema de simetría y por ello no es recomendable su uso. Normalmente se utiliza una galga, pero si existen problemas térmicos, se coloca otra galga

que compensa la deformación y el efecto térmico; esto es que, si una galga se dilata, la otra también lo hace. Cuando se requiere mayor sensibilidad se utilizan cuatro brazos activos.

2.1.3.5 Circuito de acondicionamiento para la señal de la galga extensiométrica.

La galga extensiométrica se encuentra dispuesta en la configuración Puente de Wheatstone; la fuente de alimentación es de +5 V_{DC}. En la sección anterior se analizaron las ecuaciones que rigen la ganancia del sistema; como se puede apreciar la señal a amplificar es un voltaje diferencial, por lo que para lograr acondicionar la señal, es necesario utilizar un amplificador de instrumentación (véase Figura 2.23).

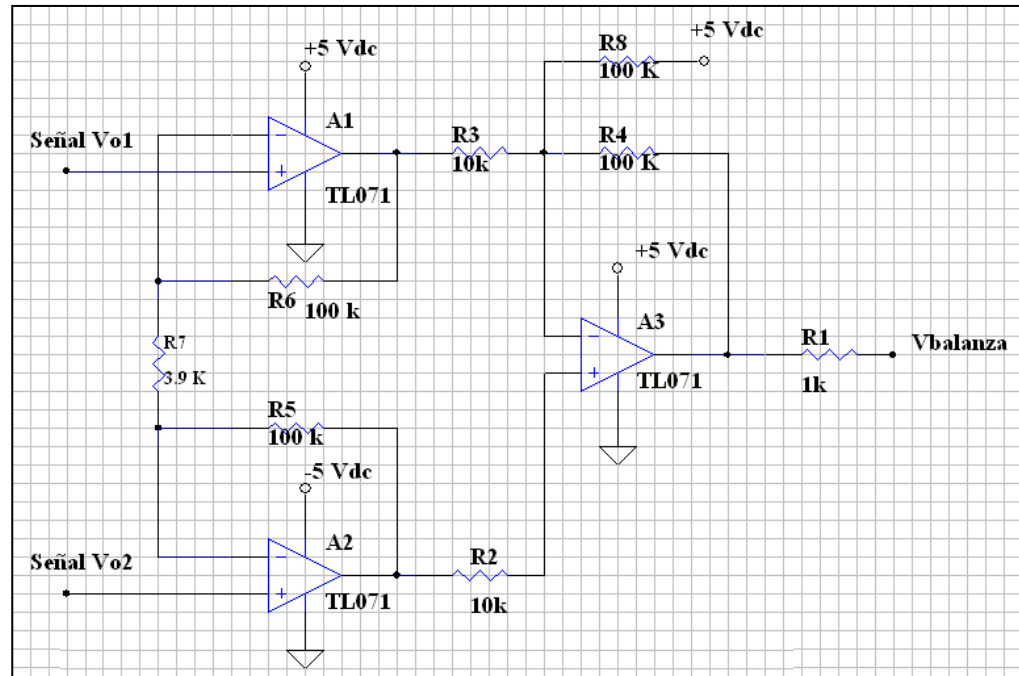


Figura 2.23 Amplificador de instrumentación.

La configuración arriba mencionada, consta de tres amplificadores operacionales y un juego de resistencias de similar valor; cabe recalcar que las resistencias no siempre tienen el mismo valor, por la tolerancia o margen de error; el valor exacto de las resistencias o valores similares tienen influencia en la estabilidad de la configuración mostrada.

Los amplificadores operacionales, tienen como característica un voltaje de desvío (V_{OFFSET}); este valor

se encuentra en el rango de los milivoltios. Existen técnicas para la eliminación del V_{OFFSET} , pero la principal característica que se requiere es que este valor de voltaje sea estable y de menor valor posible, es decir, que no cambie abruptamente entre mediciones y apagado/encendido del sistema y su magnitud sea lo mas pequeña posible, por ello al amplificar la señal tendrá un nivel de voltaje debido a este desvío. En la configuración de la figura 2.23, los tres amplificadores son circuitos integrados independientes con su respectivo control o eliminación de V_{OFFSET} , pero aún así la estabilidad no fue absoluta.

En mediciones de señales alternas, la salida del amplificador de instrumentación siempre se incluyen filtros activos, eliminado el nivel DC de la señal amplificada; pero en el presente proyecto el voltaje diferencial amplificado es una señal de corriente continua (DC), por lo cual la estabilidad del voltaje offset es necesaria, su eliminación se la realiza mediante software.

2.1.3.6 Resolución en la medición del peso.

La señal analógica provista por el integrado AD620BN, es procesada por el convertidor analógico-digital, es decir que cualquier cambio en la galga, se amplifica y se obtiene una señal de voltaje.

La ecuación que rige la resolución está descrita en la sección 2.1.1.7; en esta sección sólo se obtendrán los valores para el peso respectivo.

$$Conteo = \frac{V_{Xdcr} - V_{RL}}{V_{RH} - V_{RL}} * (2^8 - 1) \quad (27)$$

Para un peso de 0 lb, tenemos un voltaje de 0.23 V_{DC}; mientras que para un peso de 220 lb un voltaje de 4.52 V_{DC}, aplicando la ecuación (27), se tiene:

$$Conteo1 = \frac{0.23v - 0v}{5v - 0v} * (255) \approx 12$$

$$Conteo2 = \frac{4.5v - 0v}{5v - 0v} * (255) \approx 230$$

Con lo que el número de conteos es de 230 – 12 = 228 conteos, la resolución (lb/bit), es de:

$$\text{resolución} = \frac{\text{peso(máxima)} - \text{peso(mínima)}}{\text{conteo}}$$

$$\text{resolución} = \frac{220\text{lb} - 0\text{lb}}{228} \approx 1 \text{ lb}$$

Por lo cual un bit del convertidor representa una libra, quedando esta resolución como aceptable, ya que la relación entre libras y el valor binario es lineal.

2.2 Módulo de procesamiento digital.

En esta sección, se describirá el microcontrolador PIC16F877A, sus generalidades de funcionamiento; además el diagrama de operación del PIC que gobierna las operaciones del proceso, así como los diagramas de flujo de cada medición (presión sanguínea, frecuencia cardíaca, peso y estatura). En el apéndice E se encontrará información adicional respecto al PIC (diagrama de bloques, características eléctricas, conjunto de instrucciones, recursos utilizados: convertidor analógico-digital, puertos de entrada y salida, etc.).

2.2.1 Microcontrolador programable PIC.

Se denomina microcontrolador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos: las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

Los microcontroladores se programan en Assembler y cada microcontrolador varía su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante y modelo. De acuerdo al número de instrucciones que el microcontrolador maneja se le denomina de arquitectura RISC (reducido) o CISC (complejo).

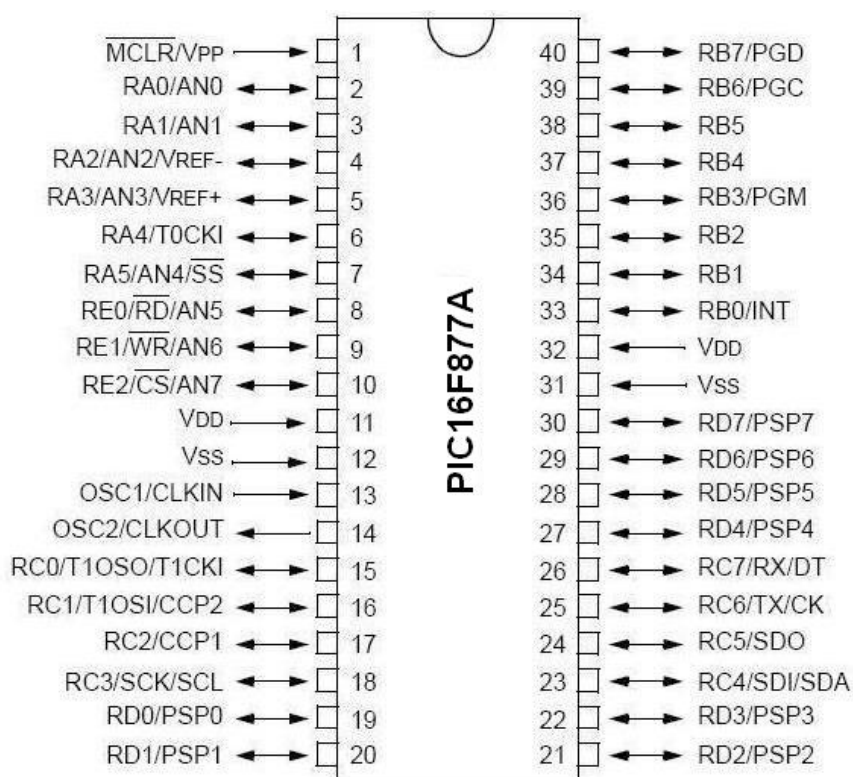


Figura 2.24 Configuración de los pines del PIC.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógico Aritmética), memoria del programa, memoria de

registros y pines I/O (entrada y/o salida). La unidad ALU es la encargada de procesar los datos dependiendo de las instrucciones que se ejecuten (ADD, OR, AND); mientras que los pines (véase Figura 2.24) son los que se encargan de comunicar al microcontrolador con el medio externo; la función de los pines puede ser de transmisión de datos, alimentación de corriente para el funcionamiento de éste o pines de control específico.

En este proyecto se utilizó el PIC 16F877A (ver Figura 2.24), este microcontrolador es fabricado por MicroChip, familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877A posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

2.2.2 Criterios para la selección del microcontrolador PIC.

Entre los criterios para escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores, como la documentación y herramientas de desarrollo disponibles y su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y por supuesto las características del

microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.):

- Procesamiento de datos (velocidad): Puede ser necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos a manejar: si no es suficiente con un microcontrolador de 8 bits, puede ser necesario acudir a microcontroladores de 16 ó 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante.
- Entrada / Salida (número de pines): Para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro microcontrolador más adecuado a ese sistema.
- Consumo: Algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías y su

funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.

- Memoria: Para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

El tipo de memoria a emplear vendrá determinado por el volumen de ventas previsto del producto: de menor a mayor volumen será conveniente emplear EPROM, OTP y ROM. En cuanto a la cantidad de memoria necesaria puede ser imprescindible realizar una versión preliminar, aunque sea en pseudo-código, de la aplicación y a partir de ella hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable.

- Ancho de palabra: El criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Usar un microcontrolador de 4 bits supondrá una reducción en los costes importante, mientras que uno de 8 bits puede ser el más adecuado si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, debido a su elevado coste, deben reservarse para aplicaciones que requieran sus altas prestaciones (Entrada/Salida potente o espacio de direccionamiento muy elevado).
- Diseño de la placa: La selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño de la placa de circuitos. Debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del diseño.

2.2.3 Ventajas y desventajas de los microcontroladores.

En primer lugar, un microcontrolador integra en un solo encapsulado, lo que antes necesitaba una o varias decenas de elementos distintos. Como resultado de ésta integración es evidente una disminución en el volumen del hardware y del circuito impreso. Esta integración tiene como consecuencia

inmediata la simplificación del diseño del circuito impreso, ya que no es necesario llevar los buses de direcciones y de datos de un componente a otro.

En segundo lugar, de todo lo anterior se deriva un aumento de la fiabilidad del sistema, ya que al disminuir el número de componentes, el número potencial de fuentes de error también disminuye. Además, la cantidad de conexiones entre componentes/zócalos o componentes/circuito impreso también disminuye, lo que aumenta la fiabilidad del sistema. Así mismo, la disminución de componentes reduce el consumo global de todo el sistema, lo que según en que aplicaciones y tipos de alimentación se utilice el microcontrolador puede resultar ventajoso.

Los mayores inconvenientes de los microcontroladores son pocos y principalmente se encuentran en el nivel de la programación, pero en dos planos diferentes. El primer inconveniente es el sistema de almacenamiento de los programas que lo hacen funcionar, las opciones de almacenamiento podrían ser una memoria ROM en alguna de sus variantes (ROM por máscara, UVPRM, OTPROM, EEPROM, etc.), esto implica que la modificación de los programas realizados va a suponer un esfuerzo de borrado de

la memoria completa (o de bloques en el mejor de los casos) o la sustitución del chip de memoria por uno nuevo, lo cual conlleva gastos adicionales en material o en esfuerzo.

El otro inconveniente es el de que en los microcontroladores, como cualquier sistema programado hay que disponer de una herramienta o medio de desarrollo, por lo cual, es necesario escribir los programas, probarlos y comprobarlos sobre el hardware que rodea al microcontrolador, antes de instalarlos y hacer funcionar el sistema. Este sistema de desarrollo representa una inversión que se debe tener en cuenta.

2.2.4 Arquitectura de los microcontroladores PIC.

Arquitectura Von Neumann.

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, esta conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos (véase Figura 2.25). El tamaño de la unidad de datos o instrucciones esta fijado por el ancho del bus de la memoria. Es decir que un microprocesador de 8 bits, que tiene además un bus de 8 bits que lo conecta con

la memoria, deberá manejar datos e instrucciones de una o más unidades de 8 bits (bytes) de longitud.

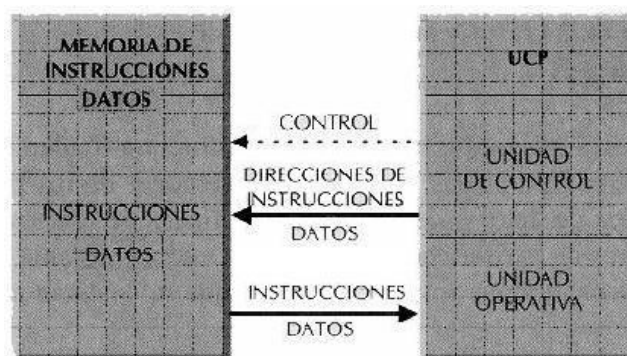


Figura 2.25 Arquitectura Von Neumann.

(Tomado de <http://www.mundotutoriales.com>)

Cuando deba acceder a una instrucción o dato de más de un byte de longitud, deberá realizar más de un acceso a la memoria. Por otro lado este bus único limita la velocidad de operación del microprocesador, ya que no se puede buscar de memoria una nueva instrucción, antes de que finalicen las transferencias de datos que pudieran resultar de la instrucción anterior. Es decir que las dos principales limitaciones de esta arquitectura tradicional son:

- ◆ Que la longitud de las instrucciones está limitada por la unidad de longitud de los datos, por lo tanto el

microprocesador debe hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas,

- ◆ Que la velocidad de operación (o ancho de banda de operación) está limitada por el efecto de cuello de botella que significa un bus único para datos e instrucciones que impide superponer ambos tiempos de acceso.

La arquitectura Von Neumann permite el diseño de programas con código automodificable, práctica bastante usada en las antiguas computadoras que sólo tenían acumulador y pocos modos de direccionamiento, pero innecesaria en las computadoras modernas.

Arquitectura Harvard.

La arquitectura conocida como Harvard, consiste simplemente en un esquema en el que el CPU está conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados (véase Figura 2.26). Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa y es llamada Memoria de Programa. La otra memoria sólo almacena los datos y es llamada Memoria de Datos. Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos. Para un procesador de Set de

Instrucciones Reducido o RISC (Reduced Instrucción Set Computer), el juego o conjunto de instrucciones y el bus de la memoria de programa pueden diseñarse de manera tal que todas las instrucciones tengan una sola posición de memoria de programa de longitud.

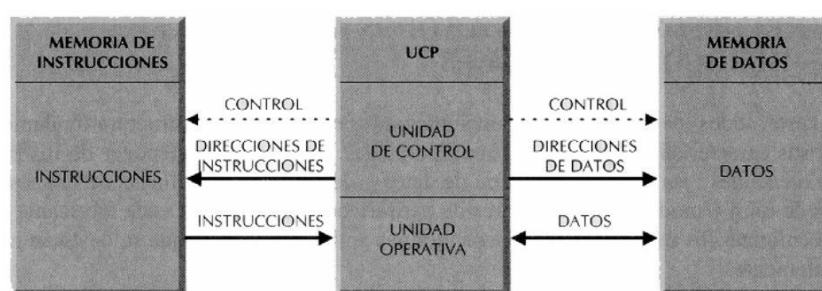


Figura 2.26 Arquitectura Harvard.

(Tomado de <http://www.mundotutoriales.com>)

Además, como los buses de datos son independientes, el CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar. Se puede observar claramente que las principales ventajas de esta arquitectura son:

- ◆ Que el tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria

de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa.

- ◆ Que el tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

2.2.5 Procesador del microcontrolador.

El procesador es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores: CISC, RISC y SISC.

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo de

muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros.

RISC: Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y generalmente se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: Este tipo de procesadores está destinado a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones es reducido o “específico”, o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

2.2.6 Tipos de memoria de los microcontroladores PIC.

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

- ◆ No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
- ◆ Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero, los diseñadores con

microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 kbytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes. Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente.

Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

ROM con máscara.

Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. El elevado costo del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

OTP.

El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura “programable una sola vez” por el usuario. OTP (One Time Programmable). Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC. La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del

producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas. Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

EPROM.

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

EEPROM.

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el

control programado de un CPU. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan “grabadores en circuito” que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo. El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño.

Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria EEPROM en los circuitos programables para guardar y modificar cómodamente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno. Este tipo de memoria es relativamente lenta.

FLASH.

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la

ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito, es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados “en circuito”, es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta. Así, un dispositivo con este tipo de memoria incorporado al control del motor de un automóvil permite que pueda modificarse el programa durante la rutina de mantenimiento periódico, compensando los desgastes y otros factores tales como la compresión, la instalación de nuevas piezas, etc. La reprogramación del microcontrolador puede convertirse en una labor rutinaria dentro de la puesta a punto.

2.2.7 Características generales del PIC16F877A.

En la Tabla 2.6 se pueden observar las características más relevantes del dispositivo respecto a la programación. Para ver las características eléctricas ver el Apéndice E.

Tabla 2.6 Características generales del PIC 16F877A.

Características	16F877A
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa Flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de ADC de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales PWM	2

2.2.8 Diagrama de flujo del programa del microcontrolador PIC.

2.2.8.1 Diagrama de flujo general de la unidad.

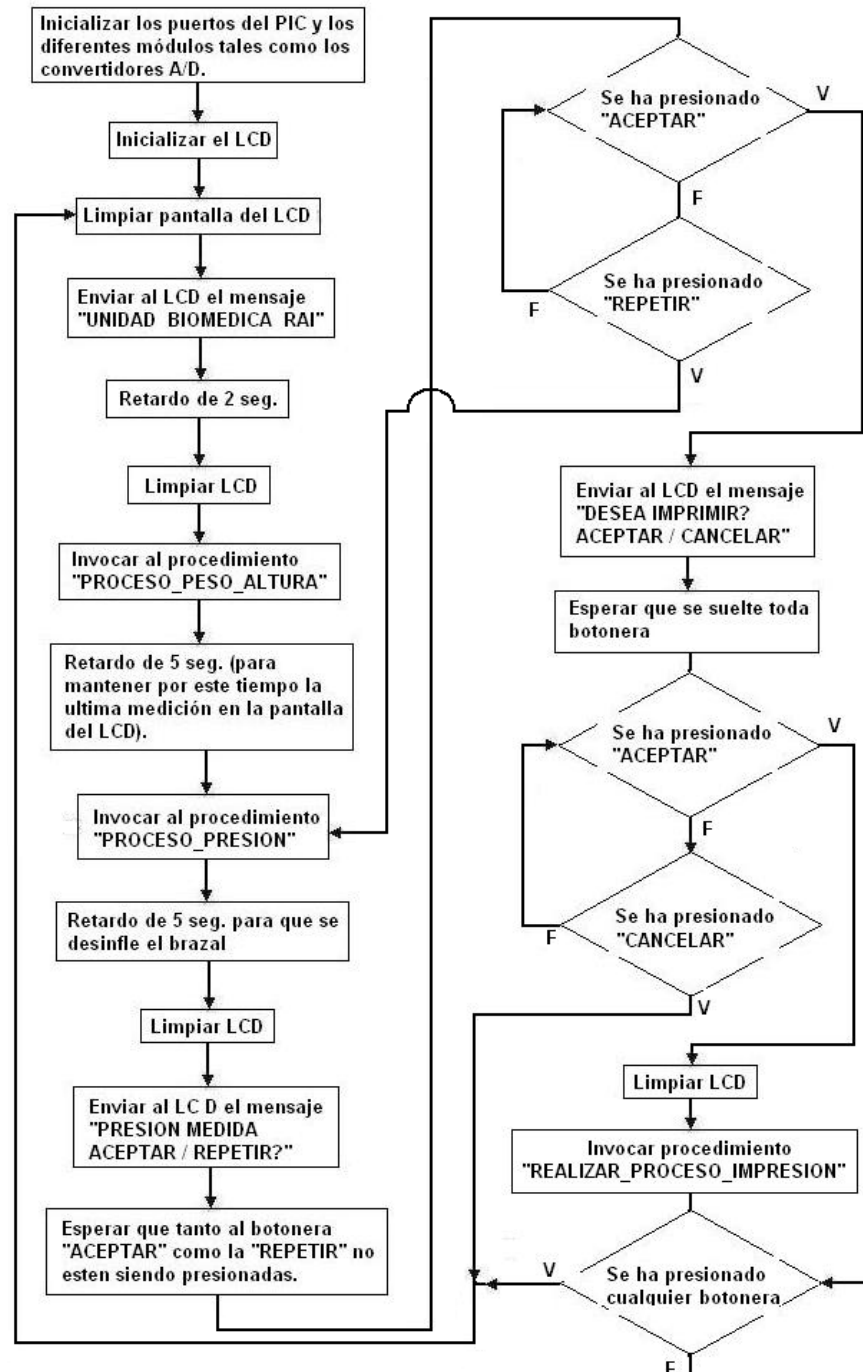


Figura 2.27 Diagrama de flujo general de la unidad

2.2.8.2 Diagrama de flujo de medición peso-estatura.

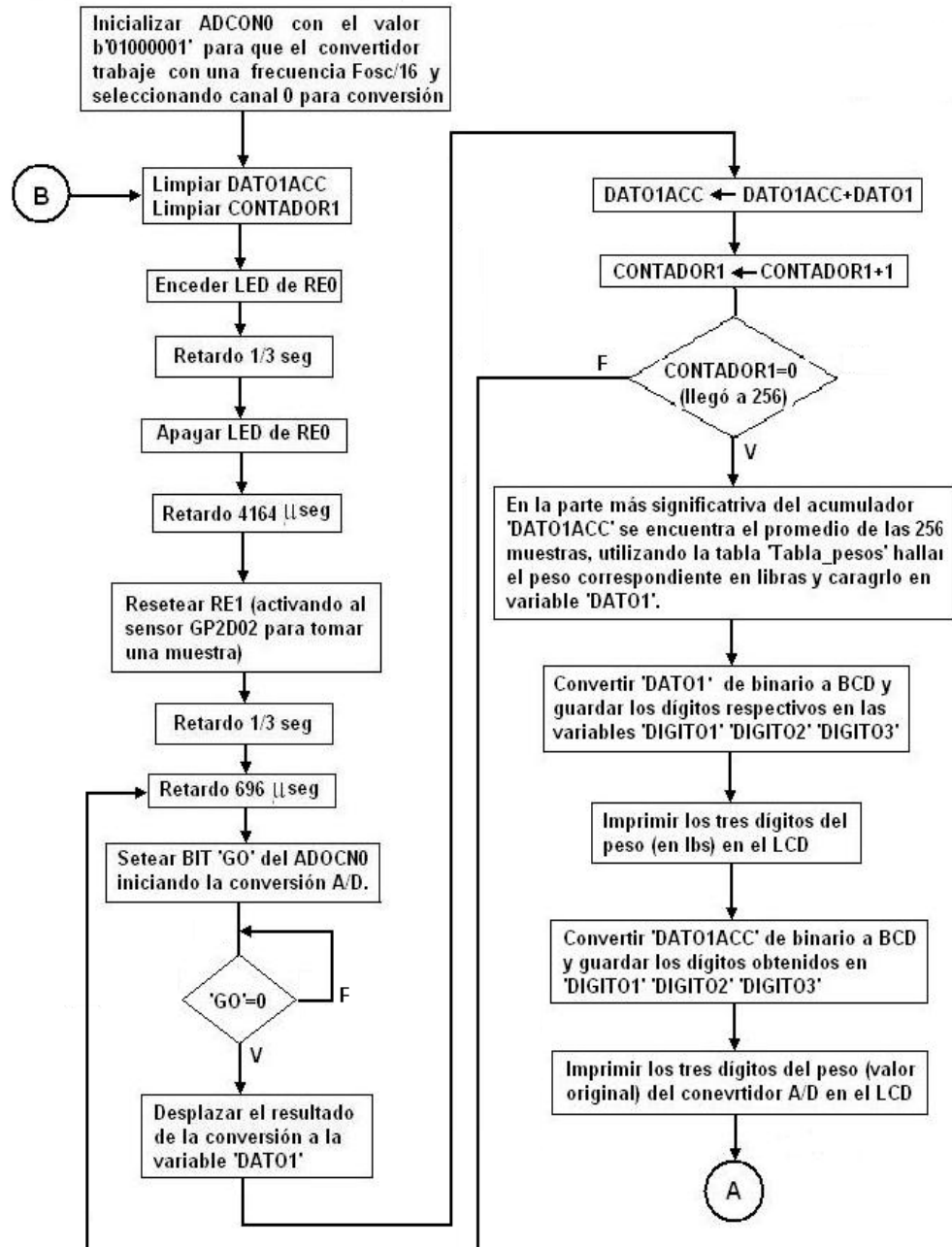


Figura 2.28 Diagrama de flujo de medición del peso y la estatura.

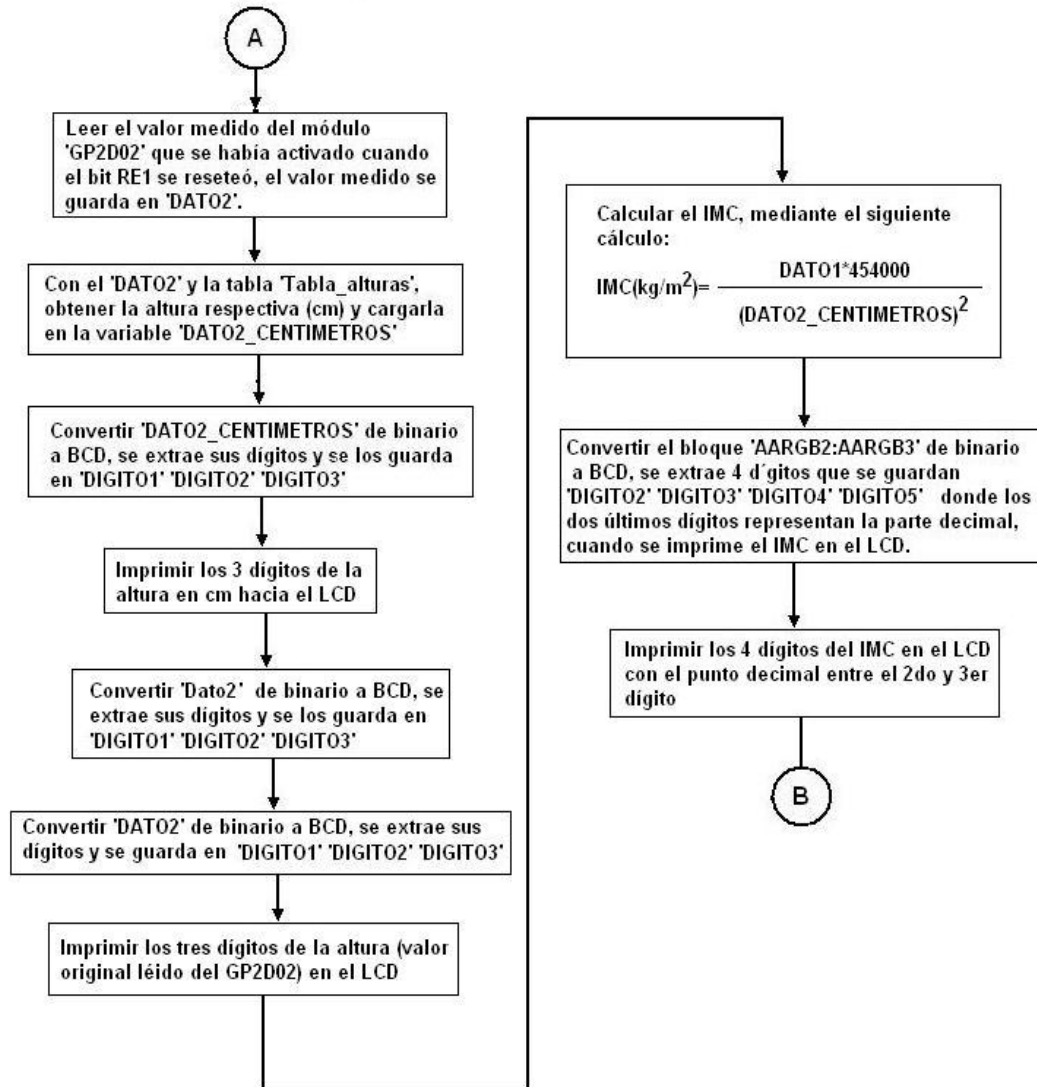


Figura 2.28 Diagrama de flujo de medición del peso y la estatura (continuación).

2.2.8.3 Diagrama de flujo de medición de la presión.

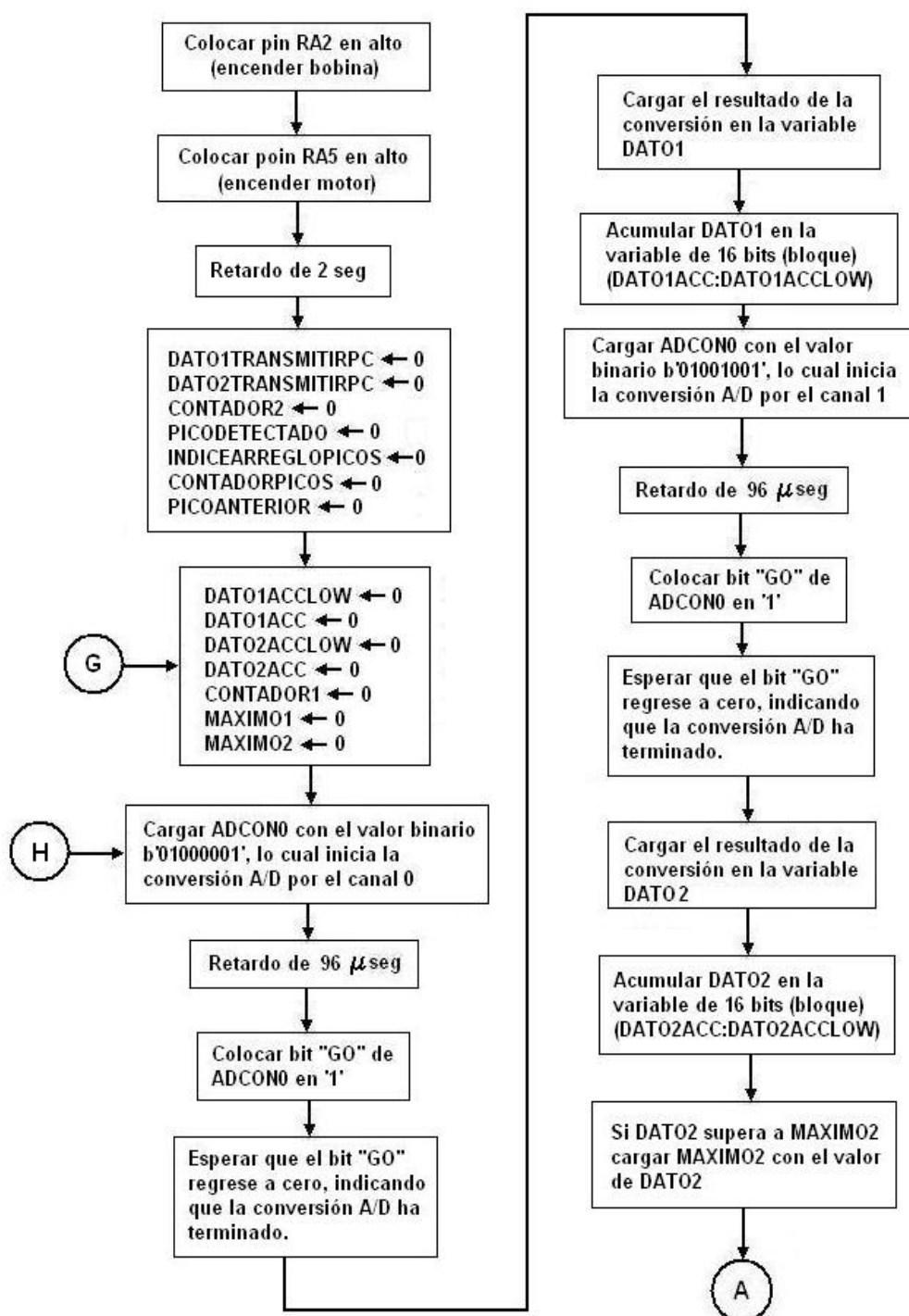


Figura 2.29 Diagrama de flujo de medición de la presión.

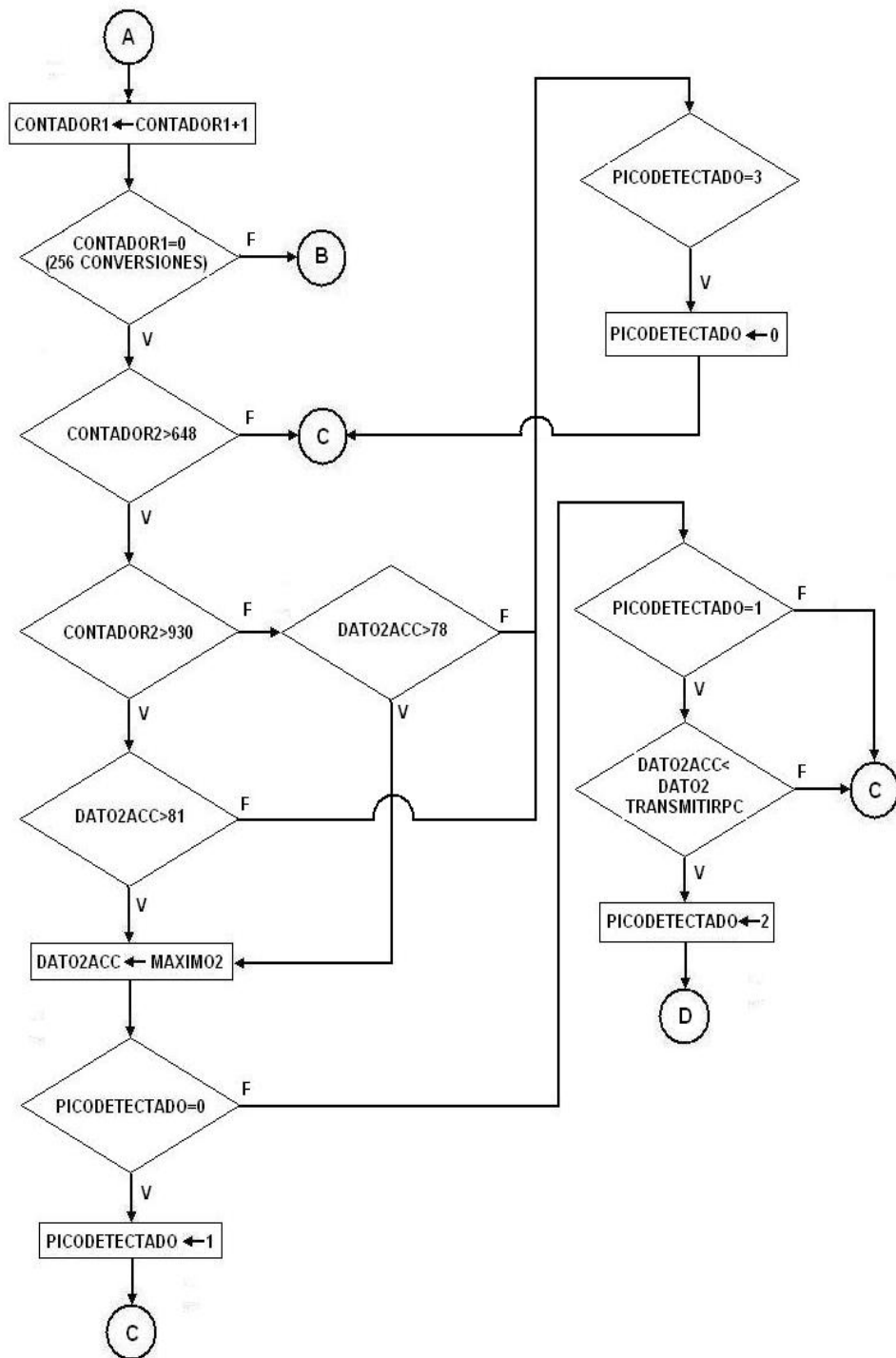


Figura 2.29 Diagrama de flujo de medición de la presión (continuación).

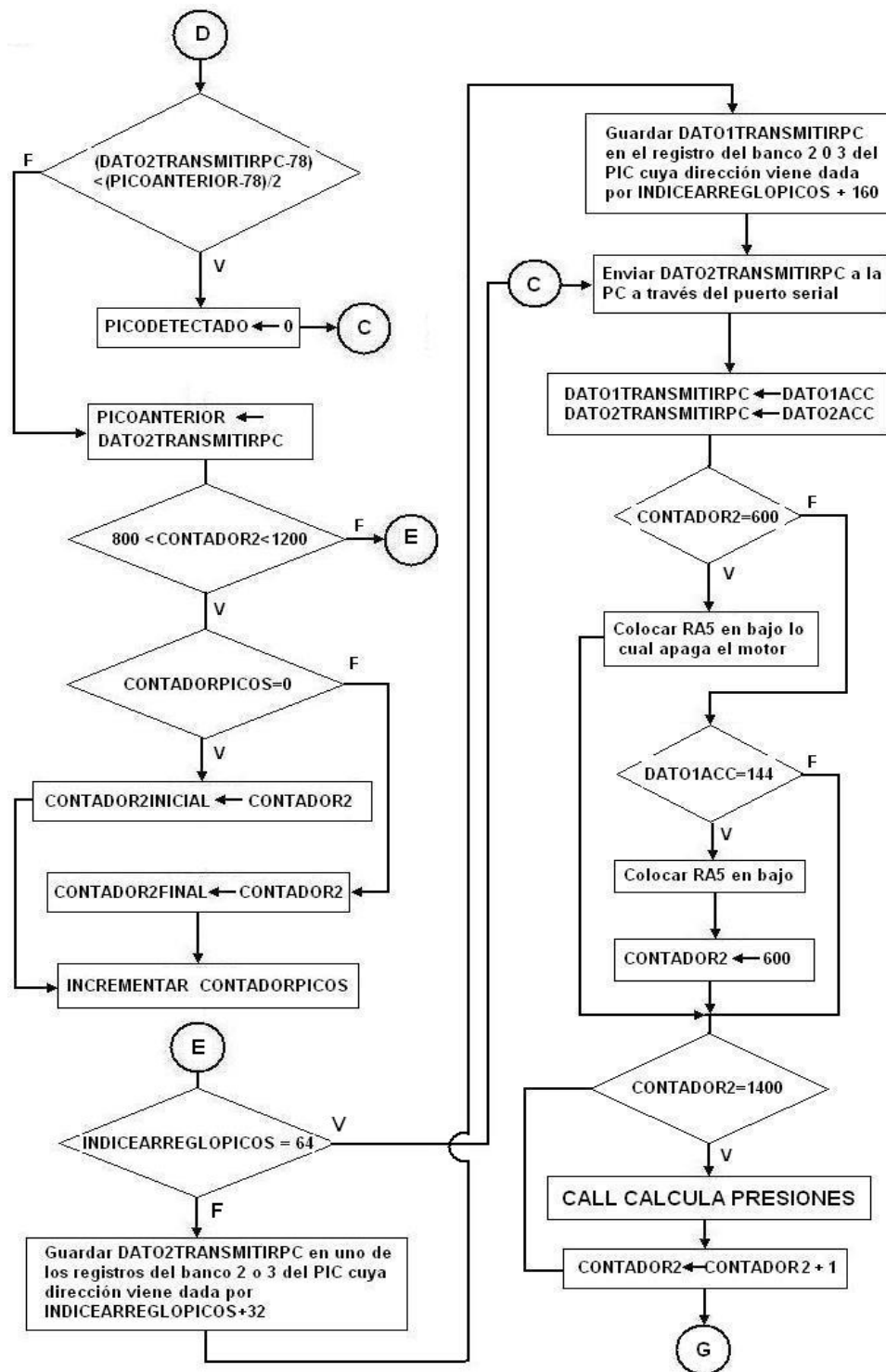


Figura 2.29 Diagrama de flujo de la medición de la presión.

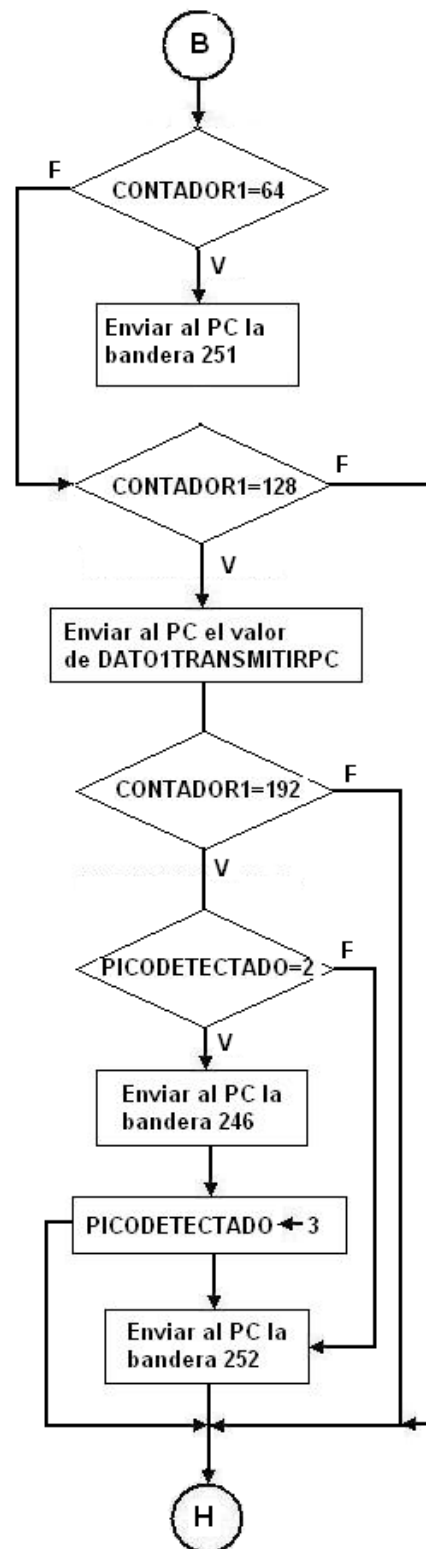


Figura 2.29 Diagrama de flujo que gobierna la medición de la presión (continuación).

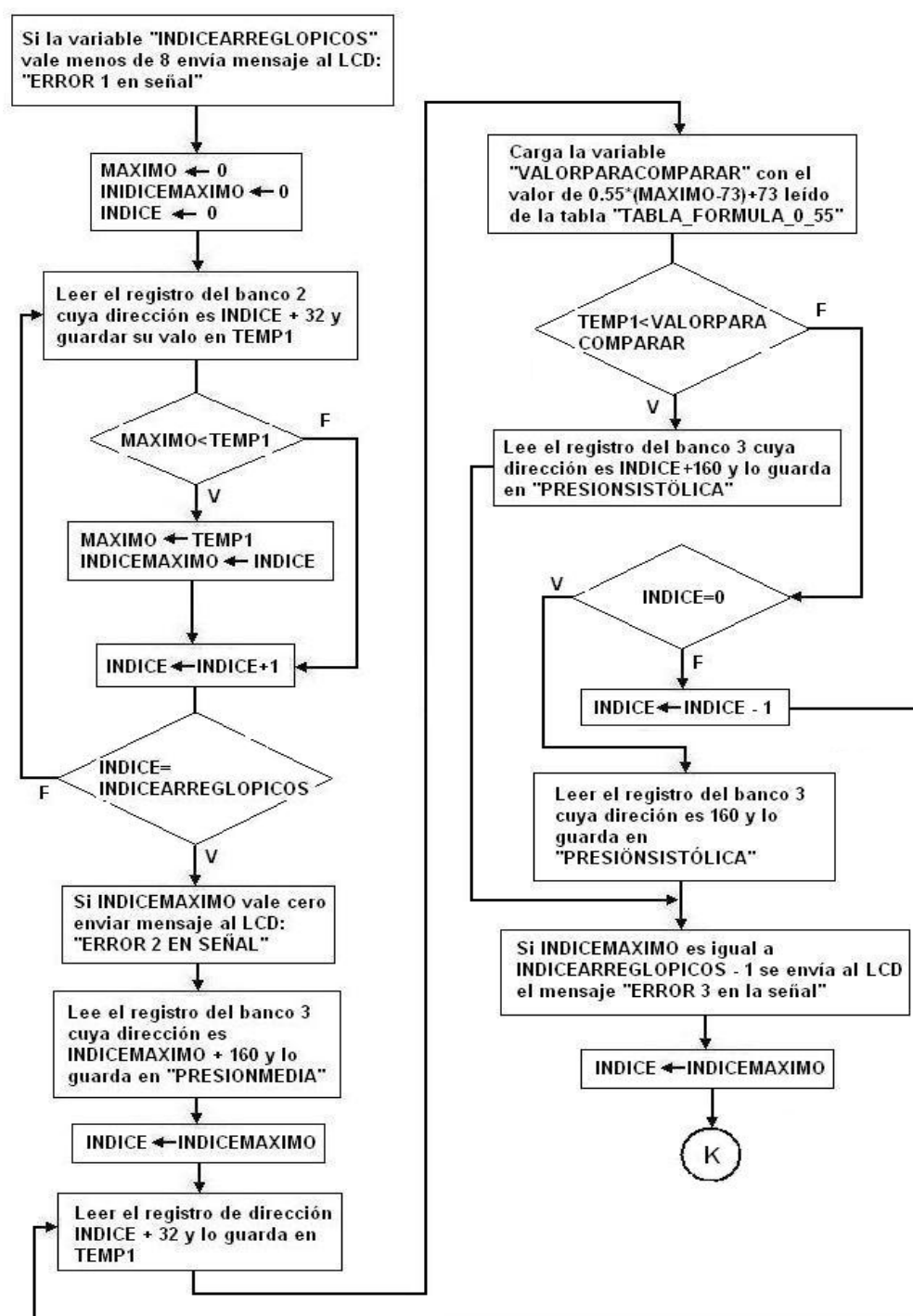


Figura 2.30 Sub-rutina para calcular las presiones.

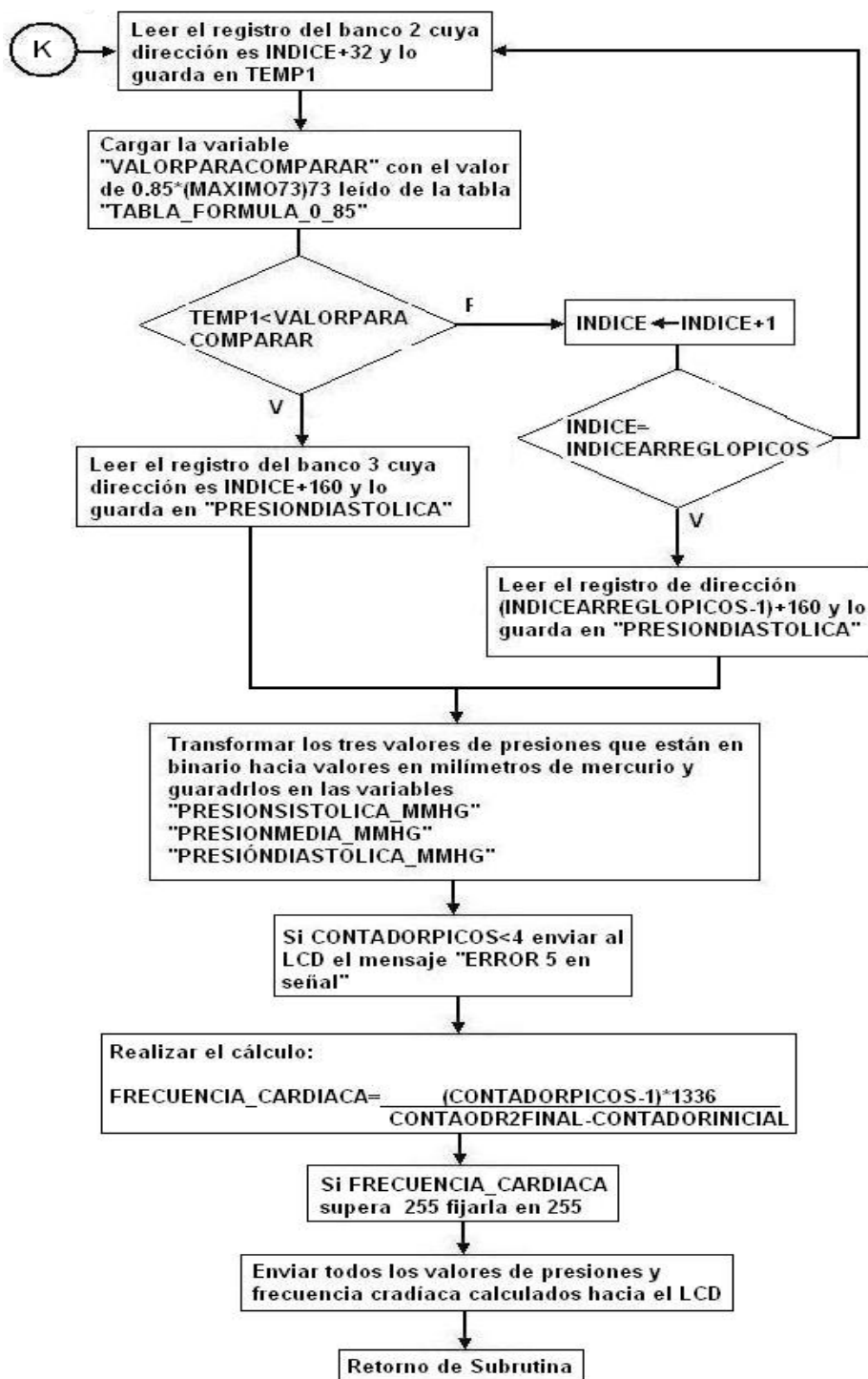


Figura 2.30 Sub-rutina para calcular las presiones (continuación).

2.3 Registro de datos obtenidos.

En este sub-capítulo, se analizará el registro de los datos obtenidos por los sensores de presión, estatura y peso; este registro se lo realizará mediante una impresora de inyección marca Canon modelo BJC-250, por lo cual se describirá brevemente el funcionamiento de la impresora, además los datos obtenidos se visualizarán en el módulo LCD.

2.3.1 Impresora a inyección: Generalidades.

La impresora es el periférico que la computadora utiliza para presentar información impresa en papel. Las primeras impresoras nacieron muchos años antes que la PC e incluso antes que los monitores, siendo durante años el método más usual para presentar los resultados de los cálculos. Para diferenciar cada carácter la impresora posee un bitmap (Mapa de bytes), es decir, cada byte para la impresora tiene un código.

2.3.1.1 Fuentes Bitmap y fuentes Outline

La *fente bitmap*, es un registro de patrón de puntos necesarios para crear un carácter específico en un cierto tamaño y atributo. Las impresoras traen consigo

fuentes bitmap, como parte de su memoria permanente.

Cuando se emite un comando de impresión, el ordenador (PIC o CPU), indica a la impresora cual de las de las definiciones bitmap puede utilizar, entonces, por cada letra, signo de puntuación o movimiento del papel, envía un código ASCII. Algunas impresoras poseen un lenguaje de descripción de página, normalmente PostScript (programa de computadora contenido en un microchip).

Las *fuentes Outline* consisten en descripciones matemáticas de cada carácter y signo de puntuación en un tipo. El lenguaje puede traducir comandos de fuentes outline para controlar la colocación de los puntos en un papel. Cuando se emite un comando de impresión desde el software de aplicación a una impresora, envía una serie de comandos en lenguaje de descripción de páginas que son interpretados a través de un conjunto de algoritmos. Los algoritmos describen las líneas y arcos que forman los caracteres en un tipo de letra. Los comandos insertan variables en las fórmulas para cambiar el tamaño o atributos. Los

resultados son enviados a la impresora, quien es la que los interpreta. En lugar de enviar los comandos individuales para cada carácter en un documento, el lenguaje de descripción de página envía instrucciones al mecanismo de la impresora, que produce la página completa.

2.3.1.2 Capacidad de almacenamiento de las impresoras.

Las impresoras modernas tienen una pequeña cantidad de memoria (no tan pequeña en impresoras de redes, que pueden llegar a tener varios Mbytes) para almacenar parte de la información que les va proporcionando la computadora. De esta forma la computadora, sensiblemente más rápido que la impresora, no tiene que estar esperándola continuamente y puede pasar antes a otras tareas mientras termina la impresora su trabajo. Evidentemente, cuanto mayor sea el buffer, más rápido y cómodo será el proceso de impresión, por lo que algunas impresoras llegan a tener hasta 256 Kb de buffer.

2.3.1.3 Tecnología de impresión.

Las impresoras de inyección, contienen un cabezal lleno de pequeñas boquillas, por las cuales fluye la tinta, la cual es calentada y en consecuencia se impacta en el papel.

En las impresoras de inyección se utilizan dos tipos de tecnología para la impresión: tecnología térmica y tecnología piezoeléctrica. En la tecnología térmica, la parte posterior de cada boquilla consta de recámaras donde se almacena la tinta, adicionalmente se colocan diminutas resistencias, por las cuales fluyen pequeñas corrientes; por este efecto se calienta la resistencia y se producen pequeñas burbujas que expulsan la tinta por la boquilla; al reventarse la burbuja se produce un efecto de vacío con lo cual la tinta sobrante retrocede a la recámara.

En la tecnología piezoeléctrica, el esquema es parecido al térmico, la diferencia es que detrás de cada boquilla se encuentra un cristal piezoeléctrico; al cual se le induce pequeñas corrientes., deformándose hacia adentro, al interrumpir la corriente que fluye por el cristal piezoeléctrico regresa a su estado original

expulsando tinta por la boquilla. Para una mayor descripción de las tecnologías se debe consultar el Apéndice F, donde además constan gráficos y otras características de las impresoras (velocidad, resolución, calidad de impresión, etc.).

2.3.2 Puerto Paralelo DB-25.

La comunicación entre el PIC y la impresora se realiza mediante el puerto paralelo (DB-25, véase Figura 2.27); en esta sección se describirán las funciones y pines del puerto paralelo. Este puerto DB-25 está estandarizado entre las impresoras.

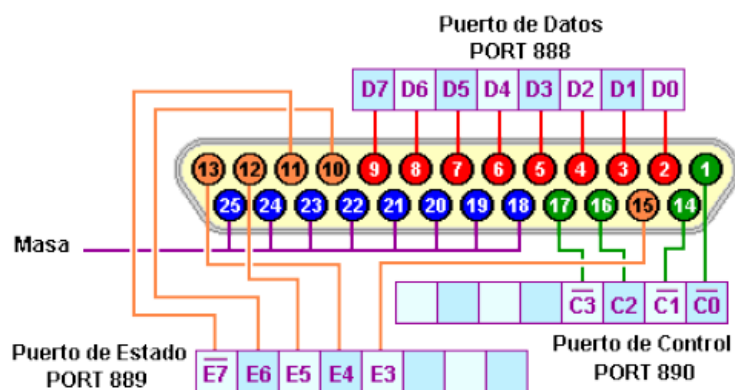


Figura 2.31 Puerto Paralelo DB-25.

(Tomado de <http://perso.wanadoo.es>)

Tabla 2.7 Configuración de pines del puerto paralelo estándar.

(Tomado de <http://www.modelo.edu.mx>)

Nombre de la señal	Pin	Nombre de la señal	Pin
-Strobe	1	-Auto FDXT	14
Información 0	2	-Error	15
Información 1	3	-Init	16
Información 2	4	-Slctin	17
Información 3	5	Ground (tierra)	18
Información 4	6	Ground (tierra)	19
Información 5	7	Ground (tierra)	20
Información 6	8	Ground (tierra)	21
Información 7	9	Ground (tierra)	22
-ACK (acknowledge)	10	Ground (tierra)	23
Busy (ocupada)	11	Ground (tierra)	24
Paper out (sin papel)	12	Ground (tierra)	25
+Select	13		

La línea **STROBE** pin 1 se emplea para indicar a la impresora que el flujo de información está completo y que puede imprimir un caracter. Cabe recalcar que la línea del estrobo empieza con el signo menos, esto quiere decir que el pulso de esta línea estrobo es negativo o de lógica negativa; cuando la computadora termina de enviar un byte de información y para que se imprima la línea del estrobo se coloca en estado bajo.

Las ocho líneas de información transportan los ***ocho bits de un byte de información*** de manera digital. El voltaje alto en una línea significa un conjunto de bit "1" y un voltaje bajo significa un bit limpio "0".

La línea ***Acknowledge*** ("*enterada*" o "*admisión*") pin 10 es una señal de la impresora que indica a la computadora o procesador, que se encuentra habilitada para recibir más información. Mientras esta línea se encuentre en estado "alto", la computadora no envía información nueva.

La línea ***Busy*** (*ocupada*) indica a la computadora o procesador que la impresora está ocupada. La computadora espera a que el buffer se vacíe para enviar más información.

La línea ***Paper Out*** le indica a la computadora que deje de enviar información. La impresora podría enviar simplemente una señal de "ocupada", pero la computadora no sabría el motivo por qué se detuvo la impresora. Usualmente se emplea esta línea para avisarle al usuario que falta el papel.

La línea ***Select*** muestra que la impresora ha sido elegida, es decir, que está en línea (on line), en la carcasa de la impresora existe algún aviso que indique el estado. Cuando la impresora está fuera de línea, no puede recibir caracteres de la computadora.

La línea **-AUTOFDXT** (*Autoalimentación*) controla la manera en que la impresora maneja una nueva línea. La impresora puede adelantar la cabeza a la siguiente línea cuando regresa el carro, que es lo normal, o sencillamente puede interpretar literalmente el retorno del carro y regresar la cabeza al principio de la línea. Cuando la computadora mantiene abajo esta línea, la impresora agrega un alimentador de línea (Line Feed) al carácter para que regrese el carro.

La línea de **-Error** es para propósitos generales, para indicar otros errores de la impresora. Puede que la computadora no identifique exactamente el motivo de la interrupción, pero es probable que la impresora tenga papel y esté conectada, entonces algún otro motivo impide que procese la información.

La línea **-INIT** sirve para que la computadora controle a la impresora. Al indicar la impresora en esta línea, la computadora restablece los parámetros originales de la impresora, a fin de que la configuración del último programa (que pudo ser un modo gráfico, por ejemplo) no se aplique al siguiente trabajo de impresión. Mediante la línea -INIT una aplicación puede dar a la impresora una situación conocida antes de enviar alguna información por el cable, esta línea es de lógica negativa.

La Línea **-SLCTIN** (Select input) es la señal para que la computadora controle si la impresora está lista para aceptar información. Cuando esta señal está baja, la impresora puede aceptar información.

Durante el curso del año 1999 empezaron a distribuirse en el mercado muchas impresoras con puerto USB (Universal Serial Bus), con lo cual, las nuevas impresoras constan con los dos tipos de interfaces en su comunicación.

2.3.3 Pantallas de cristal líquido (LCD).

Antes de aparecer las Pantallas de Cristal Líquido o módulos LCD (por sus siglas en inglés *Liquid Cristal Display*), la visualización de los datos o variables en los diseños electrónicos utilizaban los displays de siete segmentos, para poder mostrar la información; además de su gran limitación de mostrar los caracteres alfa numéricos y símbolos especiales, también consumían demasiada corriente y ocupaban demasiado espacio físico (véase Figura 2.32).

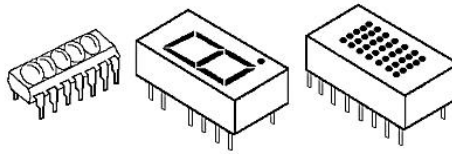


Figura 2.32 Displays de siete segmentos.

(Tomado de <http://www.vcalc.net>)

Posteriormente aparecieron otros tipos de displays más complejos que podían mostrar algunos caracteres y símbolos; pero tenían de igual manera mucho consumo de corriente y espacio físico desperdiciado. Finalmente aparecieron los módulos LCD, los cuales tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos ya vienen con su pantalla y toda la lógica de control pre-programada en la fábrica y lo mejor de todo es que el consumo de corriente es mínimo y no se tendrán que organizar tablas especiales como se hacía anteriormente con los displays de siete segmentos.

Las aplicaciones de los módulos LCD son infinitas ya que podrán ser aplicados en la informática, comunicaciones, telefonía, instrumentación, robótica, automóviles, equipos industriales, etc.

En la actualidad los módulos LCD existen una gran variedad de versiones clasificados en dos grupos. El primer grupo esta

referido a los módulos LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el módulo LCD) y el segundo grupo está referido a los módulos LCD matriciales (Se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos). Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca; por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD. El módulo LCD utilizado en el presente proyecto es de 2 filas por 16 caracteres (véase Figura 2.33). Para mayor información sobre el principio de funcionamiento de los módulos LCD consultar el Apéndice G.

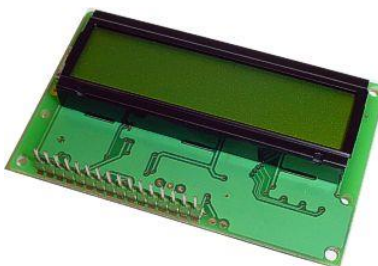


Figura 2.33 Pantalla de Cristal Líquido (LCD).
(Tomado de <http://www.ilustrados.com>)

2.3.3.1 Aspecto físico y caracteres del LCD.

El LCD tiene un aspecto físico como el mostrado en la figura 2.33. Está constituido por un circuito impreso en el que están integrados los controladores del display y

los pines para la conexión del mismo. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege.

En total se pueden visualizar 2 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, $2 \times 16 = 32$ caracteres, como se muestra en la figura. A pesar de que la pantalla sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea. El usuario especifica qué 16 caracteres son los que se van a visualizar.

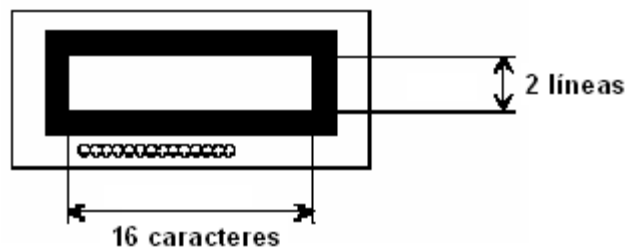


Figura 2.34 Líneas vs caracteres.

La tensión nominal de alimentación es de 5V, con un consumo menor de 5mA. El módulo LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes, 240 caracteres se encuentran grabados en la memoria interna del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de

puntuación, números, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario. En la figura 2.35 se muestra gráficamente como es la matriz de representación de los caracteres. Se representa el carácter A y un caracter definido por el usuario. En la figura 2.36 se muestran los caracteres más importantes que se pueden representar en la pantalla. Todos los códigos están en binario.

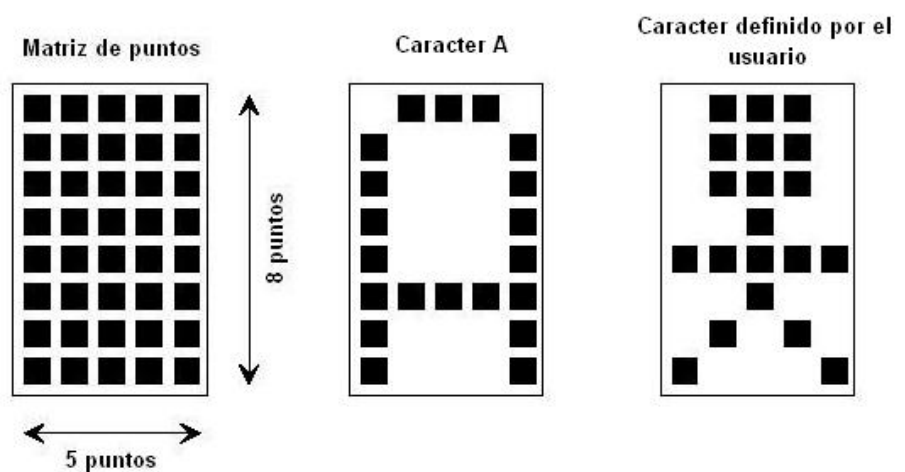


Figura 2.35 Matriz de puntos para representar caracteres.

(Tomado de <http://semiconductor.hitachi.com>)

4 bits más significativos

		Upper 4 Bits				Lower 4 Bits											
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
4 bits menos significativos	xxxx0000	CG RAM (1)	▶	◊	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
	xxxx0001	(2)	◀	!	1	À	Q	a	9	À	Ⓜ	i	±	À	Ñ	á	ñ
	xxxx0010	(3)	“	”	2	B	R	b	r	Ж	Г	φ	²	À	Ö	ä	ö
	xxxx0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	3	π	ε	³	À	Ó	ã	ó
	xxxx0100	(5)	⚡	\$	4	D	T	d	t	Η	Σ	×	₣	À	Ö	ä	ö
	xxxx0101	(6)	⚡	%	5	E	U	e	u	Ѓ	σ	¥	₤	À	Ö	ä	ö
	xxxx0110	(7)	■	&	6	F	V	f	v	Л	Д	!	9	Æ	Ö	æ	ö
	xxxx0111	(8)	Ⓜ	'	7	G	W	w	Π	τ	§	•	©	×	ƒ	÷	
	xxxx1000	(1)	↑	(	8	H	X	h	x	У	•	ƒ	ω	é	è	ê	ø
	xxxx1001	(2)	↓	)	9	I	Y	i	y	Ч	θ	¹	é	ù	é	ú	
	xxxx1010	(3)	→	*	:	J	Z	j	z	Ч	Ω	³	é	ú	é	ú	
	xxxx1011	(4)	←	+	;	K	[	k	{	Ш	δ	⊗	é	ù	é	ú	
	xxxx1100	(5)	≤	,	<	L	\	l	|	Щ	∞	№	ï	ü	ï	ü	
	xxxx1101	(6)	≥	-	=	M	]	m	}	б	•	9	¼	í	ý	í	ý
	xxxx1110	(7)	▲	.	>	N	^	n	~	б	ε	Ⓜ	¼	î	þ	î	þ
	xxxx1111	(8)	▼	/	?	O	_	o	ó	Ⓜ	°	'	¿	ï	ß	ï	ÿ

Figura 2.36 Caracteres que se pueden representar en la pantalla del LCD.

(Tomado de <http://semiconductor.hitachi.com>)

2.3.3.2 Descripción de pines del módulo LCD

Tabla 2.8 Descripción de los pines del módulo LCD.

Pin N-.	Simbología	Nivel	I/O	Función
1	V _{SS}	-	-	0 V _{CC} Tierra (GND).
2	V _{CC}	-	-	5 V _{DC} .
3	V _{ee} = V _c	-	-	Ajuste del Contraste.
4	RS	0/1	I	0= Entrada de una Instrucción.
				1= Entrada de un dato.
5	R/W	0/1	I	0= Escribir en el módulo LCD.
				1= Leer del módulo LCD
6	E	1	I	Habilitación del módulo LCD
7	DB0	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 1 (LSB).
8	DB1	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 2
9	DB2	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 3
10	DB3	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 4
11	DB4	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 5
12	DB5	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 6
13	DB6	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 7
14	DB7	0/1	I/O	BUS DE DATO LINEA 8 (MSB).
15	A	-	-	LED (+) Back Light
16	K	-	-	LED (-) Back Light.

Los pines de conexión de un módulo LCD han sido estandarizados, por lo cual en la mayoría de ellos son exactamente iguales, siempre y cuando la línea de caracteres no sobrepase los ochenta caracteres por línea, ya que cambia la configuración. Por otro lado es de suma importancia localizar exactamente el pin

número 1, ya que en algunos módulos se encuentra hacia la izquierda y en otros módulos se encuentra a la derecha. En la Tabla 2.8, se muestran el número de los pines y la descripción de los mismos.

Pines 1 y 2: Están destinados para suministrar el nivel de voltaje 5 V_{DC} que requiere el módulo para su funcionamiento.

Pin 3: Es utilizado para ajustar el contraste de la pantalla; es decir, los caracteres se representen más oscuros o más claros.

Pin 4: Denominado "RS" trabaja de forma paralela al Bus de datos del módulo LCD (Bus de datos son los Pines del 7 al 14). Este bus es utilizado de dos formas, se puede enviar un dato que representa una instrucción, un símbolo o un carácter alfa numérico; pero para que el módulo LCD diferencie un dato o una instrucción se utiliza el pin número 4. Si el pin 4 = 0 el módulo LCD procesará la información presente en el bus de datos como una instrucción; por el contrario, si el pin 4 = 1 el módulo LCD procesará la información

presente como si fuera un símbolo o un carácter alfa numérico.

Pin 5: Denominado "R/W" trabaja de forma paralela al Bus de datos del módulo LCD. También es utilizado de dos maneras, se le indicará al módulo LCD que escriba en pantalla el dato que esta presente en el bus de datos; o podrá leer que dato esta presente en el Bus. Si el pin número 5 = 0 el módulo LCD muestra en pantalla el dato que esta presente el bus; pero si el pin 5 = 1 significa que necesita leer el dato que esta presente en el bus del módulo LCD.

Pin 6: Denominado "E" que significa habilitación del módulo LCD, este pin tiene la finalidad básica de conectar y desconectar el módulo. Esta desconexión no estará referida al voltaje que le suministra la corriente al módulo; la desconexión significa tan solo que se hará caso omiso a todo lo que este presente en el bus de datos de dicho módulo LCD.

Pines desde 7 hasta 14: Representan 8 líneas que se utilizan para colocar el dato que representa una instrucción para el módulo LCD o un carácter alfa numérico. El bus de datos es de 8 bits de longitud y el

bit menos significativo esta representado en el pin número 7; el pin mas significativo esta representado en el pin número 14

Pines 15 y 16: Estarán destinados para suministrar la corriente al Back Light. Es importante conocer que no todos los módulos LCD disponen del Back Light aunque tenga los pines de conexión en el circuito impreso.

2.3.3.3 Diagramas de tiempo para la ejecución de instrucciones en el módulo LCD.

Los Pines de control (E, RS y R/W) están relacionados entre sí, por lo que nos permiten especificar si queremos ejecutar una instrucción o leer/escribir un dato en la pantalla o la memoria RAM; sin embargo existe una condición importante que merece especial atención, se refiere directamente al tiempo necesario que se necesita para cambiar de un estado a otro en los pines de control (E, RS y R/W). En el caso de que este tiempo sea mas pequeño que el tiempo mínimo requerido, entonces el módulo LCD no tendrá el tiempo suficiente para responder a las instrucciones solicitadas

por el usuario y por consecuencia se perderán los datos o instrucciones según sea el caso.

En otras palabras, los usuarios suelen cometer un error común cuando se está intentando hacer funcionar un módulo LCD en el cual no consideran la velocidad de proceso del microprocesador o el microcontrolador específicamente en los pines de control (E, RS y R/W), esto quiere decir, que un módulo LCD al estar conectado a un microprocesador o microcontrolador que tiene una velocidad de procesamiento demasiado alta en los pines de control, cuando se ejecuta una solicitud de cualquier tipo (escritura/lectura e Instrucción), el módulo LCD no tendrá la capacidad de entender la solicitud hecha por el microcontrolador ya que dicha operación se ejecutó demasiado rápida. Para lo cual los programas o los circuitos electrónicos que manejan un módulo LCD deberán respetar los siguientes diagramas de tiempo.

Diagrama de tiempo para ejecutar una instrucción.

Para enviarle una instrucción al módulo, en primer lugar se coloca la instrucción en el bus de datos (Pines

del 7 al 14). Cuando la instrucción este presente en el bus de datos se procede a ejecutar el diagrama de tiempo requerido para una instrucción en los pines de control. En el diagrama de tiempo (véase Figura 2.37) se muestra la configuración de los pines con los siguientes estados lógicos: $RS = 0$, $R/W = 0$, $E = 0$; configurados los pines con las tensiones mencionadas, se procede a cambiar el estado lógico del pin $E = 1$. El nuevo estado de este pin E debe permanecer por lo menos 450 ns antes de volver a cambiar de estado para que la pantalla pueda ejecutar la instrucción.

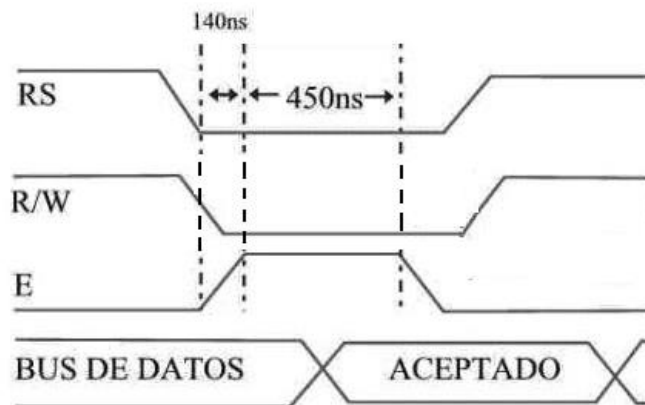


Figura 2.37 Diagrama de tiempo para ejecutar una instrucción.

Diagrama de tiempo para escribir un dato.

Para escribir un dato en el módulo LCD, en primer lugar se coloca el dato en el bus. Al estar presente el dato en el bus se procede a ejecutar el diagrama de tiempo requerido para escribir un dato en los pines de control. Se configura los pines con los estados lógicos respectivos: RS = 1, R/W = 0, E = 0; en los pines se procede a cambiar el estado lógico del pin E = 1. El nuevo estado de este pin E debe permanecer por lo menos 450 ns antes de volver a cambiar de estado para que la pantalla pueda ejecutar la instrucción.

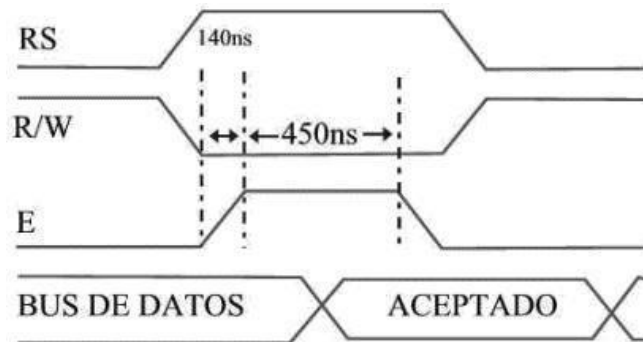


Figura 2.38 Diagrama de tiempo para escribir un dato.

Diagrama de tiempo para leer un dato

Para leer un dato de la pantalla o la memoria RAM en el módulo LCD, se configuran los pines con los estados

lógicos: $RS = 1$, $R/W = 1$, $E = 0$. Indicados los estos lógicos, se procede a cambiar el estado del pin $E = 1$. El nuevo estado de este pin E debe permanecer por lo menos 450 ns antes de volver a cambiar de estado para que la pantalla pueda entender la instrucción.

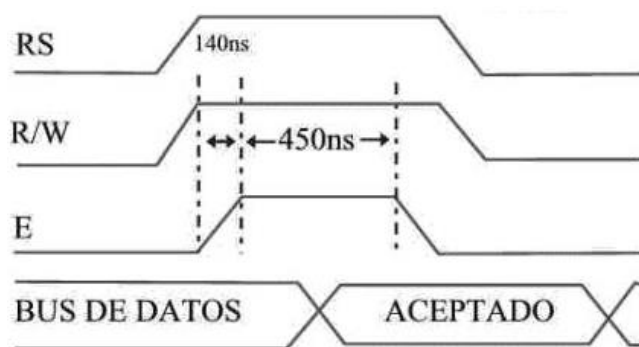


Figura 2.39 Diagrama de tiempo para leer un dato.

En los diagramas de tiempos mostrados en las figuras 2.37, 2.38, y 2.39 el pin E tiene que estar previamente en el estado lógico "0", posteriormente se cambia el estado lógico a "1", en el cual permanecerá por lo menos unos 450 nsg y finalmente vuelve al estado lógico "0", en el preciso momento que el pin E del módulo LCD tiene el flanco de bajada, es cuando se ejecuta la instrucción o el dato presente en el bus de control.

2.3.3.4 Instrucciones del módulo LCD.

Tabla 2.9 Instrucciones generales del módulo LCD.

(Tomado de <http://semiconductor.hitachi.com>)

Instrucción.	CODIGO									
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Borrar Pantalla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cursor Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*
Modo de entrada de caracteres	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Apagado y encendido de la pantalla.	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
Cursor and Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*
Funtion Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*
Set CG RAM address	0	0	0	1	ACG					
Set DD RAM address	0	0	1	ADD						
Ready busy flag & address	0	1	BF	AC						
Write data to CG or DD RAM	1	0	Escribir el Dato							
Read data to CG or DD RAM	1	1	Leer el Dato							

Tabla 2.10 Descripción y tiempos de ejecución de las instrucciones.

Instrucción	Descripción	Tiempo de ejecución
Borrar Pantalla	Borra la pantalla y retorna el cursor a la dirección 0 (Home)	1.64 mS.
Cursor Home	Retorna el cursor al inicio (Dirección 0)	1.64 mS.
Modo de entrada de caracteres	Donde I/D=0 Decrementa la posición del cursor, I/D=1 incrementa la posición del cursor, S=0 El texto de la pantalla no se desplaza, S=1 El texto de la pantalla se desplaza en el momento que se escribe un carácter	40 uS.
Apagado y encendido de la pantalla.	Donde D=0 Pantalla apagada, D=1 Pantalla encendida, C=0 Cursor apagado, C=1 Cursor encendido, B=0 Intermitencia del cursor apagado, B=1 Intermitencia del cursor encendido.	40 uS..
Cursor and Display Shift	Parte superior	40 uS.
Funtion Set	Función Setear	40 uS.
Set CG RAM address	Seleccionar dirección CG RAM	40 uS.
Set DD RAM address	Seleccionar DD RAM	40 uS.
Ready busy flag & address	Leer señal de proceso y dirección	1 uS.
Write data to CG or DD RAM	Escribir datos en CG o DD RAM	120 uS.
Read data to CG or DD RAM	Leer datos en CG o DD RAM	40 uS.

Tabla 2.11 Abreviaturas utilizadas.

(Tomado de <http://www.semiconductor.hitachi.com>)

Nomenclatura	Variable = 1	Variable = 0
I/D	I/D=1 Incrementa el Cursor en una posición	I/D=0 Decrementa el Cursor en una posición.
D	D=1 Pantalla Encendida	D=0 Pantalla Apagada.
C	C=1 Cursor Encendido.	C=0 Cursor Apagado.
B	B=1 Intermitencia del cursor encendida.	B=0 Intermitencia del cursor apagado
S/C	S/C=1 Mover todo el texto.	S/C=0 Mover el cursor.
R/L	R/L=1 Mover todo el texto a la izquierda.	R/L=0 Mover todo el texto a la derecha.
DL	DL=1 Bus de datos de 8 Bits.	DL=0 Bus de datos de 4 Bits.
S	S=1 Desplazamiento del texto.	S=0 No desplazamiento del texto
BF	BF=1 Operación Interna en progreso.	BF=0 No puede aceptar instrucción
F	F=1 Matriz para el carácter de 5 X 10 dots	F=0 Matriz del carácter de 5 x 7 Dost
N	N=1 Activación de dos líneas.	N=0 Activación de 1 línea
DD RAM	Display Data RAM	
CG RAM	Generador de Caracteres RAM	

2.3.3.5 Inicialización del módulo LCD.

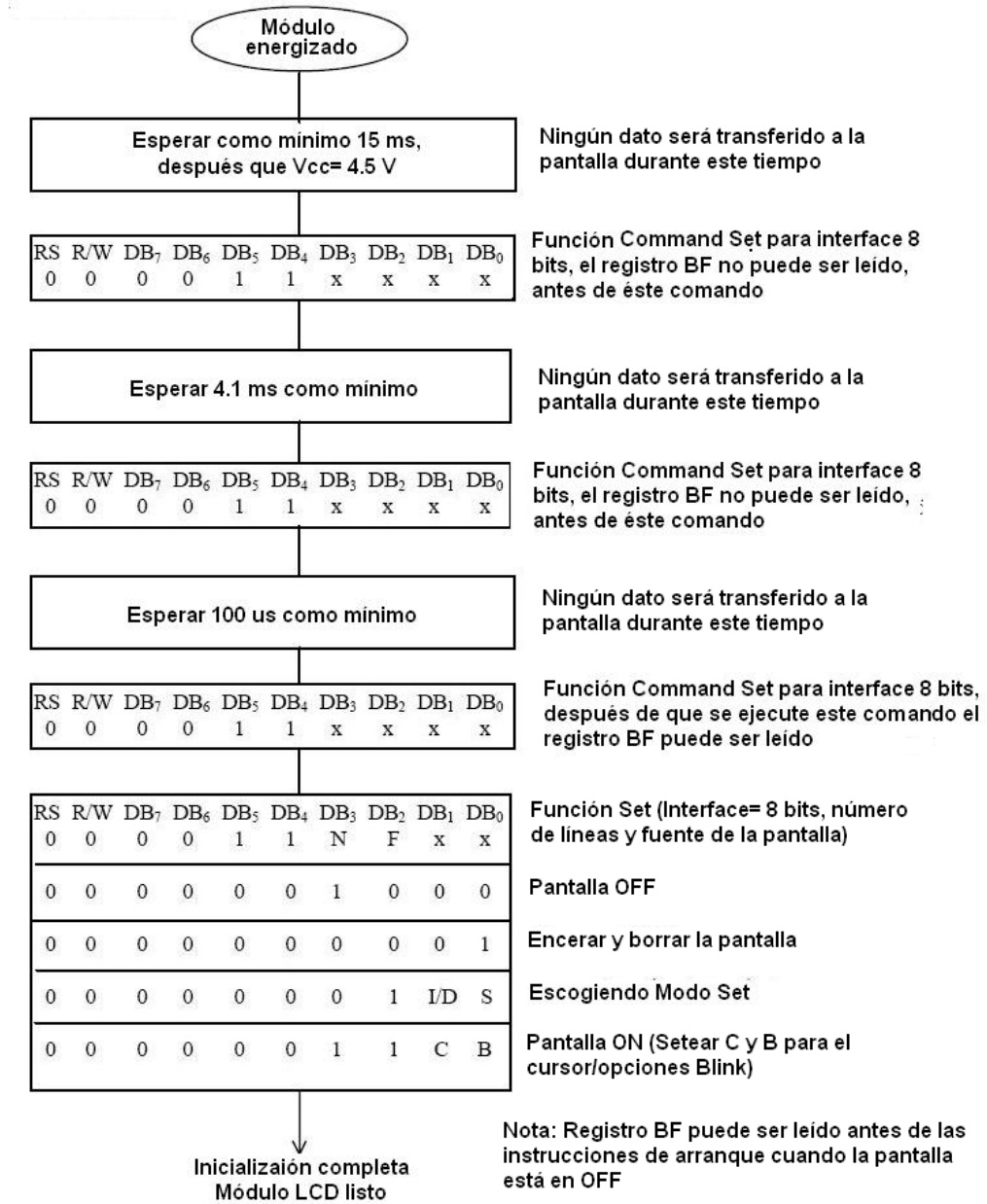


Figura 2.40 Inicialización del módulo LCD para 8 bits.

(Tomado de <http://www.semiconductor.hitachi.com>)

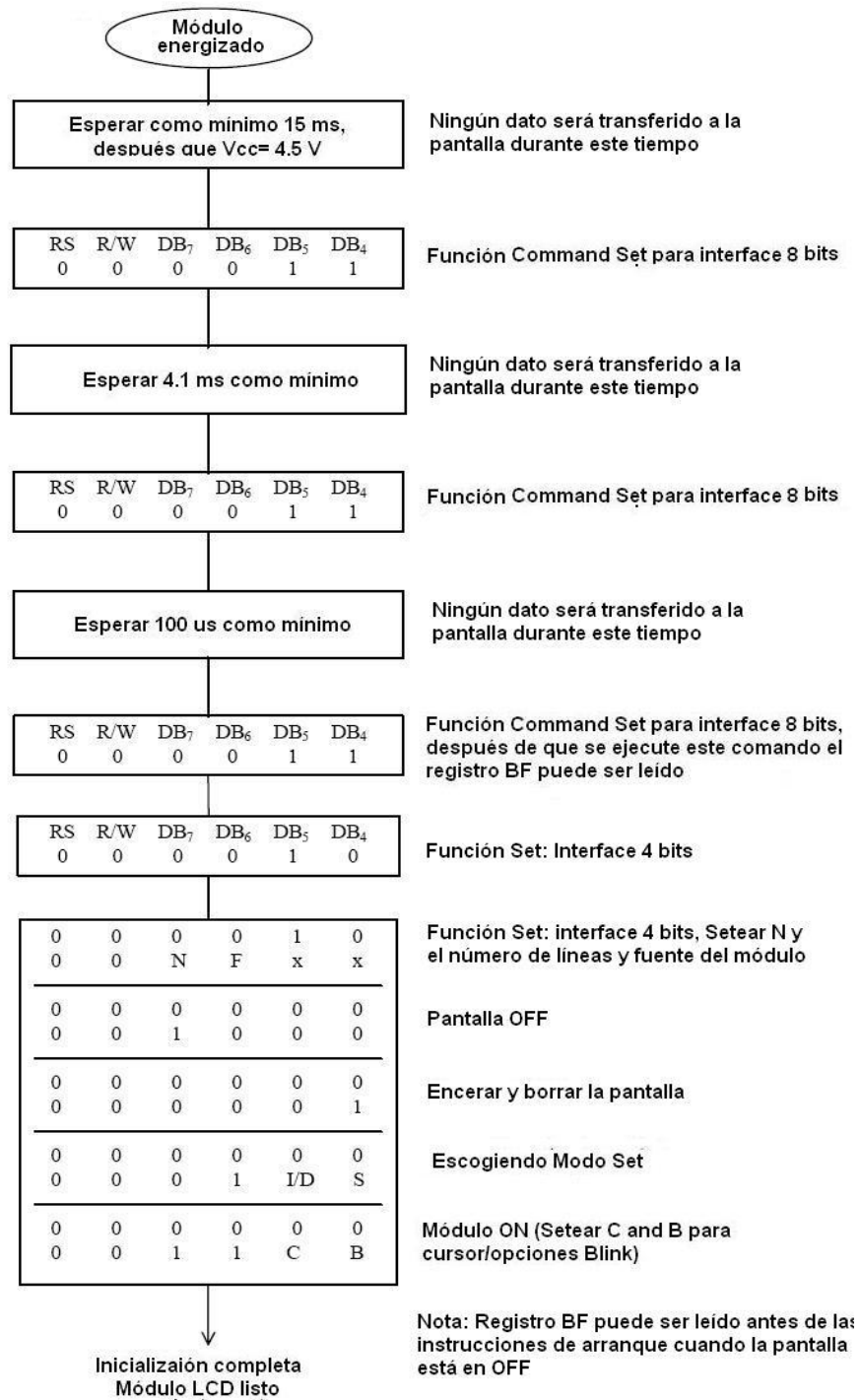


Figura 2.41 Inicialización del módulo LCD para 4 bits.
(Tomado de <http://www.semiconductor.hitachi.com>)

2.3.4 Comunicación entre el microcontrolador y la impresora (diagrama de flujo).

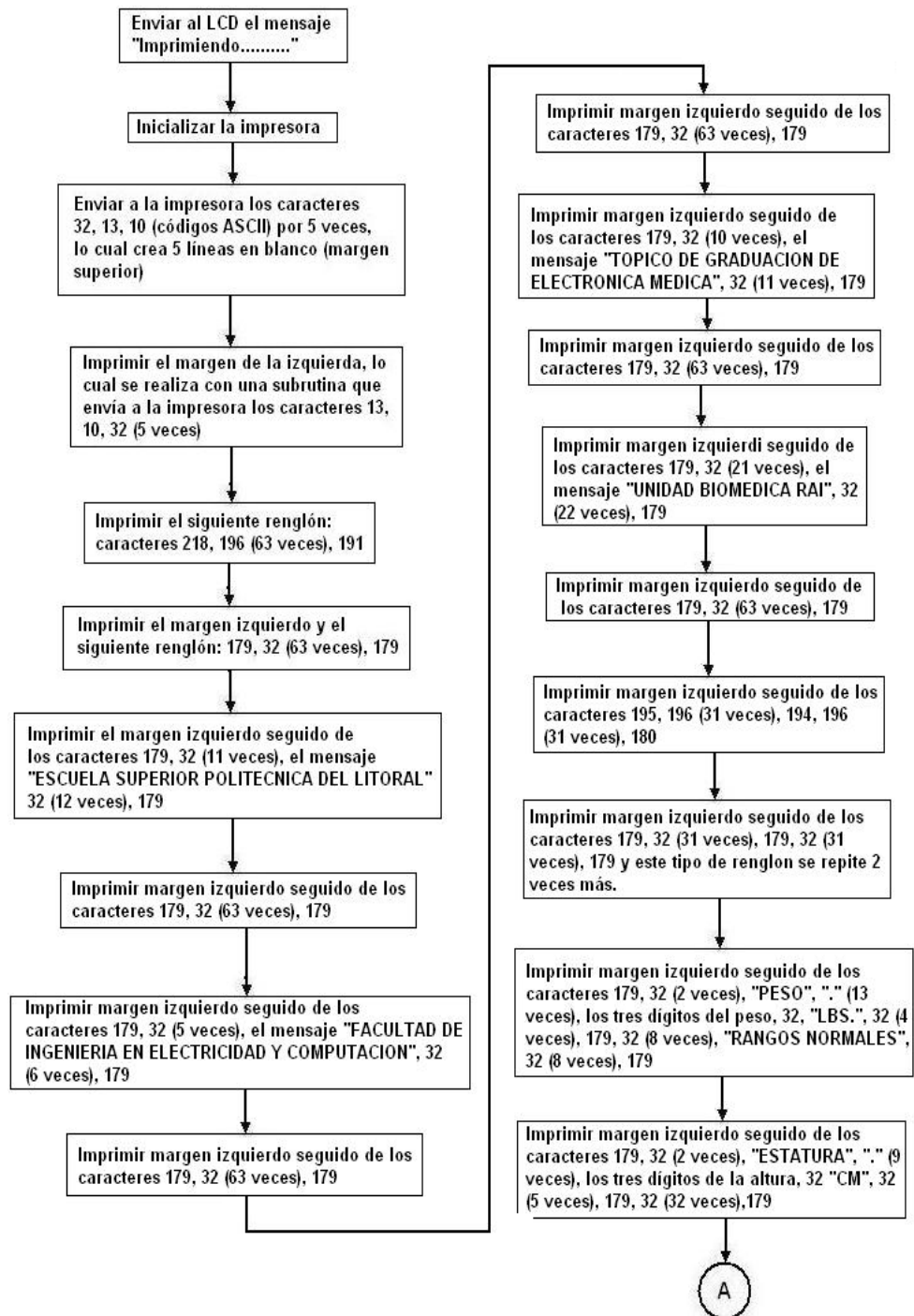


Figura 2.42 Diagrama de flujo del módulo de impresión

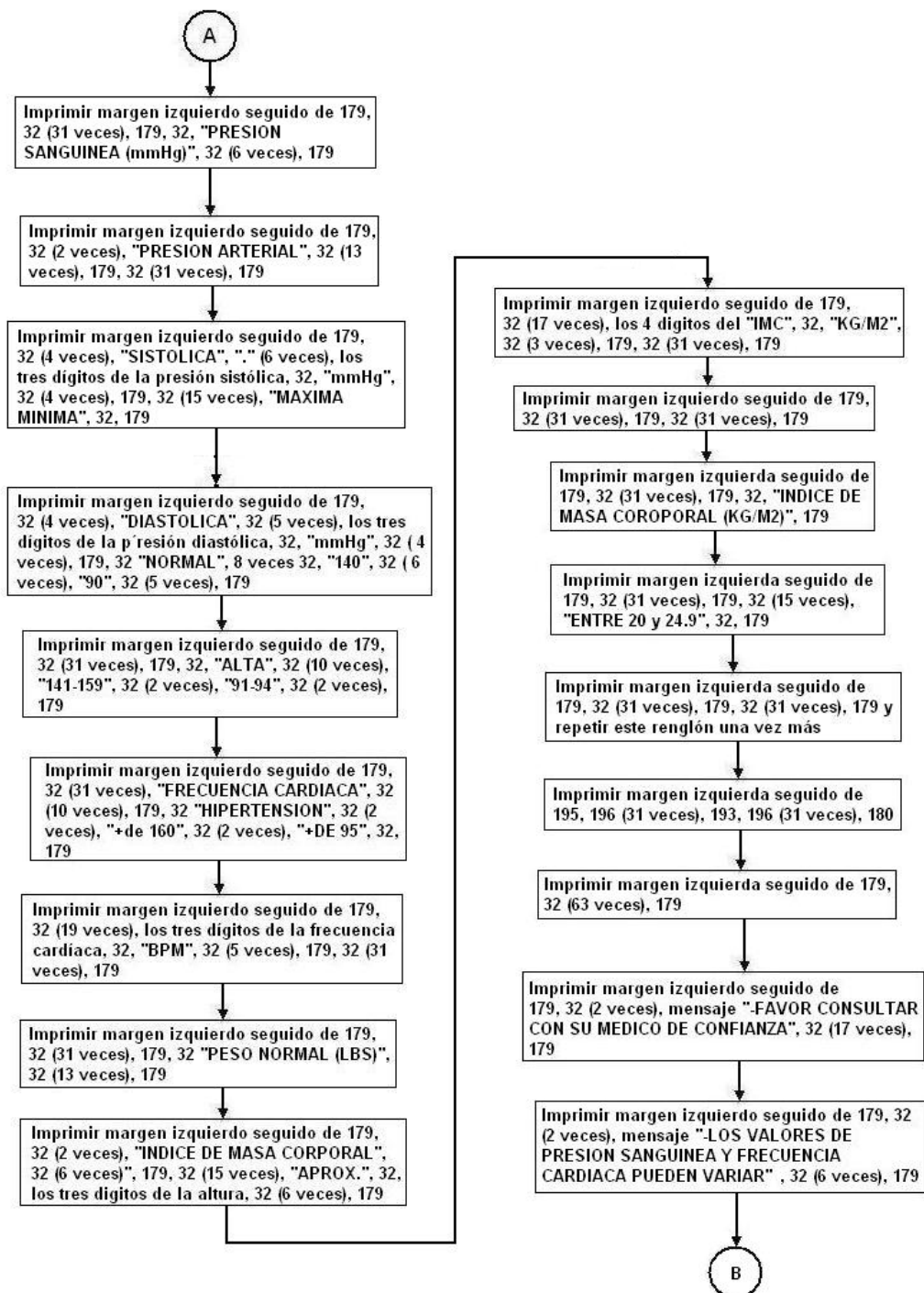


Figura 2.42 Diagrama de flujo del módulo de impresión

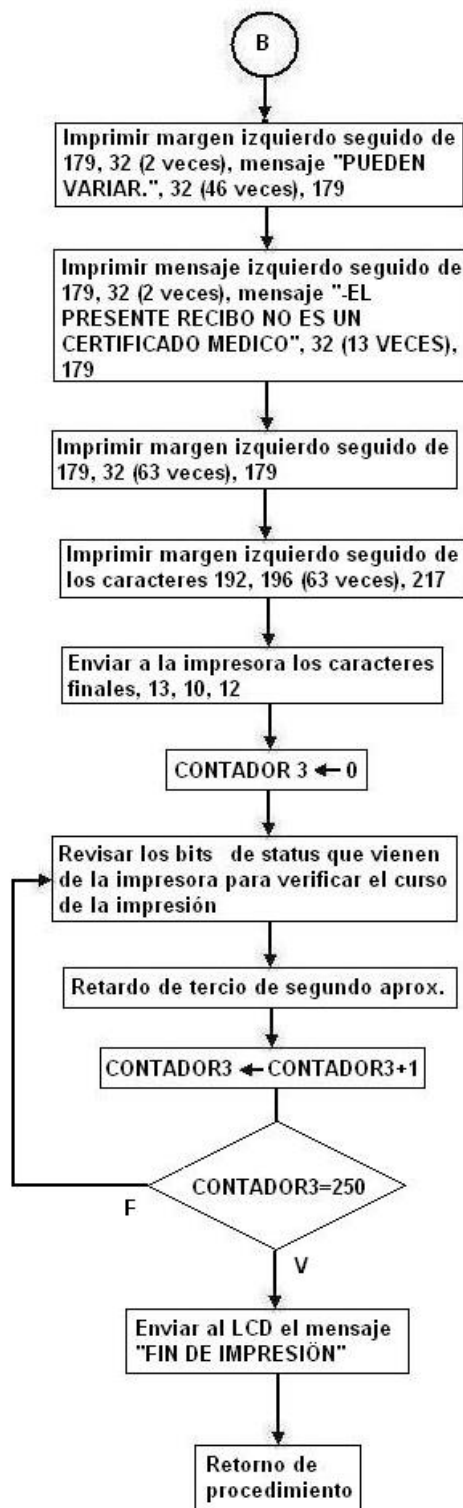


Figura 2.42 Diagrama de flujo del módulo de impresión

2.4 Esquemáticos y LAYOUT de los circuitos que implementan el equipo.

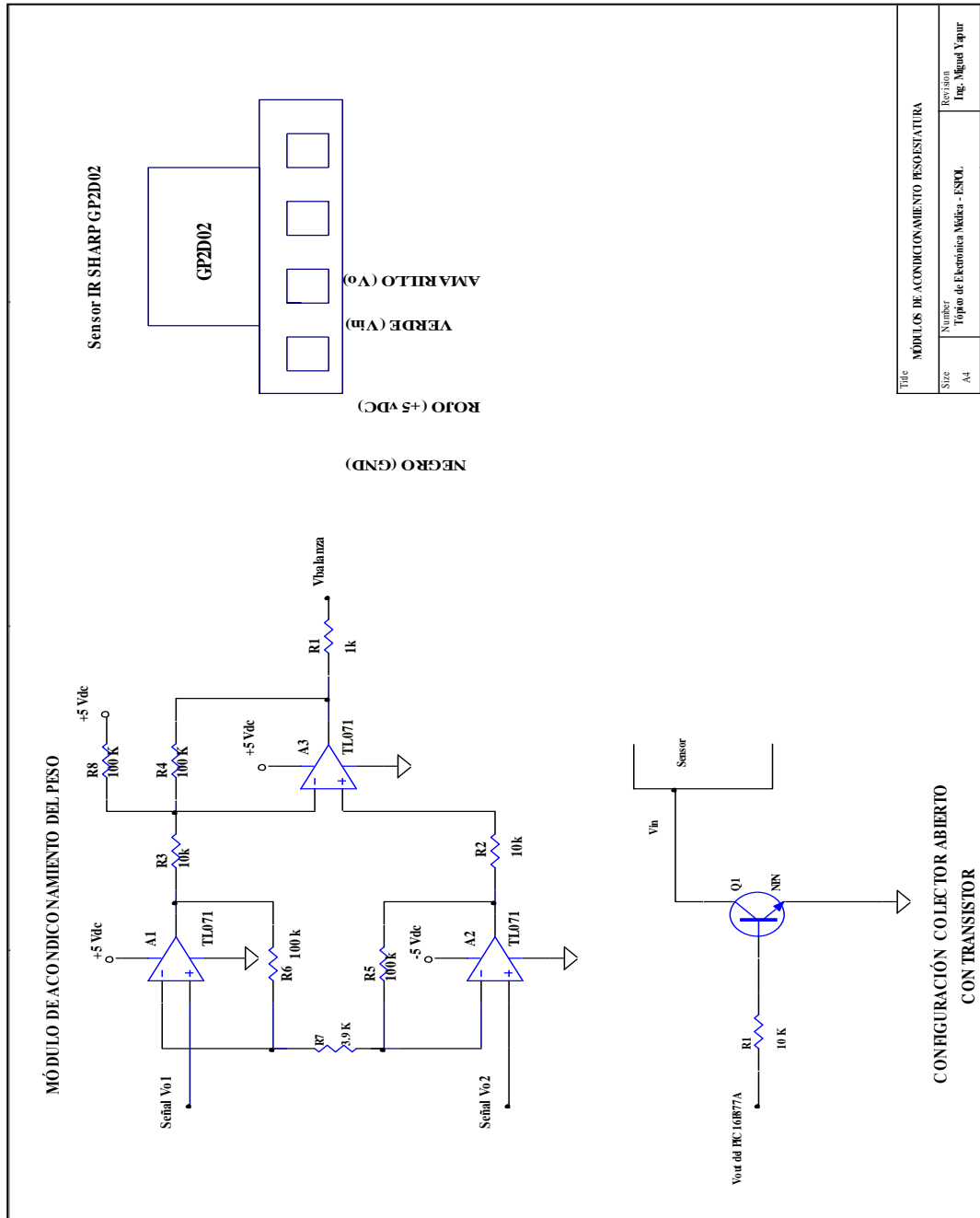


Figura 2.43 Módulo de acondicionamiento del peso-estatura

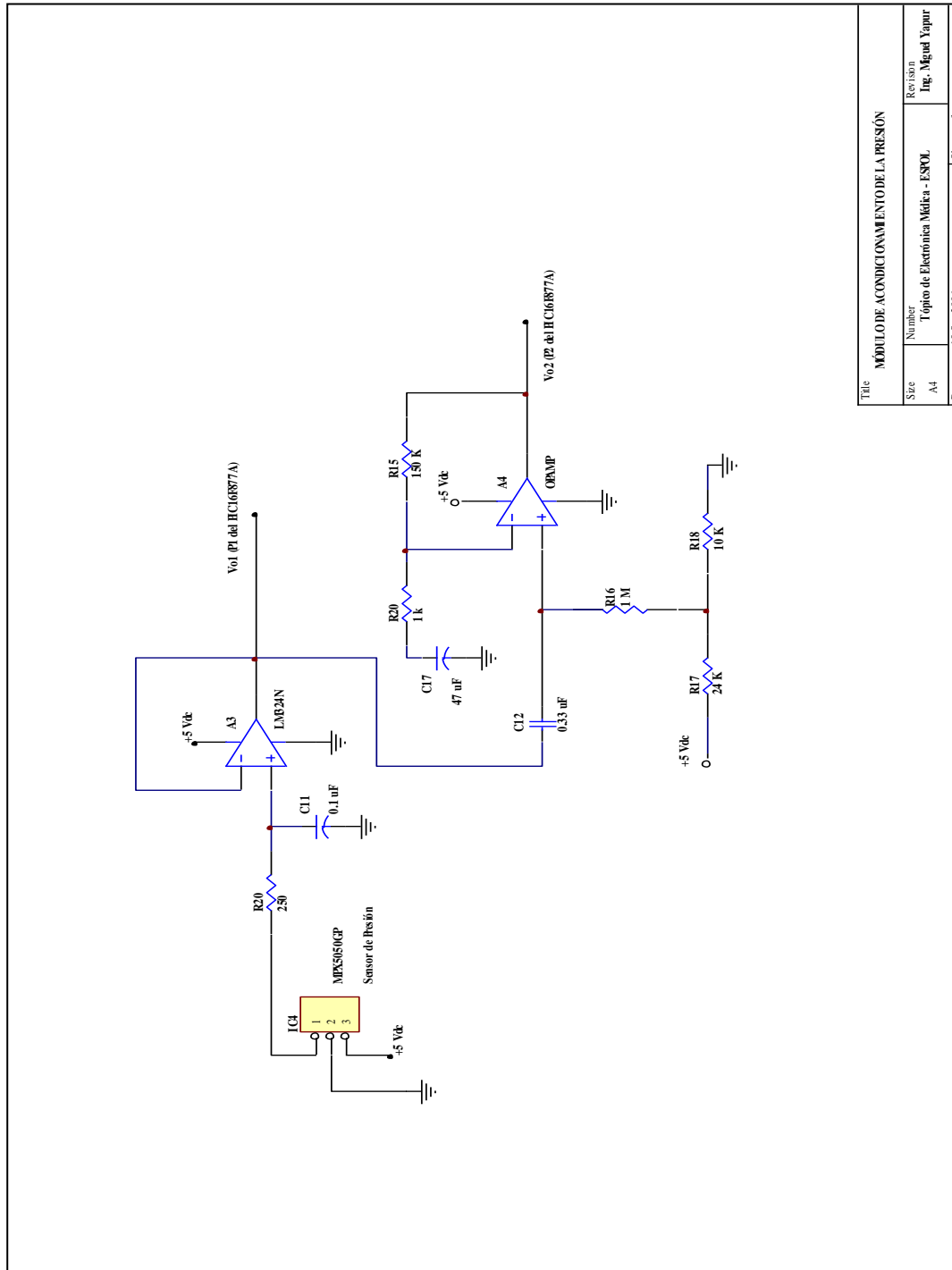


Fig. MÓDULO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA PRESIÓN

Size	Number	Revisión
A4	Tópico de Electrónica Médica - ESPOU	Fig. Miguel Yajour

Figura 2.44 Módulo de acondicionamiento de la presión

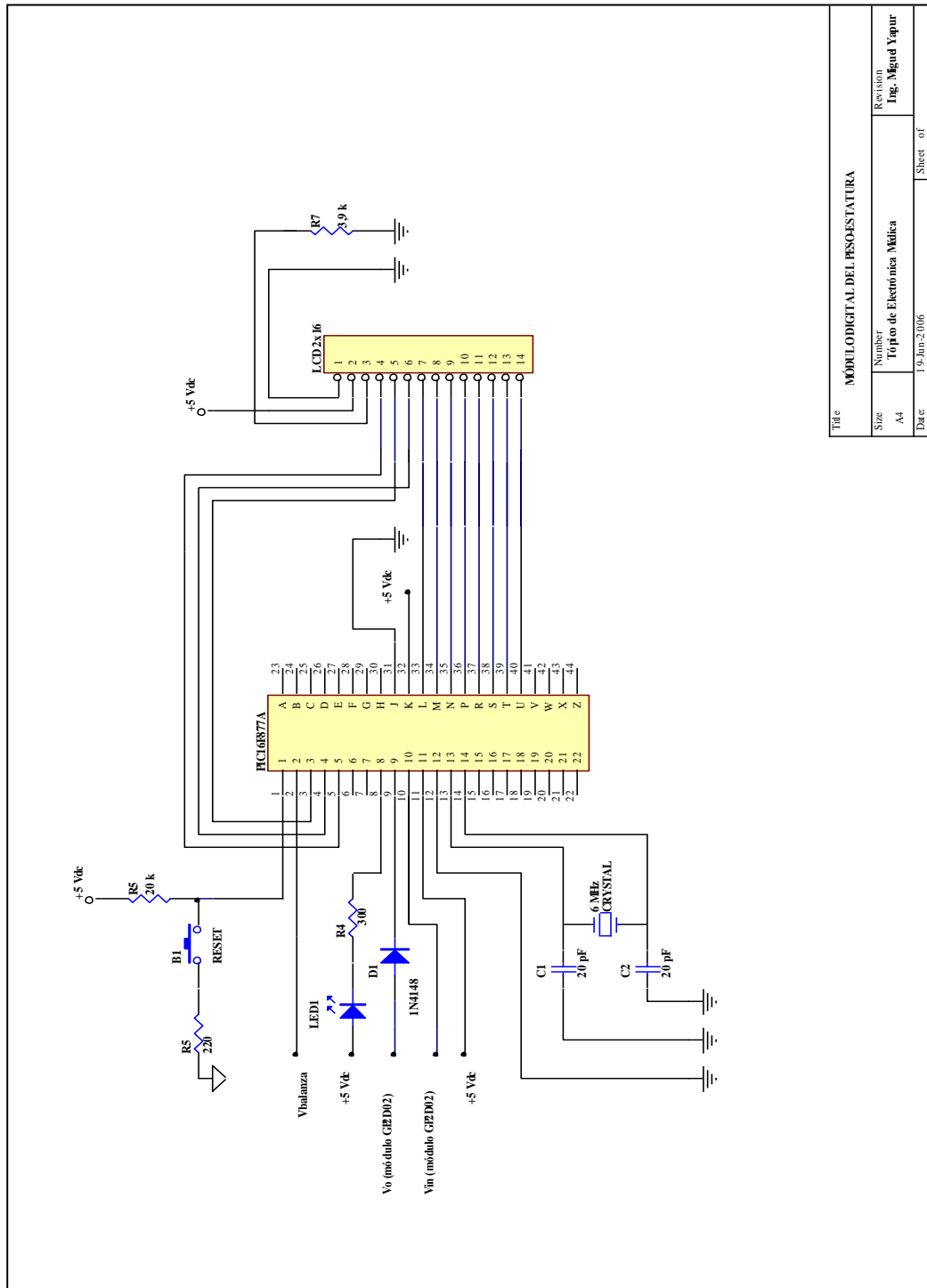


Figura 2.45 Módulo digital del peso-estatura

Title		MÓDULO DIGITAL DEL PESO-ESTATURA	
Size	Number	Revision	
A4	T0	Ing. Miguel Yapur	
Date	19-Jun-2006		Sheet of

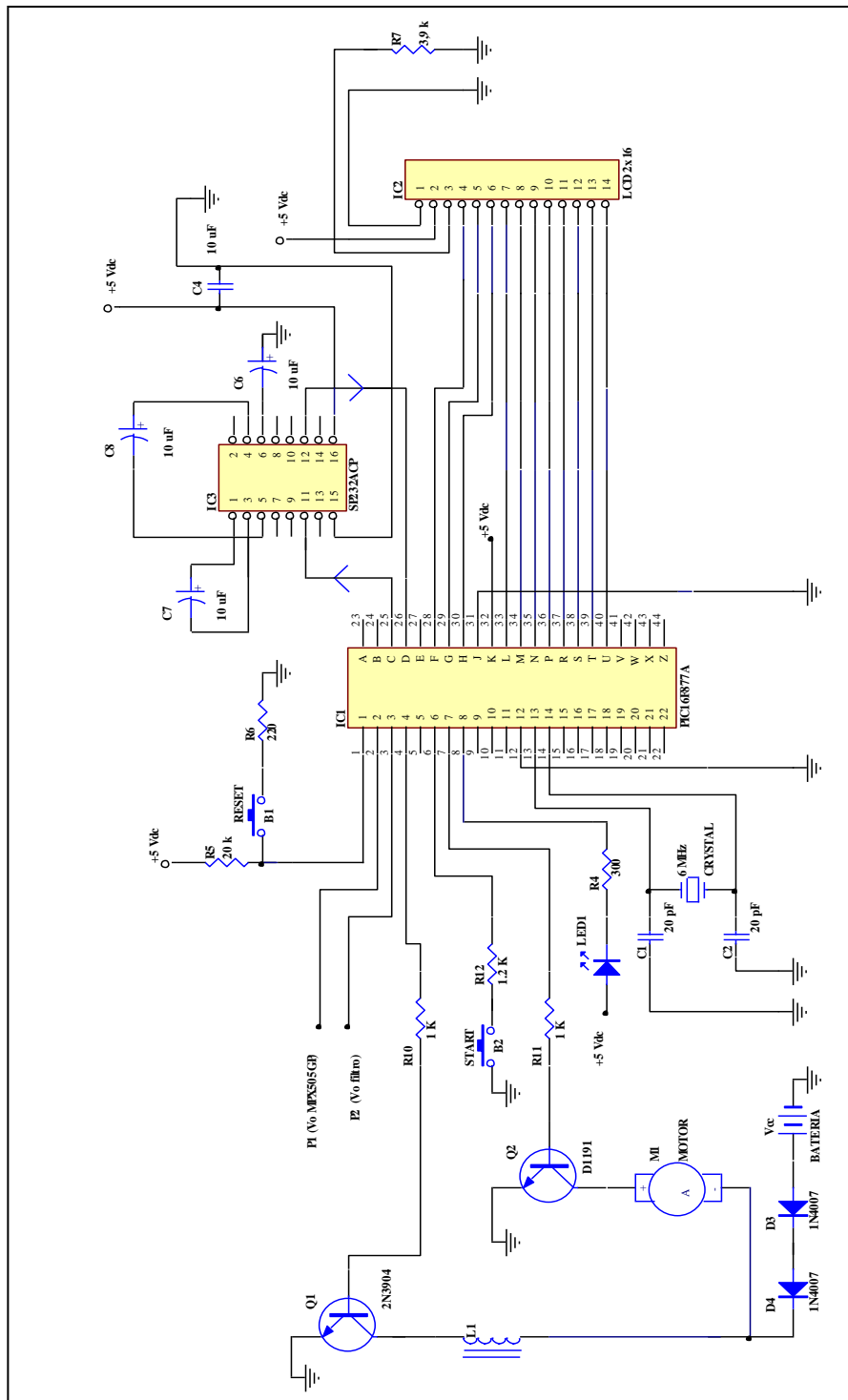
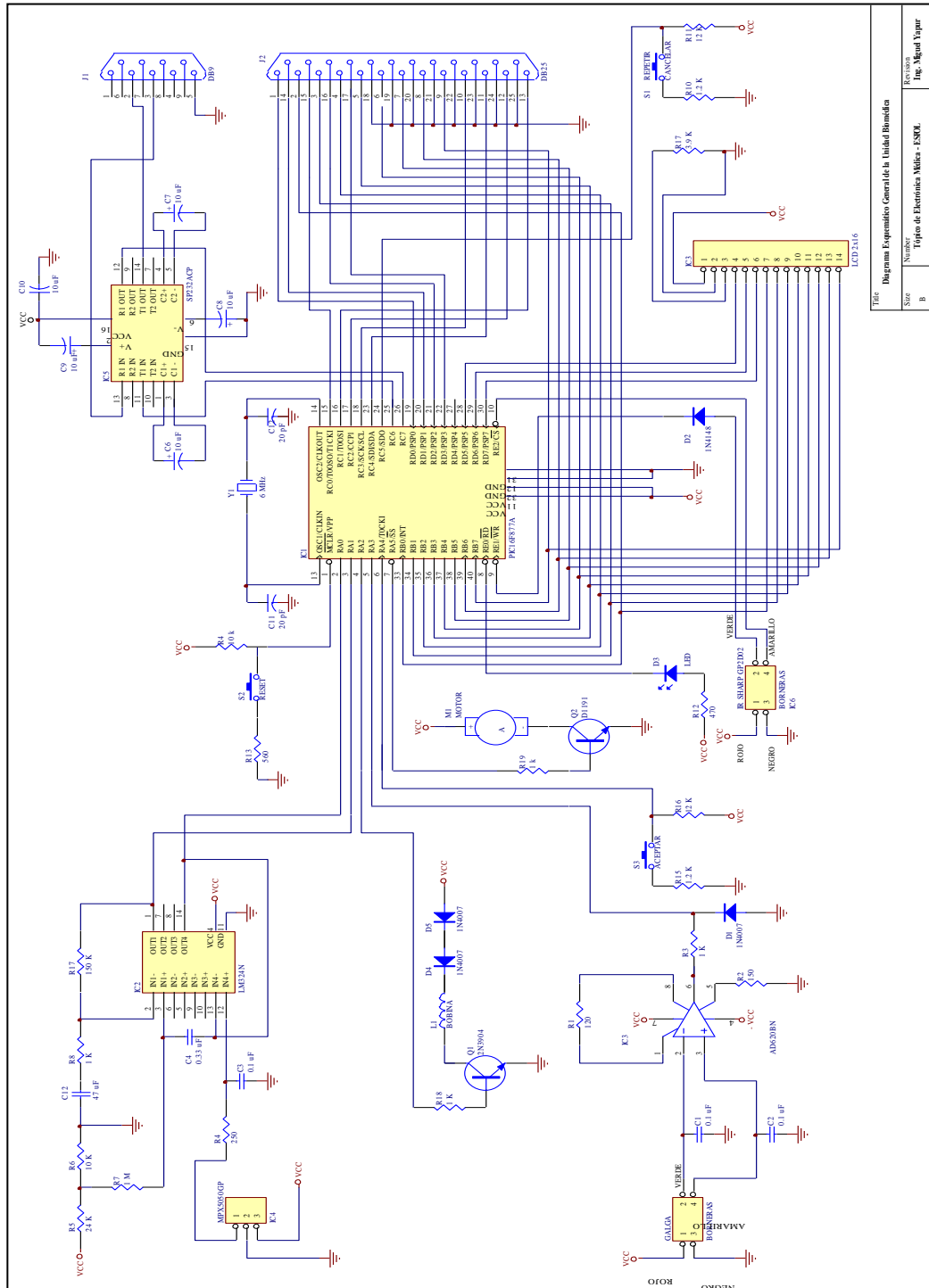


Figura 2.46 Módulo digital de la presión



Título		Diagrama Esquemático General de la Unidad Bordenada	
Sheet	Number	Page	Revision
B		10	Fig. Algoritmo Valor

Figura 2.47 Diagrama esquemático general de la unidad RAI

LAYOUT Y FOTOGRAFADO DEL CIRCUITO GENERAL

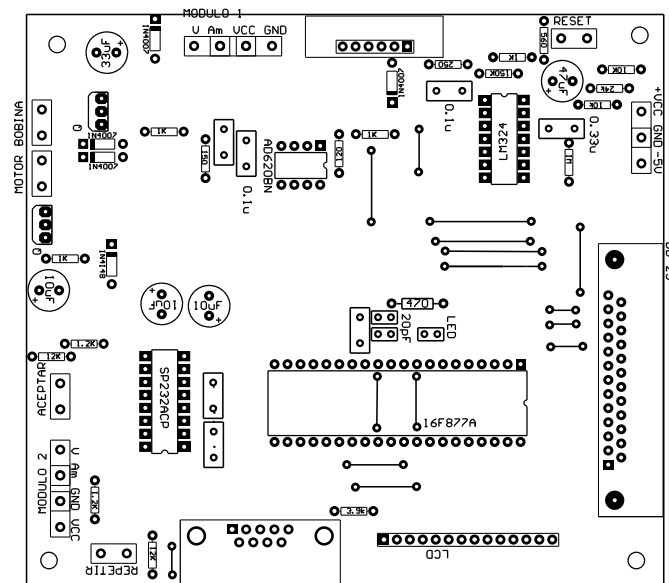


Figura 2.48 Diagrama de posición de elementos en la tarjeta

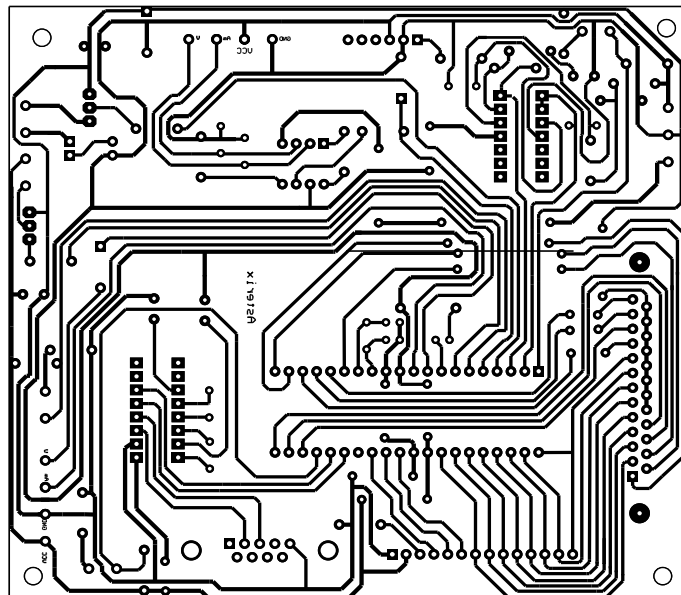


Figura 2.49 Tarjeta de circuito impreso

Tabla 2.12 Lista de elementos

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
IC1	MICROPROCESADOR	PIC16F877A
IC2	AMPLIFICADORES CUADRUPLES	LM324N
IC3	AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACION	AD620BN
IC4	TRANSDUCTOR DE PRESION	MPX5050GP
IC5	COMUNICACIÓN SERIAL	SP232ACP
IC6	SENSOR IR	GP2D02
IC7	MODULO LCD	44780
R1	RESISTENCIA	120 Ω , ¼ w
R2	RESISTENCIA	150 Ω , ¼ w
R3	RESISTENCIA	1 K Ω , ¼ w
R4	RESISTENCIA	250 Ω , ¼ w
R5	RESISTENCIA	24 K Ω , ¼ w
R6	RESISTENCIA	10 K Ω , ¼ w
R7	RESISTENCIA	1 M Ω , ¼ w
R8	RESISTENCIA	150 K Ω , ¼ w
R9	RESISTENCIA	1 K Ω , ¼ w
R10	RESISTENCIA	1.2 K Ω , ¼ w
R11	RESISTENCIA	12 K Ω , ¼ w
R12	RESISTENCIA	470 Ω , ¼ w
R13	RESISTENCIA	560 Ω , ¼ w
R14	RESISTENCIA	10 K Ω , ¼ w
R15	RESISTENCIA	1.2 K Ω , ¼ w
R16	RESISTENCIA	12 K Ω , ¼ w
R17	RESISTENCIA	3.9 K Ω , ¼ w
R18	RESISTENCIA	1 K Ω , ¼ w
R19	RESISTENCIA	1 K Ω , ¼ w
C1	CAPACITOR CERAMICA	0.1 μ F
C2	CAPACITOR CERAMICA	0.1 μ F
C3	CAPACITOR CERAMICA	0.1 μ F
C4	CAPACITOR CERAMICA	0.33 μ F
C5	CAPACITOR CERAMICA	47 μ F

ELEMENTO	DESCRIPCION	VALOR
C6	CAPACITOR POLARIZADO	10 μ F/25 V
C7	CAPACITOR POLARIZADO	10 μ F/25 V
C8	CAPACITOR POLARIZADO	10 μ F/25 V
C9	CAPACITOR POLARIZADO	10 μ F/25 V
C10	CAPACITOR POLARIZADO	10 μ F/25 V
C11	CAPACITOR CERAMICA	20 pF
C12	CAPACITOR CERAMICA	20 pF
Y1	CRISTAL DE CUARZO	6 MHz
D1	DIODO	1N4007
D2	DIODO	1N4148
D3	DIODO	1N4007
D4	DIODO	1N4007
D5	DIODO	1N4007
Q1	TRANSISTOR NPN	2N3904
Q2	TRANSISTOR NPN	D1191
J1	CONECTOR DB-9	
J2	CONECTOR DB-25	
S1	PULSADOR REPETIR	
S2	PULSADOR RESET	
S3	PULSADOR ACEPTAR	

CAPÍTULO 3

MANUAL DE USUARIO DE LA UNIDAD BIOMÉDICA RAI

En el presente capítulo se describirá físicamente a la Unidad Biomédica RAI, así como el procedimiento necesario para realizar las respectivas mediciones de presión sanguínea, frecuencia cardíaca, estatura y peso.

3.1 Fotografía y descripción física del equipo

El armazón de la unidad está realizado con ángulo de hierro negro y cubierto con pintura tipo laca de color crema. En la base del equipo se encuentra la fuente de voltaje, cuyo voltaje de alimentación es de 110 V_{AC} y su voltaje de salida es de +12 V_{DC} y -5 V_{DC}, dichos voltajes son requeridos por los sensores para ser energizados. Además en la base se encuentra la balanza, donde llegan cuatro señales desde la placa del circuito (+V_{CC}, GND, V⁺, V⁻).



Figura 2.50 Unidad Biomédica RAI



Figura 2.51 Fuente de voltaje (base del equipo).

En la figura 2.52 se exhibe la base donde se encuentra la placa principal, además se aprecia el brazal y la impresora.



Figura 2.52 Vista lateral de la Unidad Biomédica RAI

En la parte posterior (Figura 2.53) se observa el cable de la impresora y el ventilador, para evitar el exceso de temperatura en los componentes de la placa. En la placa se puede apreciar un diodo led de color verde, el cual oscila mientras que el proceso de medición esté en curso, el diodo es un indicador de que la placa se encuentra energizada.



Figura 2.53 Vista posterior de la unidad

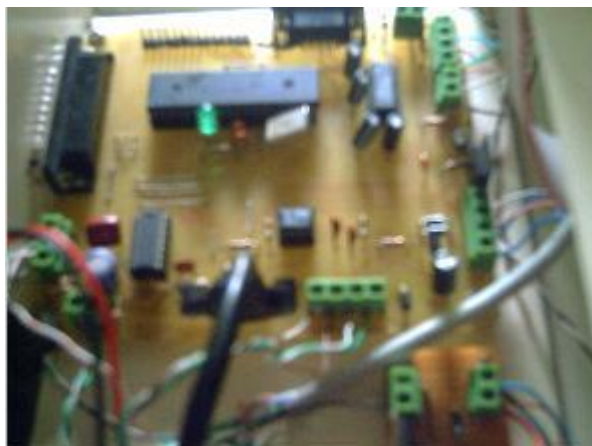


Figura 2.54 Placa del circuito con elementos montados.

En la figura 2.55 se exhibe la pantalla LCD donde se exhiben los mensajes que ayudarán al usuario, la pantalla está conectada a la placa mediante un bus de datos. En la figura 2.56 se observa el proceso de impresión.



Figura 2.55 Pantalla LCD y botoneras



Figura 2.56 Proceso de impresión.

La placa del circuito consta con un terminal DB-25, mediante el cual la impresora es conectada y los datos son enviados para su posterior impresión, en la figura 2.57 se muestra la placa y el terminal DB-25, mientras que en la figura 2.58 se exhibe el sensor infrarrojo.

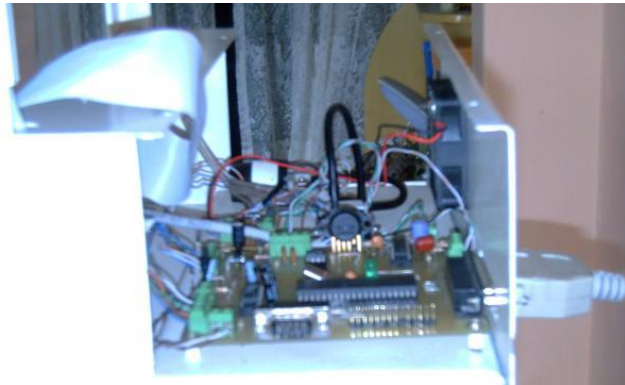


Figura 2.57 Vista lateral de la placa del circuito.



Figura 2.58 Vista superior de la unidad donde consta el sensor infrarrojo.

3.2 Especificaciones del funcionamiento del teclado

Las botoneras con que cuenta el equipo, cumplen una función específica, que en cada pantalla exhibida en el LCD (mensaje), ayudan al usuario a la realización efectiva.

Las botoneras se encuentran ubicadas en la parte frontal del equipo (junto a la pantalla LCD), además pueden ser identificadas con una rotulación en la parte superior.

La botonera “RESET” reinicia el equipo, puede ser presionada en cualquier momento de la medición, con lo cual el equipo se reinicia.

La botonera “ACEPTAR” solo debe ser presionada si el usuario se encuentra listo para la medición y cumple con las recomendaciones para dichas mediciones.

La botonera “CANCELAR” solo cumple la función de inhabilitar el proceso de impresión, es decir, solo reinicia el proceso sin enviar los datos a la impresora.

3.3 Procedimiento para realizar las respectivas mediciones de presión sanguínea, frecuencia cardíaca, estatura y peso.

Las mediciones a realizarse deben efectuarse con el siguiente procedimiento, evitando posibles mediciones erróneas.

Al conectar el equipo a la red eléctrica, se debe presionar el interruptor principal, el cual se encuentra ubicado en la base del equipo en la parte posterior.

Al energizar el circuito, presione la botonera "RESET", con lo cual todas las variables utilizadas con anterioridad se enceran y el equipo queda listo para las mediciones.

Los primeros parámetros medidos son del peso y la estatura; a continuación se exhibe en la pantalla LCD: "SUBASE A LA BASCULA...", el usuario debe colocarse erguido sobre la báscula y esperar que en la pantalla se exhiban los valores de peso y estatura medidos; el equipo al detectar peso realiza automáticamente las mediciones, además en el procedimiento se calcula el Índice de Masa Corporal. El usuario debe presionar la botonera "ACEPTAR", para continuar con la rutina de medición y los valores son almacenados en la memoria del microcontrolador para su posterior impresión.

Al iniciar la medición de la presión sanguínea, se exhibe el mensaje “MEDICION PRESION” y a continuación “COLOQUESE EL BRAZAL”, el usuario debe estar sentado y relajado, se colocará el brazal a nivel del corazón y se evitará movimiento alguno. Se presiona la botonera “ACEPTAR” y el motor comienza a funcionar inflando el brazal y ocluyendo la arteria del brazo.

El usuario sentirá una leve molestia en el brazo, lo cual es necesario para la detección de los pulsos del corazón. El brazal es inflado hasta una presión de 220 mmHg, el motor se apaga y el brazal se desinfla. En esta parte el usuario no debe mover el brazo, ya que el movimiento influye en las mediciones con lo que pueden ser erróneas. La respiración del usuario debe ser normal sin agitación ni contención.

Al finalizar la medición se muestra en la pantalla del LCD, los valores de la presiones sistólica, diastólica, media y frecuencia cardíaca durante 5 segundos, a continuación exhibe el mensaje: “PRESION MEDIDA: ACEPTAR / REPETIR ?”. El usuario tiene la opción de repetir la medición de la presión arterial, si presiona el botón “REPETIR”, el equipo repite el procedimiento descrito y el usuario deberá tener en cuenta las consideraciones descritas.

Si el usuario presiona la botonera “ACEPTAR”, los valores de las presiones son almacenados en la memoria, luego se exhibe el

mensaje “DESEA IMPRIMIR?”. Al presionar “IMPRIMIR” el equipo envía los datos guardados con anterioridad y se imprimen los valores con el formato descrito.

Al presionar “CANCELAR”, los datos son eliminados y el equipo se reinicia. Si la botonera “RESET” se presiona en cualquier instante del procedimiento el equipo vuelve al estado inicial y los valores almacenados en la memoria son eliminados.

Si la impresora no cuenta con papel, los datos no se eliminan, se coloca papel y presione el botón “RESUME”, propio de la impresora, con lo cual se reinicia el proceso de impresión.

En el registro impreso se encuentran los valores medidos durante el procedimiento, además los valores estándares o rangos normales, además se recalca que el registro no es un certificado médico.

A continuación se muestra el formato del registro impreso de los datos.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL		
FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN		
TÓPICO DE GRADUACIÓN DE ELECTRÓNICA MÉDICA		
UNIDAD BIOMÉDICA RAI		
RANGOS NORMALES		
Peso.....	168 lbs.	Presión Sanguínea (mmHg)
Estatura.-.....	176 cm.	
Presión arterial		Máxima Mínima
Sistólica.....	135 mmHg	Normal 140 90
Diastólica.....	85 mmHg	Alta 141-159 91-94
		Hipertensión + de 160 + de 95
Frecuencia cardíaca		Peso normal (lbs)
	60 bpm	Aprox. 170
Índice de Masa Corporal		Índice de Masa Corporal (kg/m ²)
	24.65 kg/m ²	Entre 20 y 24.9
<ul style="list-style-type: none"> • Favor consultar con su médico de confianza • Los valores de presión sanguínea y frecuencia cardíaca pueden variar. • El presente recibo no es un certificado médico. 		

Figura 2.59 Formato de impresión

3.4 Posibles condiciones de falla y recomendaciones.

Problema: *No enciende pantalla LCD*

Posibles soluciones:

- Verificar si el interruptor se encuentra en estado ON.
- Verificar si el equipo se encuentra conectado al tomacorriente.
- Verificar el voltaje en el tomacorriente (120 Vac).

Problema: *El interruptor está "ON" y el equipo no funciona.*

Posibles soluciones:

- Verificar si el equipo se encuentra conectado al tomacorriente.
- Verificar continuidad en el interruptor.

Problema: *La impresora no enciende.*

Posibles soluciones:

- Verificar si la impresora se encuentra conectado al tomacorriente y el cable de fuerza a la impresora.
- Verificar el voltaje en el tomacorriente (120 Vac).

Problema: *La impresora está "ON" pero no imprime.*

Posibles soluciones:

- Verificar si hay papel en la bandeja de la impresora.
- Verificar si está conectado el cable de red (DB-25) a la impresora y al equipo.

Problema: *No mide de forma correcta la estatura.*

Posibles soluciones:

- Verificar si el usuario usa el gorro adecuado para la medición.
- Manténgase erguido y relajado.
- Verificar si el sensor IR no se encuentra desubicado.

Problema: *No mide de forma correcta la presión arterial.*

Posibles soluciones:

- El usuario debe estar sentado y relajado antes de realizar la medición.
- El brazal debe estar al nivel del corazón y bien ajustado.
- El usuario no debe moverse durante la medición.
- Verificar la conexión del sistema de presión (mangueras).

Problema: *No exhibe los valores del peso y la estatura.*

Posibles soluciones:

- Verificar si los sensores están energizados, caso contrario verificar la tarjeta.

Problema: *Se repiten los problemas anteriores.*

Posibles soluciones:

- Reiniciar el equipo, apagarlo, esperar cinco minutos y encenderlo de nuevo, presione el boton RESET, caso contrario se debe reprogramar el PIC y verificar las conexiones del sistema.

CONCLUSIONES

- El manejo de los microcontroladores constituye un avance en el control de procesos, en la actualidad la funcionalidad y características de estos circuitos integrados hacen que estos dispositivos sean utilizados por la mayoría de los programadores.
- El control médico es indispensable y sólo la auscultación oportuna previene enfermedades cardiovasculares, denominadas “silenciosas” que no presentan síntomas hasta un grado avanzado y crítico de la enfermedad.
- La aplicación de los conocimientos adquiridos en el desarrollo del proyecto, resalta la versatilidad y la relación entre cada una de los campos estudiados, por lo cual la formación de los futuros profesionales no debe centrarse en una especialización específica.

RECOMENDACIONES

- Por seguridad y correcto funcionamiento, el equipo debe estar bien asentado sobre una superficie plana y estable, además evitar que el equipo se encuentre cerca de fuentes de calor y/o no exponer el equipo a la luz solar directa.
- Verificar si el equipo se encuentra apto para el tipo de tensión a aplicarse (110 V - 120 V) y utilizar enchufes con toma de tierra y/o no conectar otros equipos al mismo tomacorriente del equipo
- Evitar las salpicaduras y la caída de agua sobre el equipo. Para limpiar el equipo desconectar el enchufe de la toma principal, de esta forma se evitara descargas eléctricas. No manipular el cable de fuerza con las manos húmedas.
- Para las mediciones de la estatura el recomendable que el usuario se encuentre totalmente erguido y relajado, de esta forma el equipo detecta la altura real de la persona.

- Para la medición de la presión arterial, el usuario debe encontrarse sentado y relajado (10 minutos de reposo), para evitar lecturas erróneas, en el momento en que el brazal se desinfla es importante evitar el movimiento del brazo, por lo que produce ruido y afecta las mediciones de forma directa. El brazo debe encontrarse extendido y el brazal a nivel del corazón.

- Con respecto a la manipulación y polarización de los elementos, considerar las especificaciones y recomendaciones de los fabricantes, con lo cual se evita que malas conexiones dañen los mismos.

- En la programación del PIC, respetar los formatos de las instrucciones del compilador, así como, evitar el exceso de anidamiento de subrutinas y añadir comentarios en cada tarea para que la revisión posterior se realiza de forma ágil. Se debe escoger el PIC de acuerdo a la aplicación (velocidad y capacidad de memoria), de esta forma se optimizan los recursos del microcontrolador.

- En el manejo del módulo LCD, tener en cuenta las instrucciones, así como los diagramas de tiempo y pines de control, evitando posibles fallas en el programa; además revisar la lógica de los elementos (positiva o negativa).

- Entre las mejoras que se deben realizar al equipo, son el aumento del número de parámetros de medición; por ejemplo índice de grasa corporal, ingreso de edad, sexo, registro histórico, etc., para ello se requiere de mayor memoria y circuitos adicionales.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ambrosi P., Farhat Y., Yapur M., *Transductores y Electrodo*s, Folleto Técnico, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1997.
- [2] Analog Devices, *Datasheet del IC AD620BN*, disponible en:
http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/897653854AD620_g.pdf
- [3] Boylestad R., Nashelsky L., *Electrónica – Teoría de Circuitos*, Sexta Edición, Prentice-Hall, 1997.
- [4] Bryant C., Cooper M., DeHennis A. , *Analysis of Invasive and Non-Invasive blood Pressure Signals.*, BME458 Final Project Report.- Winter 2001.
- [5] Chua C. S., Siew Mun Hin, *Digital Blood Pressure Meter*, Sensor Application Engineering Freescale Semiconductor Singapore - AN1571,
http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN1571.pdf

- [6] Coughlin R., Driscoll F., *Amplificadores Operacionales y circuitos integrados lineales*, Quinta edición, Prentice-Hall, 1999.
- [7] Drzewiecki G., Hood R., Apple H., *The Biomedical Engineering Handbook*, Segunda Edición, Brozin, 1999.
- [8] Gómez Virgilio, *El puerto paralelo de la PC*, 1999,
<http://www.modelo.edu.mx/univ/virtech/circuito/paralelo.htm>
- [9] Hernández Antonio, *Intensidades de la frecuencia cardíaca*, 2006,
<http://www.i-natación.com/contenidos/articulos/fisiología/fc/fc.html>
- [10] Hitachi Semiconductor, *Datasheet del LCD*, disponible en:
<http://semiconductor.hitachi.com/products/pdf/99rtd006d2.pdf>
- [11] Jacob J. M., *Applications and design with analog integrated circuits*,
Second Edition, Regents/Prentice-Hall, 1993
- [12] Microchip Corporation, *Datasheet del PIC16F877A*, disponible en:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en//DeviceDoc/39582b.pdf>
- [13] Microsoft Corporation, *Tabla de Caracteres ASCII*, 2005,

<http://office.microsoft.com/es-hn/assistance/HA011331363082.aspx>

[14] Motorola Inc., *Datasheet del MPX5050GP*, disponible en:

http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5050GP.pdf

[15] National Instruments, *Acondicionamiento para señales de galgas extensiométricas*, 2006,

<http://zone.ni.com/devzone/devzone.nsf/webcategories/8422E32640DC0C448625684A004EBF2>

[16] Orozco Mauricio, *Control de un módulo LCD*, 2003,

<http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyVFEKEEVEBKJYS|Y.php>

[17] Redoique A. / Schlutz W., *Noise considerations for Integrated Pressure Sensors*, Sensor Application Engineering Freescale Semiconductor – AN1571,

http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN1646.pdf

[18] Rueda Luis, *Principios Básicos del Puerto Paralelo*, 2006,

<http://r-luis.xbot.es/puerto/index.html>

[19] Ruso R., Ramos J., Batista O., Del Rey R., *Una implementación*

efectiva del método oscilométrico para la medición de la presión arterial.- Instituto Central de Investigación Digital - Habana – Cuba,
<http://www.hab2001.sld.edu/arrepdf/00421.pdf>

[20] Schilling D., Belove C., *Circuitos Electrónicos- Discretos e integrados*, Tercera edición, McGraw-Hill, 1993.

[21] SHARP, *Datasheet del sensor GP2D02*, disponible en:
<http://www.superrobotica.com/downloads/sharp/gp2d02.pdf>

[22] Vanden Leandro, *Sistemas de computación-Resumen de Impresoras*, 1999,
<http://www.monografias.com/trabajos5/rsudeimp/resudeimp/.shtml>

APÉNDICE A

DESCRIPCIÓN TEÓRICA DE LOS PARÁMETROS FISIOLÓGICOS

Apéndice A.

A.1 La Presión Sanguínea.

A.1.1 El corazón y el sistema cardiovascular.

El corazón se puede considerar como una bomba de dos etapas, dispuestas físicamente pero con el torrente sanguíneo atravesándolas en serie. El corazón es el responsable de imprimir la suficiente fuerza o presión a la sangre para que ésta circule asegurando el adecuado aporte de oxígeno a todas las células del organismo.

La mitad derecha del corazón, conocida como *corazón derecho*, es la bomba que suministra sangre a los pulmones para que se oxigene, mientras que el *corazón izquierdo* suministra sangre al resto del sistema. Las vías por donde circula el flujo sanguíneo a través de los pulmones se denominan *circulación pulmonar* y el sistema circulatorio que provee de oxígeno a las células del organismo se denomina *circulación mayor*. Así pues:

La *circulación pulmonar* recibe sangre desoxigenada proveniente del corazón derecho y la transporta a los pulmones donde se oxigena y vuelve al corazón izquierdo.

La *circulación mayor* transporta al resto del cuerpo la sangre que viene oxigenada del corazón izquierdo y la trae de regreso desoxigenada al corazón derecho.

Así, la bomba constituida por el corazón izquierdo se puede considerar como una bomba de presión. Sin embargo, en el sistema de circulación pulmonar, la diferencia de presión entre las venas y las arterias es pequeña, así como la resistencia opuesta al flujo y por ello se puede considerar al corazón derecho como una bomba volumétrica. El corazón izquierdo es más grande y de constitución muscular más robusta que el corazón derecho, debido a que las presiones necesarias para la circulación mayor son más altas. El corazón izquierdo desarrolla una presión máxima suficiente para provocar la circulación de la sangre por todos los rincones del cuerpo.

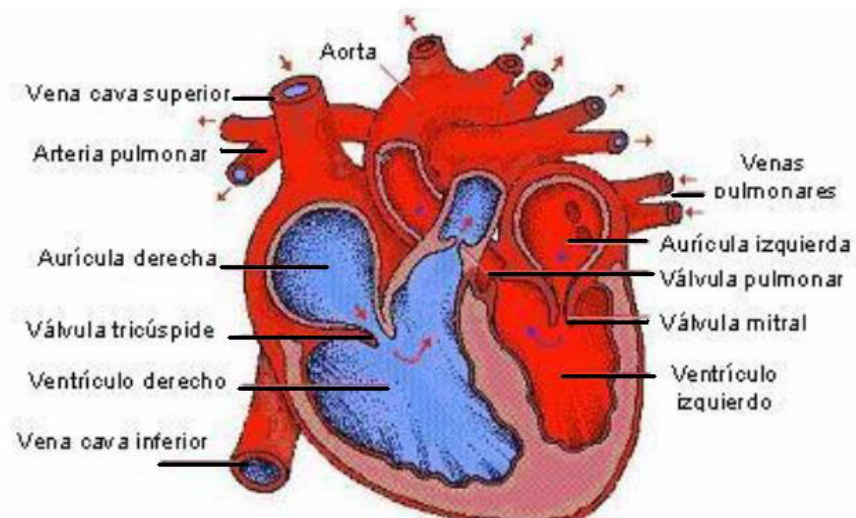


Figura A.1 Anatomía del corazón.
(Tomado de <http://www.monografias.com>)

La sangre entra en el corazón por el lado derecho a través de las dos venas principales: la vena cava superior que lleva la sangre de los órganos del cuerpo y de las extremidades situadas por debajo del corazón (véase Figura A.1). La sangre entrante llena la cámara de almacenamiento denominada aurícula derecha. Aquí desemboca también la sangre que ha estado circulando por el propio corazón a través del anillo coronario.

Cuando la aurícula derecha está llena de sangre se contrae y obliga a la sangre a que pase al ventrículo derecho, el cual entonces se contrae para bombear la sangre al sistema circulatorio pulmonar.

En los alvéolos pulmonares se produce un intercambio. Las células rojas de la sangre se recargan de oxígeno y ceden su anhídrido carbónico. La arteria pulmonar se ramifica muchas veces en arterias cada vez más pequeñas, que se convierten en arteriolas con una sección sumamente pequeña. Estas arteriolas suministran sangre a los capilares alveolares en los cuales se produce el intercambio del oxígeno y del anhídrido carbónico. El otro lado de la masa pulmonar tiene una anchura similar y allí los capilares se agrupan para formar venas mayores que se agrupan

a su vez hasta que por último toda la sangre oxigenada vuelve al corazón a través de la vena pulmonar.

La sangre entra en la aurícula izquierda por la vena pulmonar y de allí se bombea hacia el ventrículo izquierdo mediante la contracción de los músculos de la aurícula.

Cuando los músculos del ventrículo izquierdo se contraen, la presión que se genera cierra la válvula mitral y abre la válvula aórtica, produciendo un paso brusco de la sangre desde el ventrículo a la Aorta. Esta acción se produce en sincronismo con el bombeo de sangre del ventrículo derecho hacia la arteria pulmonar.

Una vez se ha bombeado la sangre a la red arterial, el corazón se relaja, la presión de las cavidades disminuye, las válvulas de salida se cierran y al cabo de poco tiempo las válvulas de entrada se abren de nuevo para volver a empezar la diástole e iniciar un nuevo ciclo cardíaco.

Después de pasar por muchas ramificaciones de las arterias, la sangre llega a los órganos vitales, el cerebro y las extremidades.

La última etapa del sistema arterial es el decrecimiento gradual de la sección transversal y el aumento del número de arterias hasta que se llega al tipo más pequeño: arteriolas. Éstas alimentan a los capilares, donde se suministra oxígeno a las

células y se recoge el CO₂ procedente de ellas. Los capilares, a su vez, se unen formando vénulas que se convierten sucesivamente en pequeñas venas, venas mayores y finalmente en las venas Cava, superior e inferior.

El riego sanguíneo para el propio corazón procede de la Aorta a través de las arterias coronarias. Esta sangre vuelve a las cavidades del corazón a través del seno coronario. El ciclo de bombeo del corazón se divide en dos partes principales: sístole y diástole.

La sístole se define como la fase de contracción de los músculos del corazón, y en particular de los músculos del ventrículo, durante el cual se bombea la sangre a la arteria pulmonar y a la Aorta.

La diástole es la fase de dilatación de las cavidades del corazón durante la cual se llenan de sangre

A.1.2 La presión arterial.

La sangre es conducida a través de las arterias a partir del corazón con la finalidad de asegurar el adecuado aporte de oxígeno a todas las células del organismo. Las arterias, paulatinamente, van ampliando su lecho (véase Figura A.2) y al mismo tiempo disminuyen su calibre a medida que alcanzan

aquellas partes del organismo en donde se ha de efectuar el suministro de oxígeno. Esta disminución de calibre origina una resistencia al paso de la sangre, por lo que es necesario imprimir una fuerza o presión.

El aporte de sangre a las células del cuerpo depende de dos factores: la cantidad de sangre a impulsar y la resistencia que se opone al paso de la sangre.



Figura A.2 Presión aplicada a las paredes internas de las arterias.

(Tomado de <http://www.monografias.com>)

La presión sólo depende de estos factores y el corazón deberá imprimir el empuje suficiente para que en las arterias se alcance el nivel de presión necesario.

El corazón funciona con una intermitencia de periodos sístole-diástole; así pues, el árbol arterial conectado con el ventrículo izquierdo en cada contracción sistólica recibe una cantidad de

sangre a una determinada presión. Esta presión se denomina **presión arterial sistólica**.

Una vez cerrada la válvula aórtica, en el período de diástole, la elasticidad vascular y el propio volumen circulante contribuyen a mantener un gradiente tensional. A esta presión se la denomina **presión arterial diastólica**.

En resumen, se puede decir que:

“La presión sistólica corresponde al pico de presión ejercido por la sangre en las paredes de los vasos sanguíneos cuando ésta es bombeada por el corazón durante el proceso de sístole”.

“La presión diastólica es la presión mínima ejercida por la sangre en las paredes de los vasos sanguíneos cuando los ventrículos del corazón se relajan después de la sístole, es decir, durante la diástole”.

A.1.3 Alteraciones de la presión arterial: Hipertensión.

La hipertensión se define como la presión arterial demasiado elevada, siendo el aumento de la presión en forma crónica. Se trata de una enfermedad que no da síntomas durante mucho tiempo y dejada a su evolución sin tratamiento, puede ser que el primer síntoma que el paciente presente, sea una complicación severa como un infarto de miocardio, una hemorragia o trombosis

cerebral, lo cual se puede evitar si es tratada y controlada adecuadamente.

Se considera hipertenso a todo individuo cuyas cifras de presión sistólica sobrepase a 160 mmHg y/o, independientemente, una presión diastólica igual o superior a 95 mmHg.

La primera consecuencia de la hipertensión se refleja en las arterias que se endurecen a medida que soportan la presión alta de forma continua, se hacen más gruesas y tortuosas, pudiendo verse dificultado al paso de sangre por ellas. Ésto se conoce con el nombre de arteriosclerosis. En la Tabla A.1 se muestra la clasificación de los valores de la presión arterial.

Tabla A.1 Clasificación de la presión arterial en adultos.

(Tomado de <http://medlineplus.gov/spanish>)

Categoría	Presión arterial sistólica (mmHg)	Presión arterial diastólica (mmHg)
Óptima	120	80
Normal	entre 121 y 130	entre 81 y 85
Alta	entre 131 y 139	entre 86 y 89
Hipertension		
Nivel 1 (leve)	entre 140 y 159	entre 90 y 99
Nivel 2 (moderada)	entre 160 y 179	entre 100 y 109
Nivel 3 (grave)	entre 180 y 209	entre 110 y 119
Nivel 4 (muy grave)	más de 209	más de 119

A.2 Frecuencia Cardíaca.

La frecuencia cardíaca (f_c) es el número de contracciones del corazón en un minuto y es importante conocer su comportamiento, entre otras razones por su utilidad práctica como un índice de intensidad fisiológica para dosificar el ejercicio y para la determinación del umbral anaeróbico. La frecuencia cardíaca se incrementa en relación lineal, es decir, con incrementos constantes, con la intensidad del ejercicio. Y esta relación se mantiene hasta el 75-92% del máximo trabajo. Es a partir de esta intensidad de trabajo cuando, a iguales incrementos en la carga de trabajo, los incrementos de la f_c son menores; es decir, existe un aplanamiento en la respuesta cardíaca. Aplanamiento, que para numerosos autores, coincide con la zona del umbral anaeróbico, lo que permite determinar dicho umbral de forma muy sencilla.

Cabe resaltar la diferencia entre la respuesta del deportista y la persona normal; es bien conocido que el deportista posee en general una frecuencia cardíaca en reposo menor que la persona normal. Igualmente, el deportista con la misma intensidad de trabajo, posee una frecuencia menor que la de persona normal y una misma persona, a medida que mejora su entrenamiento, para desempeñar una misma carga de trabajo presenta una f_c menor.

El corazón late con un ritmo medio de 75 latidos por minuto en una persona adulta normal, aunque este valor puede variar

considerablemente. El ritmo cardíaco aumenta cuando una persona está de pie y disminuye cuando está sentada, variando el número de pulsaciones entre 60 y 85 aproximadamente.

Por regla general, el ritmo cardíaco es más alto en las mujeres y suele decrecer con la edad. En un neonato puede ser incluso de hasta 140 latidos por minuto en condiciones normales. El ritmo cardíaco aumenta también con el calor y otros factores fisiológicos y psicológicos. En estado de reposo, el corazón bombea unos 5 litros de sangre por minuto, dado que el volumen de sangre de un adulto es de unos 5 o 6 litros de sangre, esto corresponde a una recirculación completa cada minuto.

A.2.1 Frecuencia Cardíaca en reposo.

Es la frecuencia cardíaca de nuestro corazón en el momento de menos actividad física, es decir, “en reposo”. Por lo tanto, para calcular la f_{CR} (frecuencia cardíaca en reposo o en descanso), se tendrá que tomar el pulso, nada más despertar por la mañana cada día durante una semana y realizar la media o en su defecto, tomar el pulso pero 5 cinco minutos antes de la medición se deberá estar relajado en su totalidad.

Tabla A.2 Frecuencia Cardíaca en reposo.
(Tomado de <http://www.i-natacion.com>)

Hombres				
Edad	Mal	Normal	Bien	Excelente
20-29	86+	70-84	62-68	60
30-39	86+	72-84	64-70	62
40-49	90+	74-88	66-72	64
50+	90+	76-88	68-74	66
Mujeres				
20-29	96+	78-94	72-76	70
30-39	98+	80-96	72-78	70
40-49	100+	80-98	74-78	72
50+	104+	84-102	76-82	74

La frecuencia cardíaca en reposo, depende de los hábitos de vida y está influenciada por el entrenamiento, la recuperación de ejercicios físicos realizados el día anterior, el sueño, el nivel de stress mental y los hábitos alimenticios.

A.2.2 Frecuencia Cardíaca Máxima.

Es la frecuencia máxima (teórica) que se puede alcanzar en un ejercicio de esfuerzo sin poner en riesgo la salud, siempre y cuando la persona se encuentre en óptima condición física. Al alcanzar la frecuencia cardíaca máxima, teóricamente, se ha alcanzado la máxima capacidad de trabajo.

En el cálculo del límite máximo cardíaco, básicamente existen dos formas de realizarlo: la primera es a través de la realización

de un exámen médico (en bicicleta o banda ergométrica), dicho examen lo realiza el cardiólogo o un médico del deporte. Si la edad de la persona es superior a los 35 años, con sobrepeso, una vida sedentaria o tiene en su familia antecedentes con problemas de corazón, lo recomendable es realizar el examen médico. La segunda forma más conocida pero no tan exacta, es a través de la llamada "fórmula por edad":

$$f_C \text{ máx.} = 220 - \text{edad (para hombres)} \quad (A1)$$

$$f_C \text{ máx.} = 226 - \text{edad (para mujeres)} \quad (A2)$$

En principio, el parámetro $f_C \text{ máx.}$ es el límite que no se debe exceder, significa el 100% de esfuerzo al que el corazón de la persona deberá latir en un minuto. Para una persona de 32 años el valor de su frecuencia cardíaca máxima, aplicando la ecuación (a) sería:

$$f_C \text{ máx.} = (220 - 32) = 188$$

Esto significa que durante el entrenamiento no se deberá exceder de las 188 pulsaciones por minuto. No se recomienda ni es seguro de que en la práctica de ejercicio, se exceda ese límite.

A.3 La estatura y el peso: Índice de Masa Corporal (IMC).

En la práctica clínica, la grasa corporal se estima de una forma muy simple: utilizando una fórmula que combina peso y altura.

Para traducir las medidas corporales en un índice, se utiliza la fórmula del IMC (Índice de Masa Corporal) que relaciona el peso y la estatura.

El Índice de Masa Corporal es el cociente entre el peso de una persona y su altura (expresada en metros) elevada al cuadrado, este índice es sumamente importante para conocer el estado nutricional de cada persona.

El valor del IMC, permite conocer las clases de complicaciones que puede tener la salud a causa de la obesidad, el exceso de peso aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares, puede producir colesterol y empeorar los niveles de azúcar en la sangre.

La ecuación del IMC es:

$$IMC = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Estatura}^2 (\text{metros})} \quad (A3)$$

Es importante realizar una observación en la diferencia que existe entre sobrepeso y obesidad, puesto que la obesidad es una condición más severa.

Se considera *normal* cuando el índice resultante es una cifra que esta entre 19 y 24.9. Si la cifra es inferior, indica *delgadez*, si es superior

indica un determinado grado de *obesidad*. En ambos casos aumentan las posibilidades de enfermedad. La tabla de valoración del IMC, se observa a continuación.

Tabla A.3 Clasificación de los valores del IMC.

(Tomado de <http://www.i-natacion.com>)

Clasificación	I.M.C. (Kg/m²)	Riesgo
Rango Normal	19 - 24.9	Promedio
Sobrepeso	25 - 29.9	Aumentado
Obesidad grado I	30 - 34.9	Moderado
Obesidad grado II	35 - 39.9	Severo
Obesidad grado III	=/>40	Muy severo

El IMC ayuda a tener presente las clases de riesgos a los que se encuentra expuesta cada persona, según su grado de delgadez u obesidad. En cualquiera de los casos, lo ideal es consultar a un nutricionista o médico que tratará de encontrar la forma de revertir esta situación.

APÉNDICE B

TRANSDUCTORES DE PRESIÓN

Apéndice B.

B.1 Presión: Generalidades.

La presión es una fuerza que se ejerce sobre un área determinada. Se la mide en unidades de fuerza por unidades de área. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre ésta.

$$P = \frac{F}{A} \quad (b1)$$

Las mediciones de presión pueden ser desde valores muy bajos hasta miles de toneladas por unidad de área. Históricamente, una gran variedad de unidades son utilizadas dependiendo de su conveniencia y aplicación; por ejemplo, la presión sanguínea es regularmente medida en milímetros de mercurio (mmHg) porque los manómetros de mercurio utilizados originalmente eran basados en este sistema. La presión atmosférica es medida en pulgadas de agua (in.H₂O), atmósferas (atm), kilos Pascales (kPa), pulgadas de mercurio (inHg). A continuación se exhiben los valores de conversión usados con frecuencia:

$$\begin{aligned} 1 \text{ psi} &= 51.714 \text{ mmHg} \\ &= 2.0359 \text{ in.Hg} \\ &= 27.680 \text{ in.H}_2\text{O} \\ &= 6.8946 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$1 \text{ bar} = 14.504 \text{ psi}$$

$$1 \text{ atm} = 14.696 \text{ psi}$$

B.2 Tipos de mediciones de presión.

B.2.1 Presión Absoluta.

Es la medición respecto a la referencia de presión en vacío, por ejemplo el barómetro de presión. En los dispositivos de presión absoluta, la señal P_2 es sellada en vacío, representando una referencia. La diferencia de presión entre la referencia de vacío y la medición aplicada en la señal P_1 , originando la deflexión en el diafragma, produciendo un cambio en la salida de voltaje.

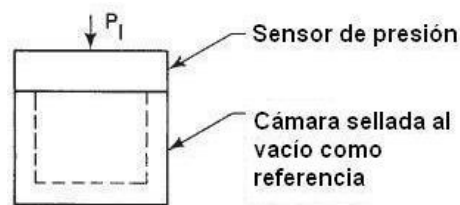


Figura B.1 Presión Absoluta.

B.2.2 Presión Diferencial.

Es la medición de la diferencia entre dos presiones: un lado es conectado a un punto de presión y el otro lado a un punto diferente, por ejemplo, la medición de la presión a través de una válvula Venturi usada para medir el respectivo caudal.

Obviamente las mediciones diferenciales son aplicadas en los extremos.

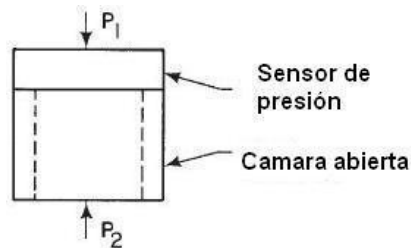


Figura B.2 Presión Diferencial.

B.2.3 Presión Gage.

Es una forma de la medición de la presión diferencial, en la cual la presión atmosférica es utilizada como referencia. Por ejemplo, la presión de los neumáticos en los automóviles, donde es necesario mantener una presión sobre la presión atmosférica para mantener las características de los neumáticos. En los dispositivos de presión gage, la presión P_1 es referenciada a la presión atmosférica, mientras que la medición se la aplica a la presión P_2 .

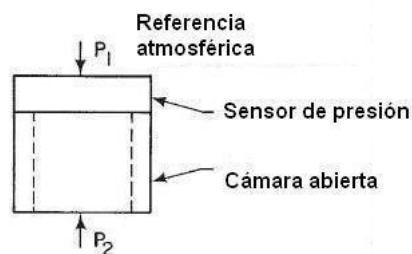


Figura B.3 Presión Gage.

B.3 Consideraciones generales para la elección del transductor de presión.

Las siguientes consideraciones hacen referencia a las características y al tipo de aplicación para el sensor:

Tipo de medición:

- a) Absoluta (con referencia al vacío).
- b) Gage (con referencia a la atmósfera).
- c) Diferencial (una presión referenciada a otra presión aplicada).

Rango de presión:

- a) 0 a 1.0 psi (0 a 51.72 mmHg).
- b) 1.0 psi a 100 psi (51.72 mmHg a 517.28 mmHg).
- c) 100 psi a 1000 psi (517.28 mmHg a 5172.80 mmHg).
- d) Más de 1000 psi (5172.80 mmHg).

Requerimientos de exactitud en la medición

- a) Exactitud estática (linealidad e histéresis 25°C).
 - 0 a 0.1%
 - 0.1% a 0.5%
 - 0.5% a 1.0%
- b) Configuración del sensor.
 - Configuración básica (salida en mV).

- Sensor compensado y calibrado en temperatura (mV).
 - Transductor con salida de voltaje.
 - Transductor con salida digital o salida en corriente (mA)
- c) Empaquetamiento o encapsulado.
- Circuito impreso montable.
 - Conexión mediante pines.
- d) Compatibilidad con el medio
- Aire, gases pesados.
 - Gases y líquidos no-corrosivos.
 - Fluidos corrosivos.

B.4 Transductores piezo-resistivos.

La Piezo-resistencia de un semiconductor puede ser descrita como el cambio en la resistencia causada por una fuerza aplicada del diafragma. De esta forma, resistores de estado sólido pueden ser utilizados como transductores de presión y de fuerza, tanto como los strain gages, pero con algunas ventajas y desventajas importantes.

La alta sensibilidad o factor G, es quizás 100 veces más que las de un strain gage. Los piezo-resistores son implantados en un medio de silicio homogéneo cristalino simple. Los resistores implantados son integrados dentro del silicio a la parte que sensa la fuerza. Normalmente, otros tipos de strain gages son unidos a las partes que sensan la fuerza,

hechos de materiales diferentes, dando como resultado una fuerza termo-elástica y un proceso complejo de fabricación. La mayoría de strain gages son inherentemente inestables debido a la degradación de la unión, así como a la sensibilidad por temperatura y la histéresis provocada por las fuerzas termo-elásticas.

El silicio es el material ideal para recibir aplicaciones de fuerzas, siendo éste un cristal perfecto ya que no se deforma permanentemente; después de ser sometido a esfuerzos, retorna a su forma original. Los rellenos de silicio son mejores que el metal en lo que respecta a diafragmas de transductores de presión; además, el silicio tiene una elasticidad extremadamente buena dentro del rango de operación. Los diafragmas compuestos de este material fallan, normalmente por casos de ruptura.

B.5 Método de medición de los transductores piezo-resistivos.

El transductor de fuerza o presión de estado sólido consiste en cuatro piezo-resistores casi idénticos encapsulados en la superficie de un diafragma delgado de silicio. El diafragma se forma al grabar químicamente una cavidad cuadrada dentro de la superficie opuesta a los piezo-resistores. La parte del silicio que no ha sido grabada químicamente, proporciona un límite rígido alrededor del diafragma y

una superficie de montaje para ser fijado a otras partes. Una fuerza o presión aplicada produce que el diafragma se encorve induciendo un esfuerzo en el diafragma y en los resistores encapsulados. El valor de las resistencias varía de acuerdo a la cantidad de fuerza o presión aplicada al diafragma.

Por consiguiente, un cambio en la presión (entrada mecánica) se convierte en un cambio en el valor de las resistencias (salida eléctrica). Los transductores convierten una forma de energía a otra. Los resistores pueden ser conectados en la mitad del puente o en la configuración completa del Puente de Wheatstone. Para una fuerza aplicada al diafragma usando un arreglo completo del Puente de Wheatstone, los resistores pueden ser configurados, teóricamente, como se exhibe en la figura B.4.

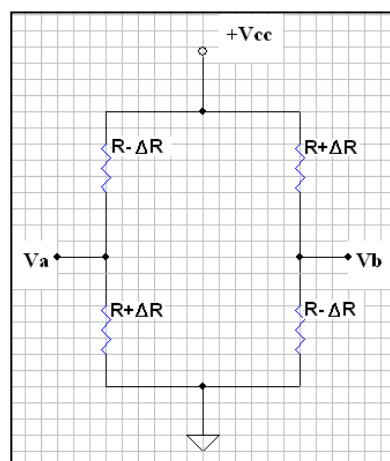


Figura B.4 Puente de Wheatstone para transductores.

Los valores $R + \Delta R$ y $R - \Delta R$ representan el valor actual del resistor al ser aplicada una fuerza o presión. R representa el valor del resistor, cuando el diafragma no ha sufrido deformación, donde los resistores son iguales en valor.

ΔR representa el cambio de la resistencia debido a una fuerza o presión aplicada. Todos los resistores cambiarán aproximadamente el mismo valor.

La señal de voltaje generada por la configuración completa del Puente de Wheatstone es proporcional al aumento de la fuente de alimentación del puente (V_{CC}) y el aumento de la presión o fuerza ocasiona que la resistencia cambie un ΔR ; el análisis de las ecuaciones se encuentran en la sección 2.1.3.4, referente al módulo de acondicionamiento del peso.

B.6 Consideraciones de ruido.

La familia de transductores integrados de presión de Motorola ha sido compensada en sus salidas: por temperatura y en la amplificación de la señal de salida, por lo cual esta familia de transductores es compatible con los convertidores A/D de los microcontroladores. Aunque los convertidores A/D 8 bits son los más comunes, resoluciones mayores de los convertidores están disponibles en el mercado con

mayor frecuencia; con este aumento de resolución, en los convertidores A/D el ruido llega a ser de consideración en los diseños.

Existen dos tipos de ruidos dominantes en un transductor de presión piezo-resistivo: el *ruido de disparo* (shot – white noise) y el *ruido de frecuencia* (flicker noise – $1/f$). El ruido de disparo es producto del flujo no uniforme de acarreo a través de una unión y es independiente de la temperatura. El ruido de frecuencia es producto de los defectos del cristal y también debido a la presencia de multicapas; este ruido es inversamente proporcional a la frecuencia y es más dominante en frecuencias bajas.

El ruido también puede proceder de los circuitos externos: en el sistema del transductor, fuente de poder, aterrizado, etc.

B.7 Efectos del ruido en el sistema del transductor.

El puente del transductor produce un voltaje diferencial de valores pequeños, en el rango de los milivoltios. El dispositivo amplificador diferencial, amplifica los cambios en los niveles diferenciales y traslada este voltaje al terminal de salida, originando una señal en el rango entre 0.2 – 4.7 voltios. Aunque el transductor tiene una respuesta mecánica cerca de los 500 Hz, el ruido en la salida se extiende desde los 500 Hz hasta 1 MHz, este ruido es amplificado y se muestra en la Figura B.5.

Existe suficiente ruido para afectar el conteo en un convertidor A/D de 8 bits. Por consiguiente es necesario considerar los filtros para reducir el nivel de ruido.

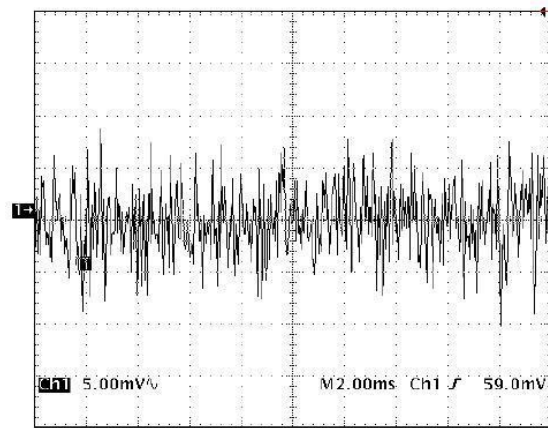


Figura B.5 Nivel de ruido presente a la salida del transductor.
(Tomado de <http://www.freescale.com>)

B.8 Técnicas y consideraciones en el filtrado de ruidos.

Para mitigar los efectos del ruido en el transductor, existen dos consideraciones generales para eliminar el nivel de ruido: filtro pasa bajo mediante hardware y el filtro pasa bajo mediante software.

Cuando se aplica la técnica mediante hardware, es recomendable la aplicación de un filtro RC pasa bajo con frecuencia de corte de 650 Hz. Los valores de resistencia (750Ω) y capacitancia ($0.33 \mu\text{F}$) fueron determinados para obtener mejores resultados en la eliminación del ruido (véase Figura B.6).

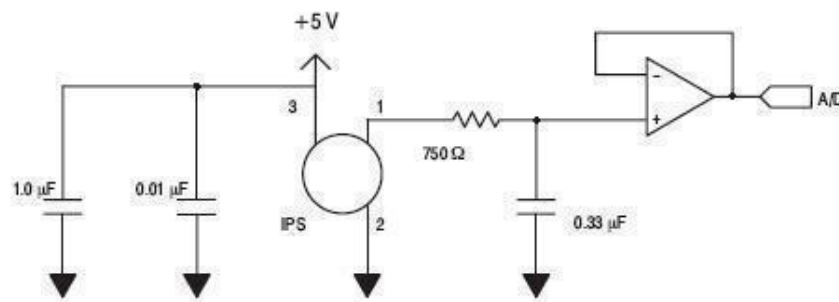


Figura B.8 Configuración Buffer.

Promediar las muestras es otra técnica eficaz en el filtrado del ruido inherente al transductor, esta técnica es una forma de filtro pasa-bajos por medio de software. El promedio de un muestreo de 8 a 64 muestras podrán eliminar la mayoría de los ruidos. El promedio de 10 muestras reduce el nivel de ruido a 2.5 mV de pico a pico y un promedio de 64 muestras reduce el nivel de ruido a 1 mV de pico a pico. Esta técnica no requiere de elementos externos, sin embargo requiere de una memoria RAM para el almacenamiento de los datos, ciclos extra de operación y un código para cada uno de los datos. En las aplicaciones donde el microcontrolador es un recurso limitado o la presión varía rápidamente, el promediar las muestras no será la mejor solución; en estos casos una combinación del filtrado RC y un número limitado de muestras sería la solución más viable dando mejores resultados. Por ejemplo, un muestreo de 4 muestras combinado con el filtro RC de la

Figura B.5 da como resultado un nivel de ruido en el orden de 1 mV pico a pico.

Otra consideración importante es la efectividad en el incremento del promedio tiene a disminuir cuando el número de muestras aumenta; en otras palabras la relación señal/ruido (S/N) se incrementa más lentamente que el número de muestras. Para precisar, la relación S/N mejora de acuerdo al aumento de la raíz cuadrada de las muestras aumenta. Por ejemplo incrementar el número de muestras de 10 a 64, reduce el ruido en un factor de 2.5.

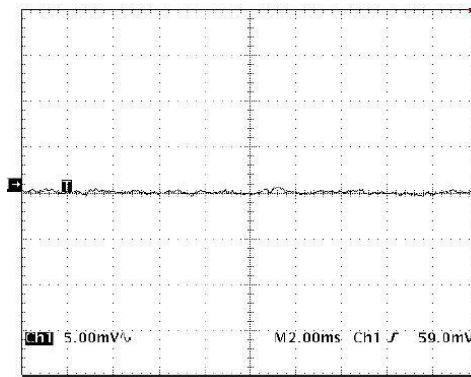


Figura B.9 Nivel de ruido utilizando la red RC y el promedio de 10 muestras.

(Tomado de <http://www.freescale.com>)

B.9 Hoja de especificaciones del transductor de presión.

Transductor de Presión de Silicio Encapsulado, con Señal Condicionada, Compensada y Calibrada por temperatura

MODELOS MPX5050 / MPXV5050G



El transductor piezo-resistivo MPX5050GP, es un transductor de presión de silicio monolítico diseñado para una amplia gama de aplicaciones, pero particular y comúnmente en sistemas de microprocesadores y microcontroladores con entradas analógicas-digitales. Este dispositivo, el cual está patentado y pertenece a la familia Motorola, combina técnicas de miniaturización, diafragmas delgados y procesamiento bipolar que provee una señal exacta y de nivel análogo alto, que es proporcional a la presión aplicada (relación lineal).

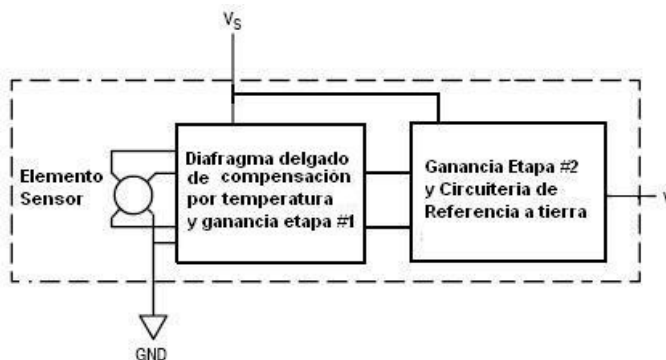
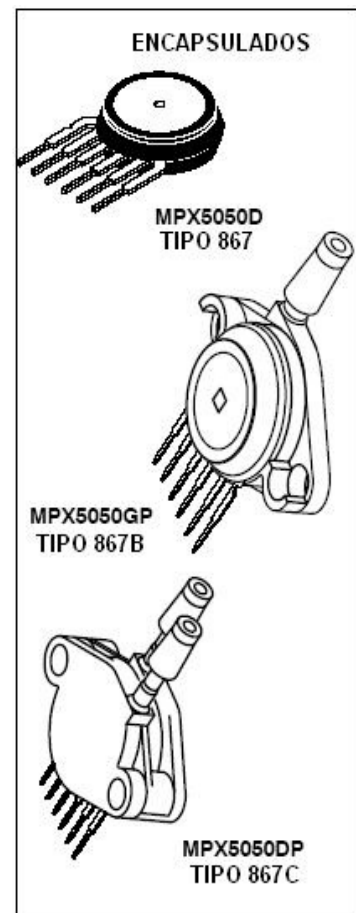


Diagrama interno del sensor de presión

- Error máximo del 2,5% en un rango de temperatura de 0°C hasta 85°C.
- Diseñado para ser usado con sistema de microcontroladores.
- Compensación sobre temperatura en el rango de -40°C hasta 125°C
- Contiene galgas extensiométricas de silicio y una cubierta de un elemento epóxico durable.
- Incluye circuitos de acondicionamiento de la señal.



PINES			
1	V_{out}	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	V_S	6	N/C

NOTA: Pines 4,5 y 6 están conectados internamente en el dispositivo. No conecte circuitería externa o a tierra. Pin 1 es reconocido por la muesca

Características de Operación

Características	Sím.	Mín.	Típ.	Máx.	Unidad
Rango de Presión ⁽¹⁾	P _{OP}	0	--	50	kPa
Voltaje de alimentación ⁽²⁾	V _S	4,75	5	5,25	V _{DC}
Corriente de alimentación	I _{CC}	--	7	10	mA _{DC}
Desviación de la presión mínima ⁽³⁾ (0 a 85 °C) @ V _s = 5 Voltios	V _{OFF}	0,09	0,20	0,31	V _{DC}
Full scale Output ⁽⁴⁾ (0 a 85 °C) @ V _s = 5 Voltios	V _{FSO}	4,587	4,70	4,81	V _{DC}
Fullscale span ⁽⁵⁾ (0 a 85 °C) @ V _s = 5 Voltios	V _{FSS}	--	4,5	--	V _{DC}
Exactitud ⁽⁶⁾	--	--	--	+/- 2,5	%V _{FSS}
Sensibilidad	V/P	--	90	--	mV / kPa
Tiempo de respuesta ⁽⁷⁾	t _R	--	1	--	ms
Fuente de corriente de salida en Full Scale Output	I _{o+}	--	0,1	--	mA _{DC}
Tiempo de precalentamiento ⁽⁸⁾	--	--	20	--	ms
Estabilidad del desvío ⁽⁹⁾	--	--	+/- 0,5	--	%V _{FSS}

Notas

1. Equivalencia 1.0 kPa (kiloPascal) = 0,145 psi
2. Dispositivo es radiométrico dentro del rango de excitación especificado.
3. Desvío es desfinido como el voltaje de salida en el mínimo cambio de presión.
4. Full scale output es definida como el voltaje de salida en la presión máxima o en el cambio máximo de presión
5. Full scale span es definida como la diferencia algebraica entre el voltaje de salida en el cambio máximo de presión y el voltaje de salida en el mínimo cambio de presión.
6. Exactitud consiste en lo siguiente:

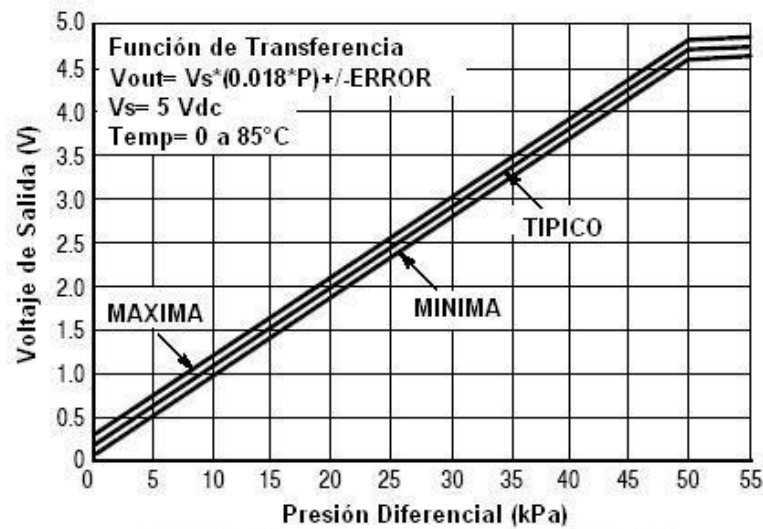
a. Linealidad:

Desvío de la salida desde una relación directa con la presión, sobre el rango de presión especificado

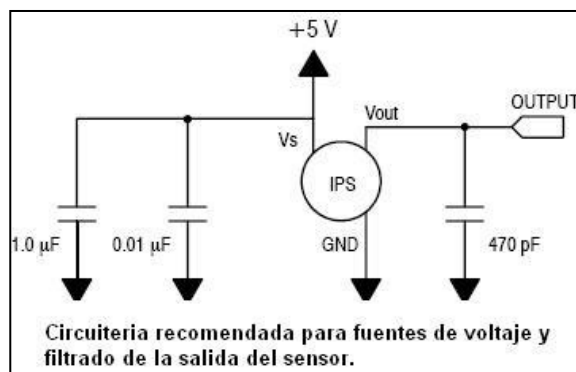
b. Temperatura de Hysteresis:

Desvío de la salida en cualquier temperatura dentro del rango de operación de temperatura, después la temperatura es ciclada desde los puntos de temperatura máximo y mínimo de operación, con valor de presión diferencial cero.

- c. Presión de Hysteresis Desvío de la salida en cualquier presión dentro del rango especificado, cuando está presión es ciclada desde el mínimo al máximo cambio de presión.
- d. TcSpan Desvío de la salida sobre el rango de temperatura de 0° a 85 °C, relativa al 25 °C.
- e. TcOffset Desvío de la salida con el mínimo de presión aplicada, sobre el rango de temperatura de 0° a 85 °C, relativa al 25 °C.
8. Tiempo de precalentamiento es definido como el tiempo requerido por el producto para llegar al voltaje de salida especificada después que la presión ha sido estabilizada.
9. Estabilidad del desvío es el desvío de salida del producto cuando fue expuesta a 1000 horas de trabajo.



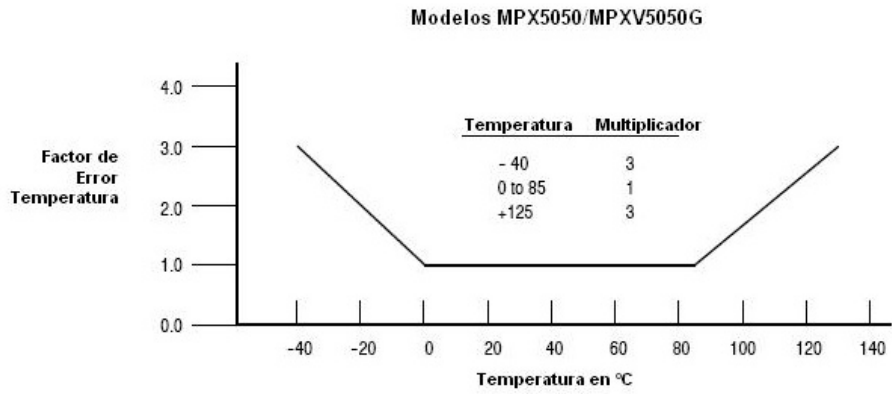
Voltaje de salida vs Presión Diferencial



Función de transferencia

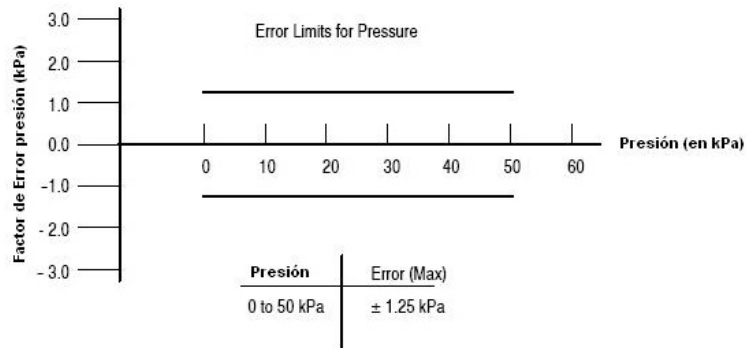
Función de transferencia: $V_{out} = V_S (P \times 0.018 + 0.04)$
 \pm (Pressure Error x Temp. Factor x 0.018 x V_S)
 $V_S = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$

Factor de Error Temperatura

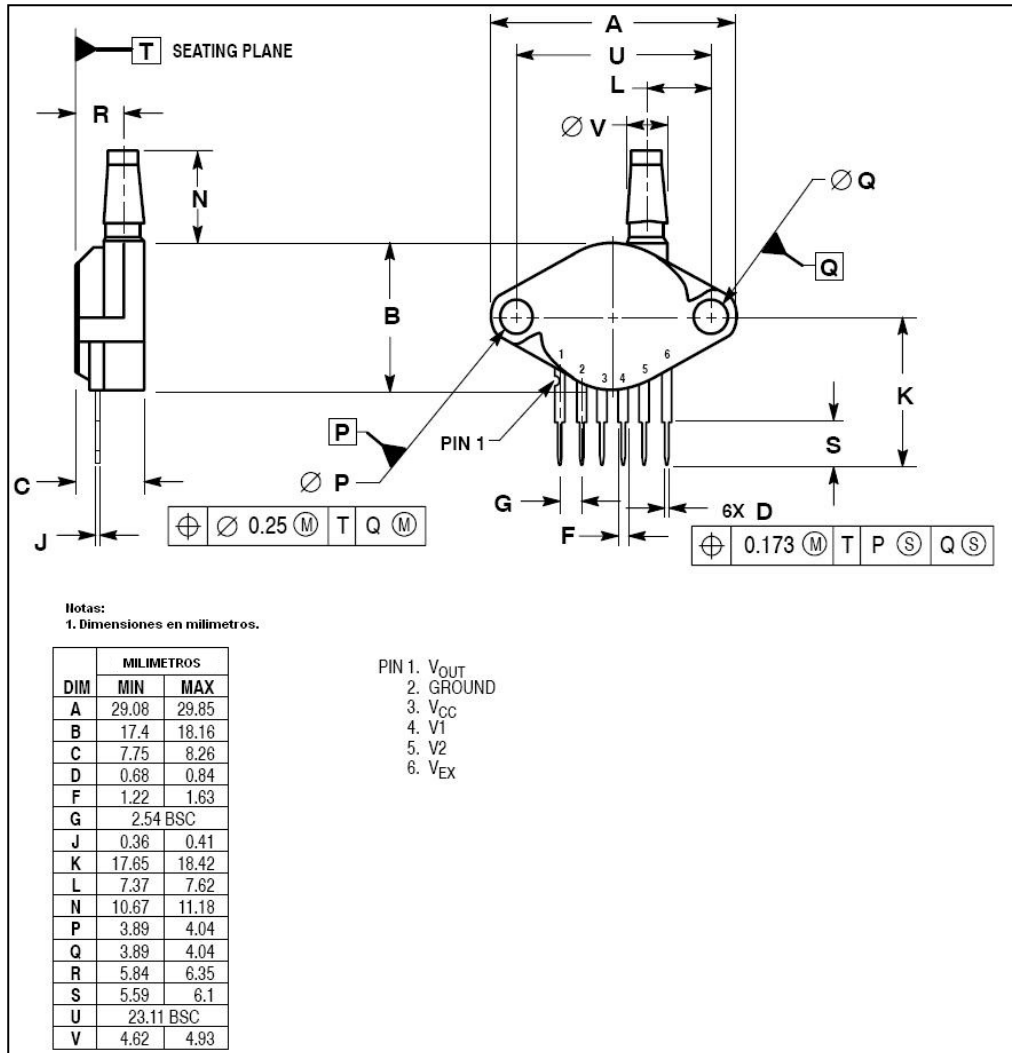


Nota: El factor multiplicador es un respesat lineal desde 0°C a 40°C y desde 85°C a 125 °C

Banda de Error Presión



DIMENSIONES



APÉNDICE C

Hoja de Especificaciones del Sensor Infrarrojo

SHARP

GP2D02

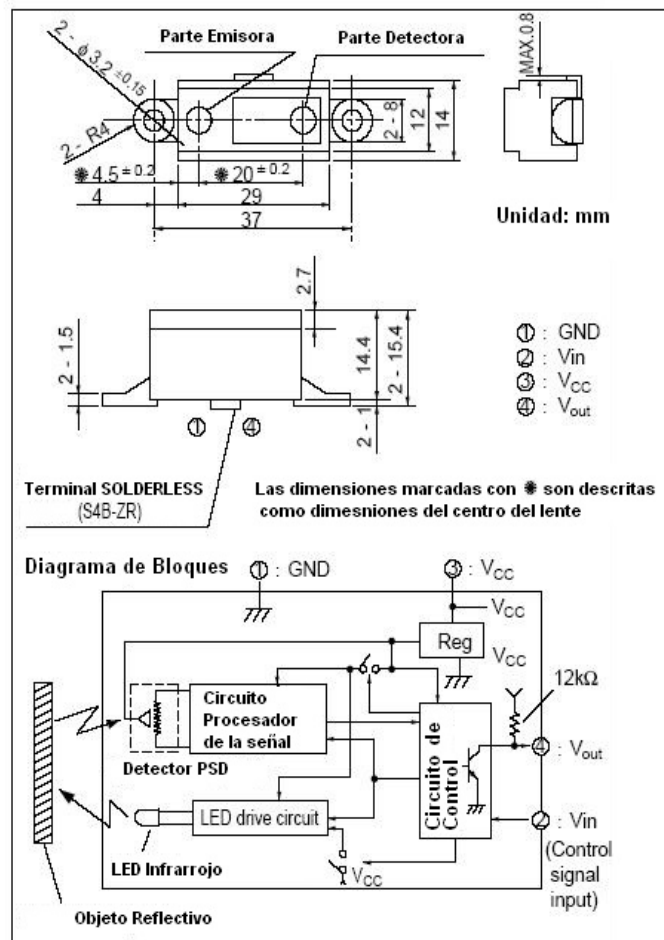
Sensor Compacto de Medición de Distancia de Alta Sensitividad

Características:

- 1.- Alta precisión en la salida, para la medición de las distancias y su conexión al microcomputador.
- 2.- Capacidad de cambio del rango de distancia medida a través de cambios en la parte óptica (lente).
- 3.- Baja corriente de disipación en estado Apagado (corriente típica = $3 \mu\text{A}$)

Aplicaciones

- 1.- Sensores en los sanitarios
 - 2.- Sensores de cuerpos humanos en los sistemas de aire acondicionado.
 - 3.- Sensores de Garaje.
- * PSD : Detector Sensitivo de Posición



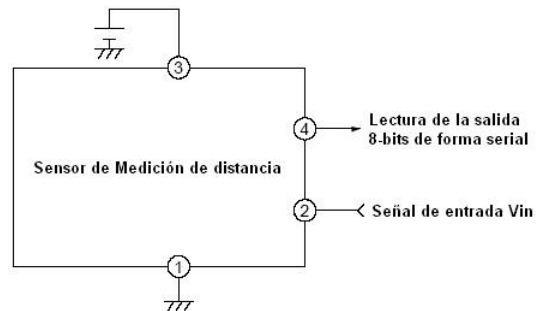
Valores Maximos Absolutos $T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $V_{cc} = 5 \text{ V}$

Parámetro	Símbolo	Rango	Unidad
Voltaje de Operación	V_{cc}	-0.3 a 7	V
Voltaje en terminal de entrada	V_{in}	0.3 a 3	V
Voltaje en el terminal de salida	B_{vo}	0.3 a 10	V
Temperatura de Operación	T_{opr}	10 a +60	$^\circ\text{C}$
Temperatura de Almacenamiento	T_{stg}	40 a +70	$^\circ\text{C}$

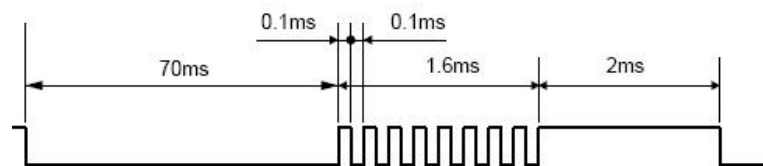
Voltaje de Operación

Símbolo	Rango	Unidad
V_{cc}	4,4 a 7	V

Esquema de verificación



Señal de entrada V_{in} requerida para realizar la medición



Función de transferencia

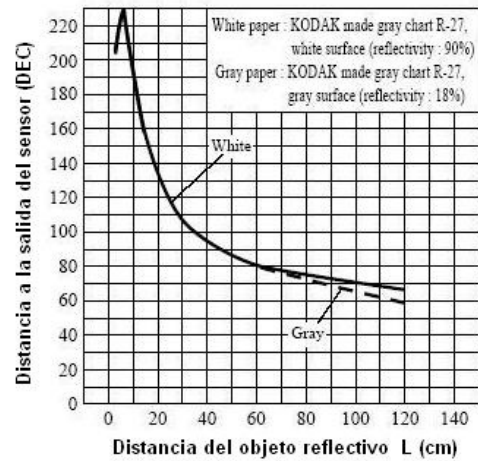


Figura 9. Curva del sensor SHARP GP2D02

Disposición de la señal de entrada para enviar distancia medida

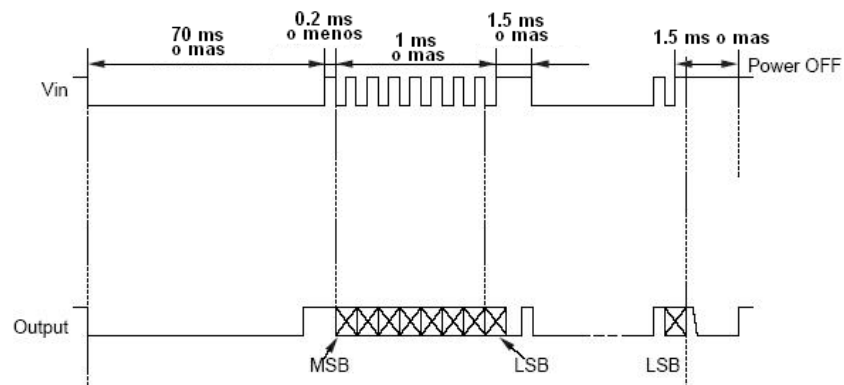


Figura 10. Tiempo de lectura Sensor SHARP GP2D02

APÉNDICE D

GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS

Apéndice D.

D.1 Criterios para la elección de la galga.

Las normas que se indican a continuación son de carácter general:

- Para aumentar el factor K, se puede recurrir al empleo de galgas biaxiales de dos elementos a 90°.
- Cuando la distribución de esfuerzos es compleja y no se conocen las direcciones principales, conviene utilizar rosetas.
- La compensación de temperatura no depende tanto de que la galga sea autocompensada, como del montaje adoptado.
- Si es necesario elevar la tensión de excitación para obtener más respuesta, se eligen galgas de mayor área por efecto de disipación.
- La galga, su soporte y el adhesivo deben ser escogidos en función de las condiciones de trabajo: temperatura, niveles de alargamiento, duración de la prueba y características químicas del material objeto de estudio.
- Para medidas dinámicas de frecuencia elevada, o bien, cuando los niveles de deformación son muy pequeños, las galgas semiconductoras constituyen una alternativa a considerar.

D.2 Criterios para la elección del adhesivo.

Existen varias clases de adhesivos; algunos proporcionan una unión química, unión mecánica, solidificación por polimerización y otros lo hacen por evaporación de un disolvente, entre los criterios tenemos:

- Compatibilidad química con los materiales de adhesión.
- Suficiente elasticidad para seguir los cambios de dimensión del cuerpo sometido a prueba.
- Suficiente rigidez para evitar una absorción indeseada de las deformaciones.
- Resistencia a la humedad.
- Buen aislamiento eléctrico
- Utilización en un margen lo más amplio posible (temperatura, esfuerzos, duración)
- Facilidad de aplicación.

D.3 Implantación de las galgas.

D.3.1 Introducción.

La acción completa de los adhesivos ocurre a través de una reacción catalítica de la humedad absorbida del aire. Las condiciones más favorables para la adhesión son bajo valores de humedad relativa (HR) de entre 30% y 80%. Con una HR de menos de 30%, la reacción se retarda notablemente y en casos

extremos se detiene. Con valores de HR mayores a 80% se presenta un fenómeno que reduce la vida máxima de la adhesión. Por esta razón se deben observar estos límites de humedad relativa.

Una adhesión óptima sucede cuando el adhesivo es aplicado en capas muy finas. Capas gruesas requieren más tiempo para secar o nunca secan, por lo tanto, superficies muy burdas deben ser evitadas y el proceso de aplicación del adhesivo, debe seguirse cuidadosamente.

La velocidad de la adhesión completa depende de la condición química del material donde se va a hacer la aplicación. Los materiales alcalinos, aceleran la polimerización (la reacción química de adhesión), mientras que materiales ácidos no sólo retardan sino pueden evitar del todo la adhesión. En cualquiera de estos casos se pueden usar procedimientos para neutralizar el pH de la superficie. La Tabla D.1 da información acerca del tiempo requerido para adhesión completa. El secado y adhesión definitiva sucede hasta 24 horas después.

Tabla D.1 Tiempo de secado del adhesivo en algunos materiales.

Material	Tiempo de secado
Acero	60 a 120 seg.
Aluminio	50 a 1000 seg.
Plásticos	10 a 60 seg.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

D.3.2 Preparación de la superficie.

El objetivo de la preparación del material es crear una superficie limpia, libre de imperfecciones físicas mayores y químicamente apropiadas.

a) Limpieza burda. Se elimina todo tipo de pintura, corrosión, oxidación o cualquier otro contaminante que exista en el área de adhesión (más un área de tolerancia) de las galgas.

b) Suavizar la superficie. Cualquier tipo de protuberancia, canales o imperfección mecánica debe ser eliminada por un proceso de pulido, limado, cepillado o lo que sea necesario para el caso.

c) Eliminar grasas. En este procedimiento se elimina todo tipo de aceites, grasas, contaminantes orgánicos y residuos de

productos químicos solubles. La elección del agente de limpieza depende de la naturaleza del contaminante y si la superficie puede ser deteriorada por el limpiador. Entre las opciones más comunes, se tiene el tolueno, acetona, alcohol isopropílico, desengrasante en aerosol, métodos desengrasantes por vapor, tricloroetileno y otras sustancias químicas más especializadas.

Para áreas grandes, en primer lugar se utiliza un polvo abrasivo (como AJAX en polvo). Efectuado esto, se debe enjuagar la superficie con agua de tal manera que al terminar se deje una capa continua de sólo agua sobre la superficie. A continuación, se debe secar con papel o con calor. El procedimiento de limpieza consiste en empapar una gasa en el agente limpiador y lavar la superficie cubriendo inicialmente un área mayor a la deseada. Cabe recalcar que:

- □□ El agente limpiador debe estar químicamente limpio y no debe dejar residuos.
- □□ Nunca usar el agente limpiador directamente del recipiente donde se almacena. La cantidad adecuada debe traspasarse a un recipiente limpio del cual será usada.
- □□ Cada gasa utilizada debe ser desechada y nunca se introducirá una gasa utilizada en el recipiente con el agente limpiador.

- Porciones del agente limpiador sin usarse deben desecharse.
- El área a limpiar debe ser bien delimitada y avanzar progresivamente en esa zona hasta cubrirla completamente, evitando limpiar nuevamente las partes terminadas, con lo cual se evita introducir nuevas partículas de impurezas a la zona limpia.

d) Lijado. La adhesión entre dos superficies depende del área de las superficies que se cubre con el adhesivo. Un buen pulido fino de las superficies aumenta la adhesión porque aumenta el área de contacto efectiva. Para lijar la superficie, se debe tomar en cuenta que sea un papel de lija apropiado para el material y de un grado adecuado. Para evitar hacer canales en el material este procedimiento debe hacerse en movimientos circulares y de preferencia utilizando un papel de lija más grueso y después uno más fino.

e) Limpieza fina. Cualquier residuo de lija, material o polvo generado en el proceso anterior debe ser eliminado cuidadosamente. Se pueden usar los mismos métodos usados en el literal c). Manipular cada gasa empapada con pinzas de punta

finas y debe ser utilizada por la superficie una sola vez. Este procedimiento se debe repetir varias veces, hasta que la gasa no muestre señas de decoloración al pasarla por la superficie. La superficie debe dejarse seca y libre de residuos de gasa. Se debe evitar soplar o respirar cerca de la superficie y evitar el contacto manual.

f) Marcar la superficie. La superficie donde se van a aplicar las galgas, debe marcarse ligeramente, para ser alineadas (las galgas), según la deformación que se desea medir. Se debe utilizar un lápiz 4H para aluminio y un bolígrafo para acero, para hacer unas ligeras marcas en la periferia del lugar de aplicación de las galgas. Las galgas contienen señales de alineación.

g) Alcalinidad óptima. En el caso que la superficie debe ser tratada, para que su valor de alcalinidad esté entre 7 a 7.5 pH. Un neutralizador líquido es aplicado libremente sobre la superficie limpia, se talla y seca con gasa o con palillos con punta de algodón. El tallado y secado debe realizarse siempre en una sola dirección y sin reusar el algodón o la gasa. Si los procedimientos anteriores se han realizado con atención y cuidado, la superficie esta lista para que las galgas se adhieran. A partir de este

momento las galgas deben ser adheridas tan pronto sea posible para minimizar contaminación.

D.3.3 Adhesión de las galgas.

a) Posicionamiento de la galga. Manipular la galga con unas pinzas finas y se coloca en una superficie químicamente limpia con la superficie de adhesión hacia abajo. Si se utilizan los terminales para soldar, se recomienda colocar a 1.6 mm del límite de la galga y alineadas en el centro. Colocar cinta adhesiva de unos 10 ó 15 cm de largo y colocarla sobre la galga y terminal, de tal manera que queden centradas en la cinta. Levantar la cinta cuidadosamente en un ángulo de aprox. 45° de la superficie, trayendo consigo la galga y terminal adheridas, como se muestra la figura D.1

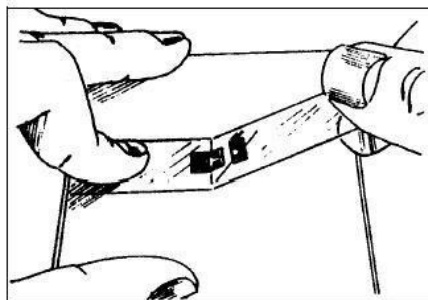


Figura D.1 Galga y terminal adheridas a la cinta.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

b) Alineación de la galga. Colocar la cinta con la galga y terminal en la superficie limpia de tal manera que las marcas de alineación coincidan con las marcas de la superficie y pegar firmemente un extremo de la cinta como se muestra en la figura adjunta. Si la alineación no coincidiera a satisfacción, levante la cinta de un extremo manteniendo un ángulo igual o menor a 45° hasta despegar la cinta completamente, se repite el procedimiento de alineación hasta quedar alineadas. Es recomendable usar cinta adhesiva especializada para estas aplicaciones ya que ésta no deja residuos de adhesivo cuando se despega.

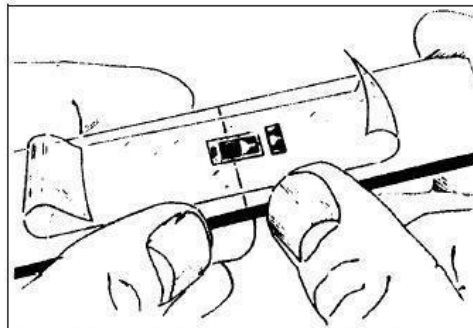


Figura D.2 Galga y terminal alineadas.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

c) Preparación final. Levantar la cinta con la galga en un ángulo agudo (véase Figura D.3) hasta que la terminal quede aproximadamente 1 cm libre. Doblar la cinta sobre si misma y

pegar el otro extremo sobre la superficie de tal manera que la galga y terminal queden expuestas en una superficie plana con la parte a adherirse hacia arriba (véase Figura D.4). Se deben revisar las especificaciones del fabricante para saber si la galga misma requiere de limpieza en la superficie de adhesión. Si la galga ha sido contaminada entonces debe ser limpiada con algodón y un neutralizador.

Algunos adhesivos requieren que se aplique a la galga un catalizador para que el adhesivo tome mejor efecto. Los siguientes tres pasos deben ser realizados en la secuencia mostrada y en un lapso de 3 a 5 segundos.

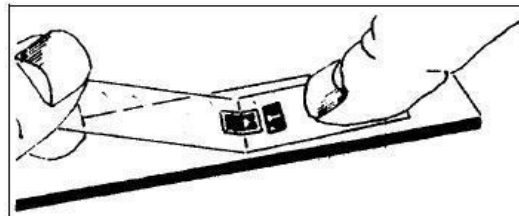


Figura D.3 Levantar la cinta en ángulo agudo.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

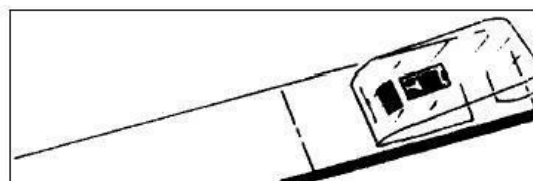


Figura D.4 Colocar la cinta dejando la galga expuesta.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

d) Aplicación del adhesivo. Levantar la cinta del lado que ha sido doblada sobre si misma, sin jalar ni doblar, se aplica una o dos

gotas de adhesivo en la unión de la cinta con la superficie a aproximadamente 1 cm. de la periferia de la galga con terminal (véase Figura D.5). Ésto permite que la polimerización instantánea del adhesivo al contacto con el espécimen no provoque imperfecciones en la homogeneidad y uniformidad de la película de adhesivo.

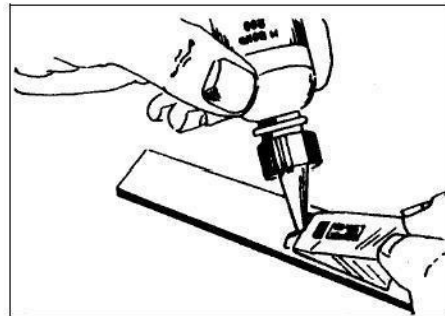


Figura D.5 Aplicación del adhesivo.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

e) Adhesión. Inmediatamente desdoblar la cinta para quedar a aproximadamente 30° de la superficie del espécimen con la galga y terminal haciendo un 'puente' sobre el lugar de instalación. Mientras se sostiene la cinta con una ligera tensión, se aplica una presión deslizando con los dedos y la gasa vaya oprimiendo la galga y terminal sobre su posición y alineación deseadas (véase Figura D.6). Se presiona de manera firme al 'recostar' la galga

sobre su posición ya que se requiere una película muy delgada y uniforme de adhesivo para resultados óptimos.

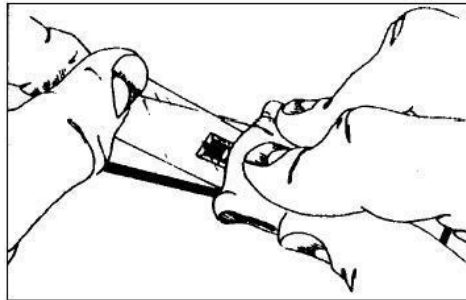


Figura D.6 Adhesión de la galga.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

f) Aplicación de presión. Inmediatamente después de la acción deslizante, ya con la galga en su posición y alineación correctas, se aplica una presión firme con el dedo pulgar sobre la galga y terminal (véase Figura D.7). Esta presión se debe ejercer por lo menos por espacio de un minuto. En condiciones de humedad baja (menos de 30% de HR) o en temperaturas menores a 20°C la presión debe extenderse a varios minutos, dependiendo de las condiciones. Cuando se tienen galgas de tamaño grande o superficies no uniformes puede requerirse de un dispositivo mecánico para aplicar la presión, por lo que también se requiere aplicar presión por más tiempo. El calor del dedo humano ayuda

a una rápida polimerización del adhesivo. Espere por lo menos dos minutos para quitar la cinta después de retirar la aplicación de presión.

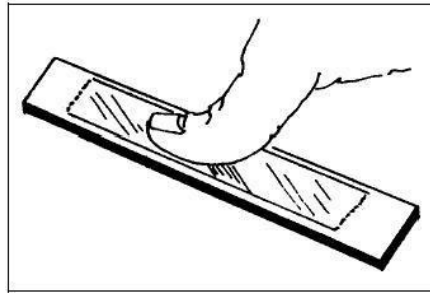


Figura D.7 Aplicación de presión.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

g) Retirar la cinta. La galga y terminal ya deben estar firmemente adheridas al espécimen. Para retirar la cinta, júlela directamente sobre sí misma de forma continua y lenta para evitar ejercer fuerzas innecesarias sobre la galga. Realmente no es necesario retirar la cinta inmediatamente después de la instalación y puede permanecer como protección mecánica hasta que se vaya a proceder a soldar.

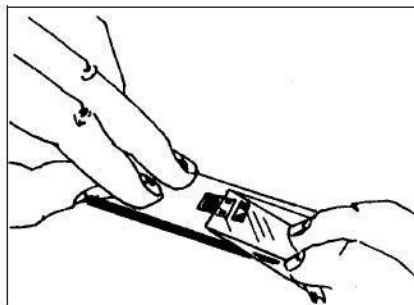


Figura D.8 Retirar la cinta.

(Tomado de <http://www.desi.iteso.mx>)

D.3.4 Barniz de recubrimiento.

La instalación completa debe protegerse mediante recubrimientos especializados. El tipo y técnica de recubrimiento depende de la aplicación y el ambiente de uso del sensor. En general se requiere de un barniz protector y podría llegar a requerirse una capa de silicón o cera para protección mecánica y contra humedad respectivamente.

D.4 Circuito integrado AD620BN: Teoría de funcionamiento.

El circuito integrado AD620BN es un amplificador de instrumentación monolítico, basado en una modificación del clásico arreglo de tres amplificadores, la configuración permite el manejo de la ganancia con solo una resistencia, con una exactitud del 0.15% con una ganancia de 100.

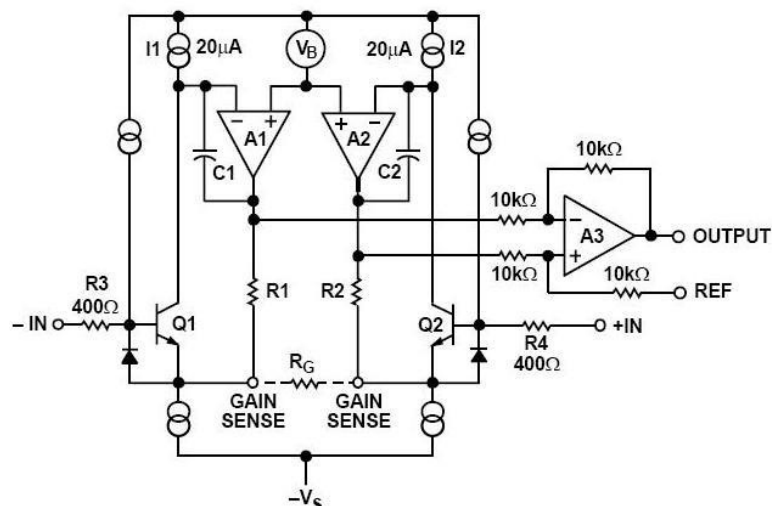


Figura D.9 Circuito equivalente del CI AD620BN.

(Tomado de <http://www.analog.com>)

Los transistores Q_1 y Q_2 (ver figura D.9), protegen una señal de entrada diferencial bipolar de alta precisión, la realimentación a través del lazo Q_1 - A_1 - R_1 y del lazo Q_2 - A_2 - R_2 mantienen la corriente del colector constante en las entradas de los transistores Q_1 y Q_2 , por lo cual la ganancia es controlada mediante el valor de la resistencia R_G . Ésto crea una ganancia diferencial desde las entradas a las salidas de los amplificadores operacionales A_1/A_2 , que es regida por la ecuación:

$$G = \frac{R_1 + R_2}{R_G} + 1 \quad (D1)$$

La ganancia negativa del amplificador operacional A_3 remueve cualquier señal en modo común, brindando una salida referida al potencial del pin REF. El valor de R_G también determina la transconductancia de la etapa preamplificadora. Estas características tienen tres ventajas importantes:

- a) Se incrementa la ganancia programada y se reduce la ganancia del error.

- b) El ancho de banda de la ganancia (determinado por los capacitores C1 y C2 y la transductancia pre-amplificadora) incrementa la ganancia programada, con lo cual se optimiza la respuesta de frecuencia.
- c) El ruido producido por el voltaje de entrada, se reduce a un valor de $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, determinado principalmente por la corriente del colector y la resistencia de base de los dispositivos de entrada.

Las resistencias de ganancia interna (R_1 y R_2) están modificadas a un valor absoluto de $24.7 \text{ k}\Omega$, con lo cual la ganancia del sistema será programada con exactitud con un resistor simple externo. Con lo que la ecuación queda:

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad (D2)$$

$$R_G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

De la ecuación anterior, para una resistencia de 120Ω , tenemos una ganancia de 412.

D.5 Características del circuito integrado AD620BN.

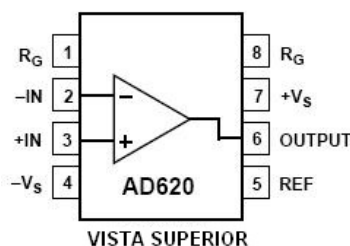


Figura D.10 Configuración de pines del AD620BN.

(Tomado de <http://www.analog.com>)

El integrado AD620BN es un amplificador de instrumentación de alta precisión que solo requiere de una resistencia externa para controlar su ganancia, la cual puede estar entre 1 a 10000. Este dispositivo ofrece un bajo consumo de corriente, 1.3 mA de corriente máxima de entrada. Este dispositivo, debido a su alta precisión ofrece: una desviación de linealidad de 40 ppm ($10 \mu\text{V} = 1 \text{ ppm}$), un voltaje de desvío V_{OFFSET} de $50 \mu\text{V}$ como valor máximo y una tendencia máxima de desvío de $0.6 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$, siendo de amplia aplicación en sistemas de adquisición de datos de alta precisión, como escalas de peso e interfaces de transductores. Además, este circuito integrado tiene un valor bajo de corriente bias de entrada (1 nA como valor máximo), esto logrado con el arreglo y modificación de los Beta de los transistores en la etapa de entrada. El bajo nivel de ruido, el valor bajo de las corrientes bias de entrada y consumo de baja potencia lo hace ideal en aplicaciones médicas, como electrocardiógrafos y monitores de presión sanguínea con medición no-invasiva.

D.6 Hoja de especificaciones del circuito integrado AD620BN

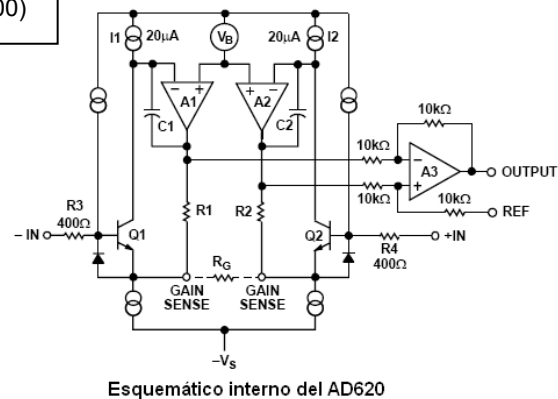
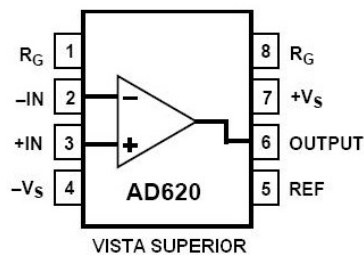
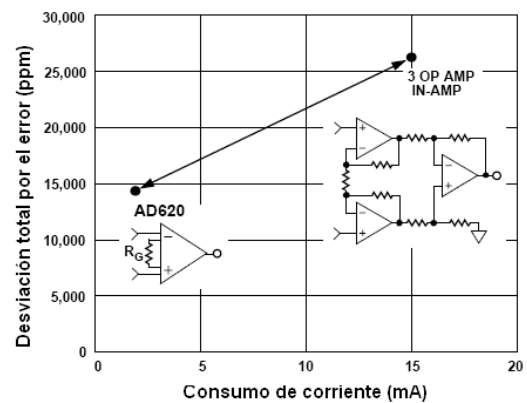


Amplificador de Instrumentación de baja potencia

AD620BN

Características

- Fácil manejo.
- Manejo de la ganancia mediante resistencia externa (rango de 1 a 10000).
- Rango de alimentación (+/-2.3 V a +/- 18 V).
- Mayor rendimiento que la configuración 3 amplificadores individuales.
- Máximo consumo de corriente 1.3 mA
- Excelente desempeño en nivel DC.
- Voltaje de desvío V_{OFFSET} 50 μV .
- Variación del V_{OFFSET} con respecto a la temperatura 0.6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.
- Máxima corriente bias de entrada 1.0 nA.
- Radio de rechazo en modo común 100 db (valor mínimo).
- Bajo nivel de ruido 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @ 1 kHz.
- Ruido con valores 0.28 $\mu\text{Vp-p}$ (0.1 Hz a 10 Hz).
- Ancho de banda AC 120 kHz (G=100)



Parámetro	Condiciones	AD620B			Unidad
		Min	Typ	Max	
Ganancia	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega / R_G)$				
Rango de ganancia		1		10,000	
Error de ganancia	$V_{OUT} = \pm 10 \text{ V}$				
G = 1			0.01	0.02	%
G = 10			0.10	0.15	%
G = 100			0.10	0.15	%
G = 1000			0.35	0.50	%
No linealidad	$V_{OUT} = -10 \text{ V to } +10$				
G = 1-1000	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$		10	40	ppm
G = 1-100	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$		10	95	ppm
Ganancia vs Temperatura	G = 1			10	ppm/°C
	Gain > 1 ²			-50	ppm/°C
Voltaje Offset	(Total RTI Error = $V_{osi} + V_{oso}/G$)				
Desviación de entrada	$V_s = \pm 5 \text{ V}$		15	50	μV
Vosi	$a \pm 15 \text{ V}$				
Sobretemperatura	$V_s = \pm 5 \text{ V}$			85	μV
Promedio TC	$a \pm 15 \text{ V}$		0.1	0.6	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Desviación de salida	$V_s = \pm 15 \text{ V}$		200	500	μV
Voso	$V_s = \pm 5 \text{ V}$			750	μV
Sobretemperatura	$V_s = \pm 5 \text{ V}$			1000	μV
Promedio TC	$a \pm 15 \text{ V}$		2.5	7.0	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Desviación referida a Entrada vs Alimentación (PSR)	$V_s = \pm 2.3 \text{ V}$				
G = 1	$a \pm 18 \text{ V}$	80	100		dB
G = 10		100	120		dB
G = 100		120	140		dB
G = 1000		120	140		dB
Corriente de entrada					
Corriente de entrada bias			0.5	1.0	nA
Sobretemperatura				1.5	nA
Promedio TC			3.0		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Desviación de corriente de entrada			0.3	0.5	nA
Sobretemperatura				0.75	nA
Promedio TC			1.5		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Entrada					
Impedancia de entrada					
Diferencial			10||2		$\text{G}\Omega\text{-pF}$
Modo Común			10||2		$\text{G}\Omega\text{-pF}$
Rango de Voltaje de entrada	$V_s = \pm 2.3 \text{ V}$	- $V_s + 1.9$		+ $V_s - 1.2$	V
Sobretemperatura	$a \pm 5 \text{ V}$	- $V_s + 2.1$		+ $V_s - 1.3$	V
	$V_s = \pm 5 \text{ V}$	- $V_s + 1.9$		+ $V_s - 1.4$	V
	$a \pm 18 \text{ V}$	- $V_s + 2.1$		+ $V_s + 2.1$	V

Parámetro	Condiciones	AD620B			Unidad	
		Min	Typ	Max		
Rechazo en Modo Común Radio DC a 60 Hz con Imbalance de la fuente 1 kΩ G = 1 G = 10 G = 100 G = 1000	$V_{CM} = 0\text{ V a}$ $\pm 10\text{ V}$	80	90		dB	
		100	110		dB	
		120	130		dB	
		120	130		dB	
Salida Balance de Salida Sobretemperatura Sobretemperatura Corriente de Corto Circuito	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ $\text{a } \pm 5\text{ V}$ $V_S = \pm 5\text{ V}$ $\text{a } \pm 18\text{ V}$	$-V_S + 1.1$		$+V_S - 1.2$	V	
		$-V_S + 1.4$		$+V_S - 1.3$	V	
		$-V_S + 1.2$		$+V_S - 1.4$	V	
		$-V_S + 1.6$		$+V_S - 1.5$	V	
			± 18		mA	
Respuesta Dinámica Señales pequeñas | -3 dB Bandwidth G = 1 G = 10 G = 100 G = 1000 Slew Rate Settling Time to 0.01% G = 1-100 G = 1000	10 V Step		1000		kHz	
				800		kHz
				120		kHz
				12		kHz
		0.75	1.2			V/ μ s
			15			μ s
			150			μ s
Ruido Nivel de ruido 1kHz Entrada. Nivel de ruido e_{ni} Salida. Nivel de ruido e_{no} RTI, 0.1 Hz to 10 Hz G = 1 G = 10 G = 100-1000 Nivel de Ruido en corriente 0.1 Hz to 10 Hz	$Total\ RTI\ Noise = \sqrt{(e_{ni}^2) + (e_{no}/G)^2}$ $f = 1\text{ kHz}$		9	13	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	
			72	100	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	
			3.0	6.0	μ V p-p	
			0.55	0.8	μ V p-p	
			0.28	0.4	μ V p-p	
			100		fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$	
	10		pA p-p			
Referencia de entrada R_{IN} I_{IN} Rango de voltaje Ganancia a la salida	$V_{IN+}, V_{REF} = 0$		20		kΩ	
			50	60	μ A	
		$-V_S + 1.6$		$+V_S - 1.6$	V	
		1 ± 0.0001				
Fuente de alimentación Rango de operación Corriente estable Sobretemperatura	$V_S = \pm 2.3\text{ V}$ $\text{a } \pm 18\text{ V}$	± 2.3		± 18	V	
			0.9	1.3	mA	
			1.1	1.6	mA	
Rango de temperatura		$-40\text{ to } +85$			$^{\circ}\text{C}$	

APÉNDICE E

MICROCONTROLADOR PROGRAMABLE

PIC 16F877A

Apéndice E.

E.1 Características eléctricas del PIC16F877A.

Tabla E.1 Características eléctricas del PIC16F877A.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Temperatura ambiente	-55°C a +125°C
Temperatura de almacenamiento	-65°C a +150°C
Voltaje en cualquier pin respecto a V_{SS} (excepto V_{DD} , MCLR y RA4)	-0.3 V_{DC} a $V_{DD}+0.3V_{DC}$
Voltaje en V_{DD} con respecto a V_{SS}	-0.3 V_{DC} a +7.5 V_{DC}
Voltaje en MCLR con respecto a V_{SS}	0 a +14 V_{DC}
Voltaje en RA4 con respecto a V_{SS}	0 a +8.5 V_{DC}
Potencia total de disipación	1 W
Máxima corriente del pin V_{SS}	300 mA
Máxima corriente del pin V_{DD}	250 mA
Corriente de entrada I _{IK} ($V_I < 0$ or $V_I > V_{DD}$)	±20 mA
Corriente de salida I _{OK} ($V_O < 0$ or $V_O > V_{DD}$)	±25 mA
Corriente máxima de salida en cualquier pin E/S	25 mA
Corriente máxima de salida en cualquier pin E/S hacia la fuente	25 mA
Corriente máxima de salida por PORTA, ORTB, PORTE combinada	200 mA
Corriente máxima de salida por PORTA, PORTB, PORTE combinada hacia la fuente	200 mA
Corriente máxima de salida por PORTC, PORTD combinada	200 mA
Corriente máxima de salida por PORTCA, PORTD combinada hacia la fuente	200 mA

E.2 Características del núcleo del microcontrolador PIC16F877A.

- CPU tipo RISC de alto desempeño
- 35 instrucciones de una palabra para ser utilizados.
- Todas las instrucciones son de un ciclo excepto las de bifurcación que son de dos ciclos.
- Velocidad de operación:
 - DC – 20 MHz entrada de reloj
 - DC – 200 ns ciclos de instrucción
- 8K x 14 palabras de memoria FLASH de Programa
368 x 8 bytes de Memoria de datos (RAM)
256 x 8 bytes de Memoria de datos (EEPROM).
- Diagrama de Pines compatible con PIC 16C73B/74B/76/77
- Capacidad de interrupciones (hasta 14 fuentes).
- Ocho niveles de pila de hardware.
- Modos de direccionamiento directo, indirecto y relativo.
- Reset en el Encendido (POR).
- Temporizador de estabilización de la energía (PWRT) y Temporizador de estabilización del Oscilador (OST).
- Temporizador Perro Guardián (WDT) con su propio oscilador RC integrado.
- Protección de Código programable.
- Modo SLEEP para ahorro de energía.

- Opciones para elegir oscilador.
- Memoria de Programa FLASH/EEPROM con tecnología CMOS de bajo consumo y alta velocidad.
- Diseño completamente estático.
- Programación Serial en circuito (ICSP) por medio de dos pines.
- Capacidad de programación en circuito fuente de 5 V.
- Depuración en circuito a través de dos pines.
- Procesador con acceso a leer/escribir memoria de programa.
- Amplio rango de voltaje de operación: 2.0 V a 5.5 V
- Gran manejo de corriente: 25 mA.
- Rangos de temperatura Comercial e Industrial
- Bajo consumo de energía:
 - ❖ < 2 mA típico @ 5V, 4 Mhz
 - ❖ 20 mA típico @ 3V, 32 MHz
 - ❖ < 1mA típico en reposo.

E.3 Descripción de los Pines del PIC 16F877A.

En la tabla E2 se puede apreciar la descripción de cada uno de los pines del PIC.

Tabla E.2 Descripción de los pines del PIC16F877A.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
RA0/AN0	2	I/O	TTL	PORTA es un puerto I/O bidireccional RA0: puede ser salida analógica 0 RA1: puede ser salida analógica 1 RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje RA4: puede ser entrada de reloj el timer0. RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el puerto serial síncrono.
RA1/AN1	3	I/O	TTL	
RA2/AN2/ Vref-	4	I/O	TTL	
RA3/AN3/Vref+	5	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	I/O	TTL	
RBO/INT	33	I/O	TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. RB0 puede ser pin de interrupción externo. RB3: puede ser la entada de programación de bajo voltaje Pin de interrupción Pin de interrupción Pin de interrupción Reloj de programación serial
RB1	34	I/O	TTL	
RB2	35	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	I/O	TTL	
RB4	37	I/O	TTL	
RB5	38	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST	
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST	
Vss	12.31	P	-	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O
Vdd	11.32	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
NC	-	-	-	No está conectado internamente
MCLR/Vpp/THV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test

Tabla E.2. Descripción de los pines del PIC 16F877A (continuación).

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

NOMBRE DEL PIN	PIN	TIPO	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
RCO/T1OSO/ T1CKI	15	I/O	ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional RCO puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1 RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2 RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C RC5 puede ser la salida de datos SPI RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono. RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos
RC1/T1OS1/C CP2	16	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	I/O	ST	
RC3/SCK/SC L	18	I/O	ST	
RC4/SD1/SD A	23	I/O	ST	
RC5/SD0	24	I/O	ST	
RC6/Tx/CK	25	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	I/O	ST/TTL	PORTD es un puerto bidireccional paralelo
RD1/PSP1	20	I/O	ST/TTL	
RD2/PSP2	21	I/O	ST/TTL	
RD3/PSP3	22	I/O	ST/TTL	
RD4/PSP4	27	I/O	ST/TTL	
RD5/PSP5	28	I/O	ST/TTL	
RD6/PSP6	29	I/O	ST/TTL	
RD7/PSP7	30	I/O	ST/TTL	
REO/RD/AN5	8	I/O	ST/TTL	PORTE es un puerto I/O bidireccional REO: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5 RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6 RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.
RE1/WR/AN6	9	I/O	ST/TTL	
RE2/CS/AN7	10	I/O	ST/TTL	
OSC1/CLKIN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLKO UT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal

E.4 Conjunto de instrucciones del PIC16F877A.

Tabla E.3 Conjunto de instrucciones.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

INSTRUCCIÓN		DESCRIPCION	ESTADO AFECTADO
Instrucciones orientadas a byte			
ADDWF	f,d	Sumar W y f	C, DC, Z
ANDWF	f,d	Función AND entre W y f	Z
CLRF	f	Aclarar f	Z
CLRWF	-	Aclarar W	Z
COMF	f,d	Complementar f	Z
DECWF	f,d	Decrementar f	Z
DECFSZ	f,d	Decrementar f saltar si es '0'	
INCF	f,d	Incrementar f	Z
INCFSZ	f,d	Incrementar f saltar si es '0'	
IORWF	f,d	Función OR entre W y f	Z
MOVWF	f,d	Mover f	Z
MOVWF	f	Mover W a f	
NOP	-	-	-
RLF	f,d	Rotar a la izquierda a través del carry	C
RRWF	f,d	Rotar a la derecha a través del carry	C
SUBWF	f,d	Restar W de f	C, DC, Z
SWAPF	f,d	Intercambiar nibbles de f	
XORWF	f,d	Función OR exclusiva entre W y f	Z
Instrucciones orientadas a bit			
BCF	f,b	Aclarar el bit b de f	
BSF	f,b	Activar el bit b de f	
BTFSC	f,b	Probar el bit b de f, saltar si es '0'	
BTFSS	f,b	Probar el bit b de f, saltar si es '1'	
Instrucciones orientadas a Control y Literal			
ADDLW	k	Sumar literal k a W	C, DC, Z
ANDLW	k	Función AND entre literal k a W	Z
CALL	k	Llamar la rutina k	
CLRWDT	-	Aclarar WDT	TO, PD
GOTO	k	Saltar a la dirección k	
IORLW	k	Función OR entre k y W	Z
MOVLW	k	Cargar a W el literal de k	
RETFIE	-	Retornar de la interrupción	
RETLW	k	Retornar y cargar a W con k	
RETURN	-	retornar de una subrutina	
SLEEP	-	Ir al modo de bajo consumo	TO, PD
SUBLW	k	Restarle k a W	C, DC, Z
XORLW	k	Función OR exclusiva entre k y W	Z

E.5 Registros de Control del PIC16F877A.

E.5.1 Registro de Estado (STATUS).

El registro ESTADO es el registro más usado y se encuentra ubicado en la dirección 3 tanto del banco 0 como del 1 de la memoria de datos RAM. Sus bits tienen tres misiones distintas:

- Registran un los cambios e incidencias del resultado del procesador (C, DC y Z).
- Indican el estado de Reset (TO# y PD#).
- Seleccionan el banco a acceder en la memoria de datos (IRP, RP0 y RP1).

Los señalizadotes TO# y PD# son activos de nivel bajo e indican la causa que ha provocado la reinicialización del sistema.

El bit IRP (bit más significativo) está concatenado con el registro FSR para elegir el banco de la RAM en el direccionamiento indirecto; mientras que los bits RP1:RP0 se utilizan en el direccionamiento directo. En la Tabla E.4 se describen cada uno de los bits del registro.

Tabla E.4 Registro de Estado (STATUS).(Tomado de <http://www.microchip.com>)

R/w	R/w	R/W	R	R	R/W	R/W	R/W
IRP	RP1	RP0	TO#	PD#	Z	DC	C
bit 7					bit 0		

bit 0: C: Acarreo en el bit de más peso
1 = Existe acarreo en el bit más significativo
0 = No existe acarreo en el bit más significativo.

bit 1: DC: Acarreo en el bit 4
1 = Existe acarreo en el bit 4
0 = No existe acarreo en el bit 4

bit 2: Z: Cero
1 = El resultado de una instrucción lógico-aritmética ha sido cero.
0 = El resultado de una instrucción lógico-aritmética no ha sido cero.

bit 3: PD#: Power Down
1 = Se pone a este valor después de la conexión a la alimentación o al ejecutar *clrwdt*.
0 = Se pone a este valor al ejecutar *sleep*.

bit 4: TO#: Time Out
1 = Obtiene este valor después de la conexión a la alimentación o al ejecutar CLRWDT y SLEEP.
0 = Obtiene este valor al desbordarse el Perro Guardián (*Watchdog*).

bit 6:5: RP1-RP0: Selección de banco en direccionamiento directo
Dependiendo de los valores de estos bits, se accede al banco correspondiente: banco 0, banco 1, banco 2, banco 3. Cada banco de 128 bytes.

11 = Bank 3 (180h-1FFh)
10 = Bank 2 (100h-17Fh)
01 = Bank 1 (80h-FFh)
00 = Bank 0 (00h-7Fh)

bit 7: IRP: Selección del banco en direccionamiento indirecto
Este bit junto con el de más peso del registro FSR sirven para determinar el banco de la memoria de datos seleccionado.
1 = Bank 2, 3 (100h-1FFh)
0 = Bank 0, 1 (00h-FFh)

E.5.2 Registro de Opciones (OPTION).

Entre las funciones de operación del registro se tiene:

- Asigna el divisor de frecuencia para el Timer0 o el perro guardián *Wachtdog*.
- Se elije el rango en que trabajará el divisor de frecuencia.
- Selecciona el tipo de reloj del Timer0, que puede ser externo o interno, a través del pin T0CKL y el flanco activo (ascendente/descendente)
- Selecciona el flanco activo para la interrupción externa RB0/INT.
- Activa o desactiva las resistencias pull-up de la puerta B.

El registro OPTION, después de cualquier reinicialización adopta el valor de 1111 1111. En la Tabla E.5 se describen cada uno de los bits de este registro.

Tabla E.5 Registro de Opciones (OPTION).

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

R/W	R/W	R/W		R	R/W	R/W	R/W
RBU#	INTDEG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
<p>bit 7: RBU#: Conexión de cargas Pull-Up para la puerta B. 1 = Cargas Pull-Up desconectadas</p> <p>bit 6: INTDEG: Tipo de flanco para la interrupción. 1 = RB0/INT sensible a flanco ascendente. 0 = RB0/INT sensible a flanco descendente.</p> <p>bit 5: T0CS: Fuente de reloj para el contador (registro TMR0). 1 = Pulsos por pata T0CLK (contador). 0 = Pulsos igual a reloj interno / 4 (temporizador).</p> <p>bit 4: T0SE: Tipo de flanco activo del T0CLK. 1 = Incremento TMR0 en flanco descendente. 0 = Incremento en flanco ascendente</p> <p>bit 3: PSA: Asignación del divisor de frecuencia. 1 = Divisor asignado al WDT. 0 = Divisor asignado al TMR0.</p> <p>A bit 2:0 PSA2:PSA0: Valor del divisor de frecuencia.</p>							
PS2	PS1	PS0	División del TMR0	PS2	PS1	PS0	División del WDT
0	0	0	1 / 2	0	0	0	1 / 1
0	0	1	1 / 4	0	0	1	1 / 2
0	1	0	1 / 8	0	1	0	1 / 4
0	1	1	1 / 16	0	1	1	1 / 8
1	0	0	1 / 32	1	0	0	1 / 16
1	0	1	1 / 64	1	0	1	1 / 32
1	1	0	1 / 128	1	1	0	1 / 64
1	1	1	1 / 256	1	1	1	1 / 128

E.6 Organización de la memoria y direccionamiento de los datos.

E.6.1 Memoria de Programa.

Esta memoria tiene un bus independiente con respecto a la memoria de datos (Arquitectura Harvard), estos microcontroladores constan de un contador de programa (PC) de 13 bits de longitud, el PC permite direccionar una palabra de 8K de 14 bits de longitud en el espacio de la memoria de programa. Además constan de una memoria FLASH con palabras de 8K de 14 bits de longitud. Las direcciones del vector RESET e Interrupción son 0000h y 0004h, respectivamente. La memoria de programa debe ser considerada, a los efectos de la programación, como compuesta por secciones o páginas de 512 posiciones. A su vez cada página debe considerarse dividida en dos partes de 128 posiciones cada una.

E.6.2 La Pila

En los microcontroladores PIC la pila es una memoria interna dedicada, de tamaño limitado, separada de las memorias de datos y de programa, inaccesible al programador y organizada en forma de pila, que es utilizada solamente y en forma automática, para guardar las direcciones de retorno de subrutinas e interrupciones. Cada posición es de 11 bits y permite guardar una

copia completa del PC. Como en toda memoria tipo pila, los datos son accedidos de manera tal que el primero que entra es el ultimo que sale. La pila tiene 8 niveles de profundidad por un ancho de 13 bits (véase Figura E.1), tanto la pila como el puntero interno que la direcciona, son invisibles para el programador, solo se los accede automáticamente para guardar o rescatar las direcciones de programa cuando se ejecutan: las instrucciones de llamada, retorno de subrutinas, cuando se produce una interrupción o se ejecuta una instrucción de retorno de ella.

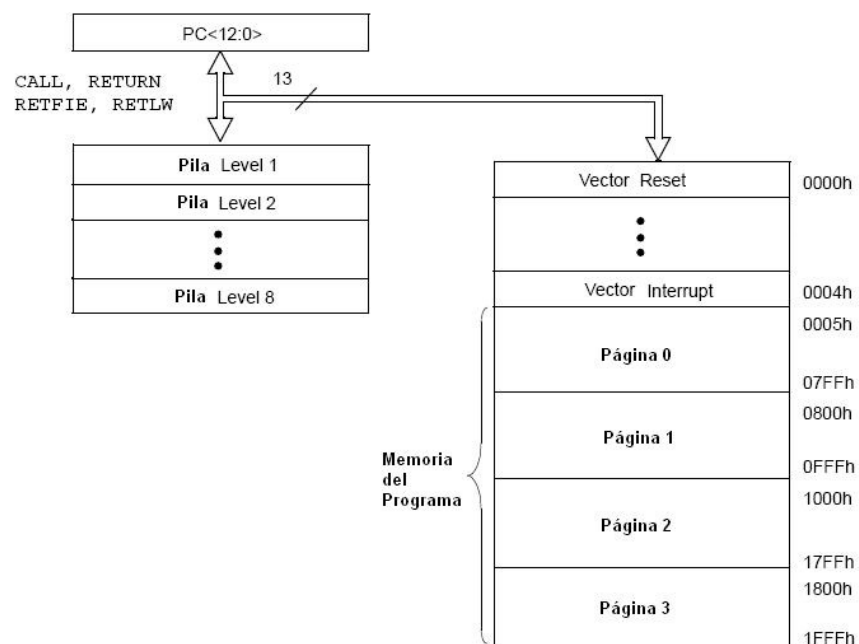


Figura E.1 Pila y memoria de programa del PIC.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

E.6.3 Memoria de datos.

La memoria de datos, también llamada archivo de registros (register file), se encuentra dividida en múltiples bancos, los cuales contienen los Registros de Propósitos Generales y los Registros de Funciones Específicas. Para acceder a cada banco, se lo realiza con los bits del registro STATUS RP1 (Status <6>) y RP0 (Status <5>) y cada banco tiene 7Fh posiciones (128 bytes, véase Figura E.3). La parte baja de cada banco está reservada por los registros de Funciones Especiales y a continuación se encuentran los Registros de Propósito General (implementados como RAM estática). Las funciones de un banco pueden acceder a las funciones de otro banco debido al código de reducción o rápido acceso.

E.6.4 Direccionamiento de los datos.

Para direccionar los datos a cada uno de los bancos existen dos métodos para realizar dicha función: Directo e Indirecto.

◆ *Direccionamiento Directo*: El operando que utiliza la instrucción en curso se referencia mediante su dirección, que viene incluida en el código OP de la misma, concretamente en los

7 bits de menos peso. El banco a acceder lo determinan los bits RP0 y RP1 del registro ESTADO.

♦ *Direccionamiento Indirecto*: Este modo de direccionamiento se usa cuando en una instrucción se utiliza como operando el registro INDF, que ocupa la dirección de ambos bancos. En realidad el registro INDF no está implementado físicamente y cuando se le hace referencia, se accede a la dirección de un banco especificada con los bits de menos peso del registro FSR. El bit de más peso de FSR junto al bit IRP del registro ESTADO se encargan de seleccionar el banco a acceder, mientras que los 7 bits de menos peso apuntan a la posición.

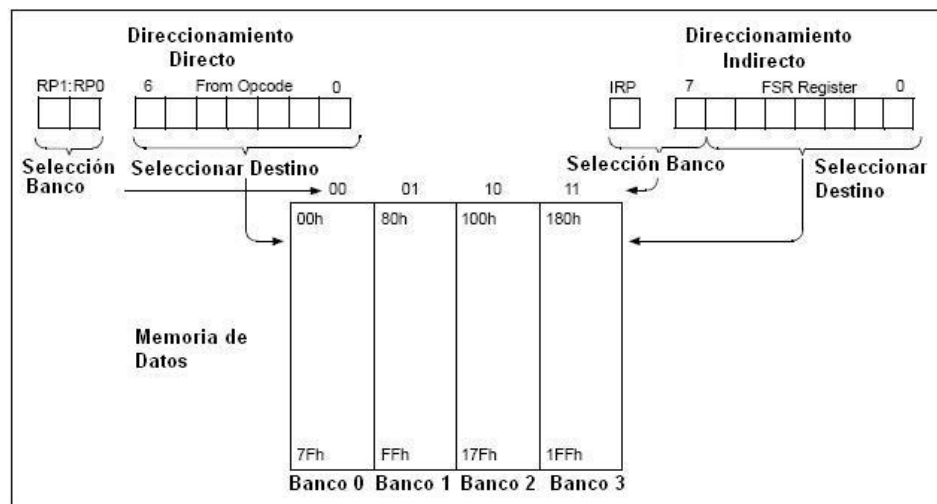


Figura E.2 Direccionamiento de los datos.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

E.6.5 Segmentación Pipe-line.

La segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente, esta técnica de segmentación se denomina “pipe-line”.

De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (un ciclo de instrucción equivale a cuatro ciclos de reloj- Figura E.4)

La estructura segmentada del procesador permite realizar al mismo tiempo la fase de ejecución de una instrucción y la de búsqueda de la siguiente. Cuando la instrucción ejecutada corresponde a un salto no se conoce cuál será la siguiente hasta que se realice, por eso en esta situación se sustituye la fase de búsqueda por un ciclo “vacío”, originando que las instrucciones de salto tarde en realizarse dos ciclos de instrucción.

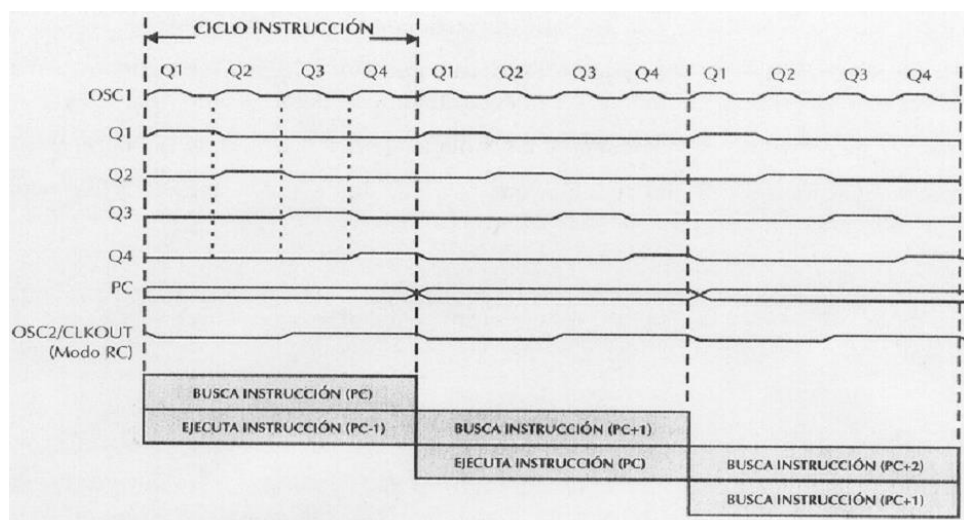


Figura E.3 Segmentación Pipe-line.

donde:

Q1: Durante este impulso se incrementa el Contador de Programa.

Q2-Q3: Durante la activación de estas dos señales se produce la decodificación y la ejecución de la instrucción.

Q4: Durante este impulso se busca el código de la instrucción en la memoria del programa y se carga en el Registro de Instrucciones.

E.7 Puertos de Entrada y Salida E/S.

Los microcontroladores PIC 16F877A, poseen entradas multifuncionales, divididas cinco puertos (A,B,C,D,E); todas ellas pueden funcionar como entradas/salidas digitales, referencias o entradas analógicas.

Puerto A y Registro TRISA.

El Puerto A dispone de 6 pines bidireccionales que se configuran como entrada/salidas. El correspondiente registro de dirección de datos es TRISA; si el bit del registro TRISA = 1, la línea correspondiente al bit queda configurada como entrada, si el bit del registro TRISA = 0, la línea correspondiente al bit queda configurada como salida. La lectura del registro PORTA, brinda la configuración de los pines de Puerto A; la

escritura en los pines se realiza mediante la operación lectura-modificación-escritura, es decir, se leen los pines, se modifican su valor y luego se escribe en el puerto latch de datos.

El pin RA4 es funcional con la entrada al módulo de reloj TIMER0, este pin trabaja como entrada Schmitt Trigger y salida de drenaje abierto. Los pines restantes del Puerto A tienen niveles de entrada TTL y salida con dispositivos CMOS.

Los pines del Puerto A pueden ser configurados como entradas analógicas o entradas de referencia V_{REF} , cuando se trabaja con comparadores y convertidores analógico-digitales del PIC. La configuración de cada pin es seleccionada con los correspondientes bits de control en los registros ADCON1 y CMCON. El registro TRISA controla la dirección del puerto de los pines, cuando éstos son utilizados como entradas analógicas.

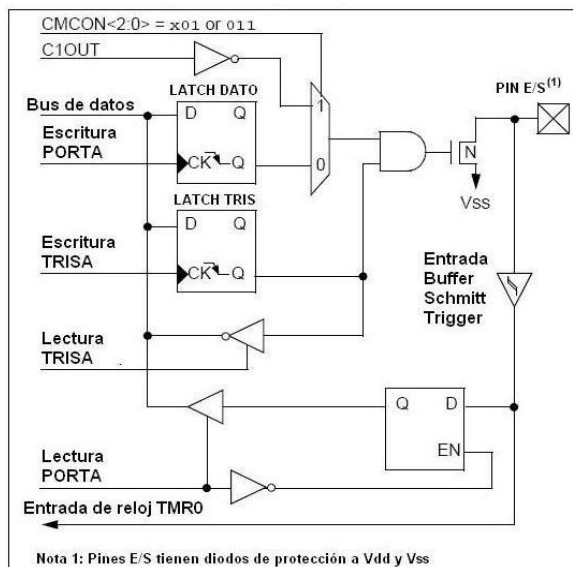


Figura E.4 Diagrama de bloques del pin RA4/T0CKL.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

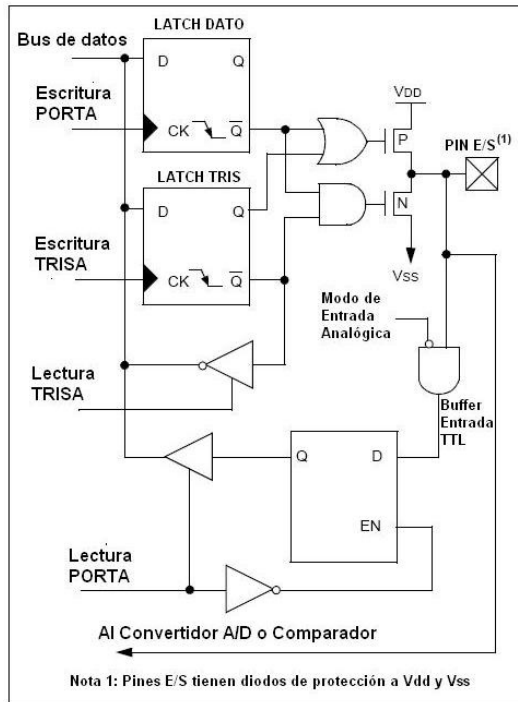


Figura E.5 Diagrama de bloques de los pines RA3:RA0.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

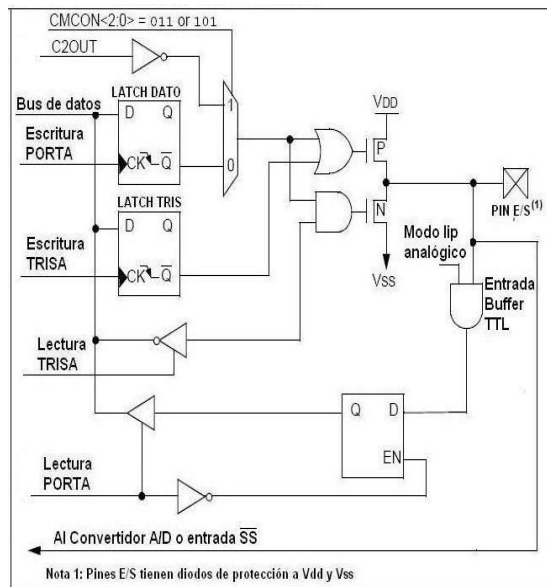


Figura E.6 Diagrama de bloques del pin RA5.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Tabla E.6 Descripción de los pines del Puerto A.(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Nombre	Bit	Buffer	Descripción
RA0/AN0	bit 0	TTL	Entrada/salida digital o entrada analógica
RA1/AN1	bit 1	TTL	Entrada/salida digital o entrada analógica
RA2/AN2/Vref-/Cvref	bit 2	TTL	Entrada/salida digital o entrada analógica o V_{REF-} o CV_{REF}
RA3/AN3/Vref+	bit 3	TTL	Entrada/salida digital o entrada analógica o V_{REF+}
RA4/T0CKL/C1OUT	bit 4	ST	Entrada/salida digital o entrada de reloj externa para Timer0 o salida del comparador. Salida de tipo drenaje-abierto
RA5/AN4/SS/C2OUT	bit 5	TTL	Entrada/salida digital o entrada analógica o entrada selección esclava para puerto serial sincrónico o salida comparador externa para Timer0 o salida del comparador

Nota: TTL = Entrada TTL ST = Entrada Schmitt Trigger

Puerto B y Registro TRISB.

El Puerto B dispone de 8 pines bidireccionales que se configuran como entrada/salidas. El correspondiente registro de dirección de datos es TRISB, al configurar el bit del TRISB = 1, la línea correspondiente al bit queda configurada como entrada; si el bit del TRISB = 0, la línea correspondiente queda configurada como salida.

Todos los pines del puerto B disponen de una resistencia interna pull-up, dispuesta al positivo de la alimentación, que queda conectada cuando el bit RPBU# (bit 7 del registro OPTION) tiene valor 0. La

resistencia pull-up, que es un transistor CMOS tipo P (véase Figura E.7), se conecta automáticamente siempre que la línea está configurada como salida. Al producirse un Reset por conexión de la alimentación todas las resistencias pull-up son desconectadas.

Tabla E.7 Descripción de los pines del Puerto B.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Nombre	Bit	Buffer	Descripción
RB0/INT	bit 0	TTL/ST ⁽¹⁾	Pin entrada/salida o entrada de interrupción externa. Resistencia pull-up programable internamente
RB1	bit 1	TTL	Pin entrada/salida. Resistencia pull-up programable internamente.
RB2	bit 2	TTL	Pin entrada/salida. Resistencia pull-up programable internamente.
RB3/PGM ⁽³⁾	bit 3	TTL	Pin entrada/salida o pin programable en modo LVP. Resistencia pull-up programable internamente.
RB4	bit 4	TTL	Pin entrada/salida (con interrupción por cambio). Resistencia pull-up programable internamente.
RB5	bit 5	TTL	Pin entrada/salida (con interrupción por cambio). Resistencia pull-up programable internamente.
RB6/PGC	bit 6	TTL/ST ⁽²⁾	Pin entrada/salida (con interrupción por cambio) o pin depurador del circuito Resistencia pull-up programable internamente. Programación serial del reloj
RB7/PGD	bit 7	TTL/ST ⁽²⁾	Pin entrada/salida (con interrupción por cambio) o pin depurador del circuito Resistencia pull-up programable internamente. Programación serial de datos.

Nota:

TTL= Entrada TTL ST= Entrada Schmitt Trigger

- 1: Este Buffer es una entrada Schmitt Trigger cuando está configurada como interrupción externa.
- 2: Este Buffer es una entrada Schmitt Trigger cuando está configurada en Modo Serial Programación o circuito depurador.
- 3: Programación ICSP Bajo-Voltaje es habilitada por defecto cuando se deshabilita la función RB3

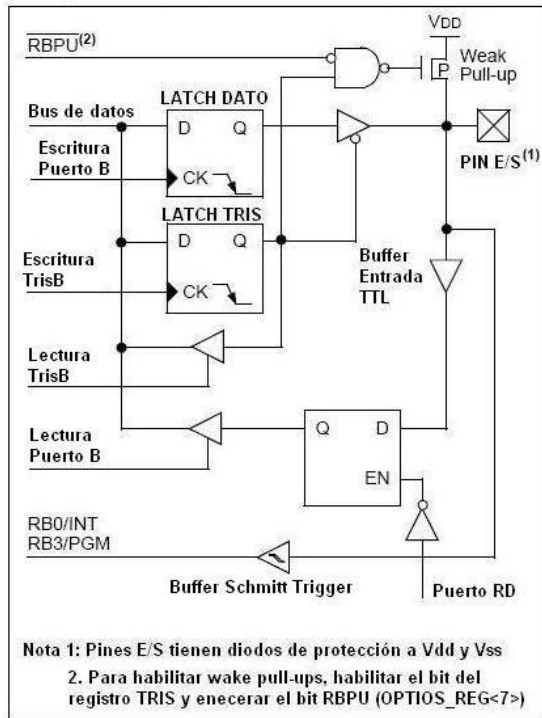


Figura E.7 Diagrama de bloques de los pines RB3:RB0.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

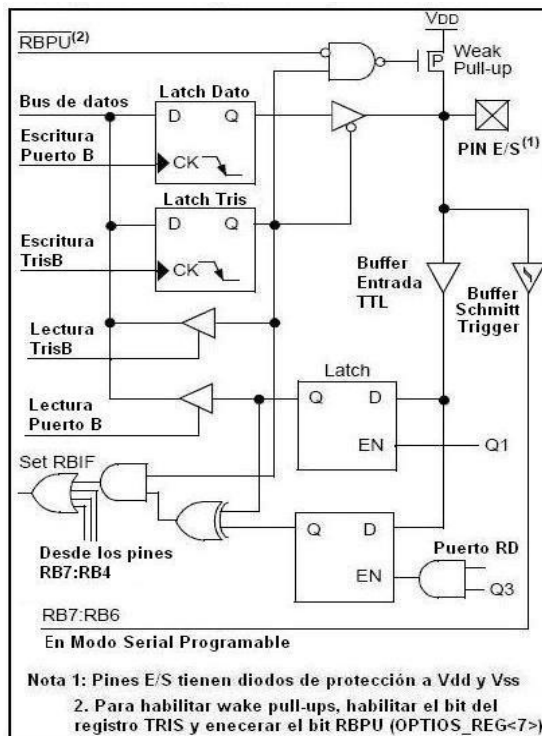


Figura E.8 Diagrama de bloques de los pines RB7:RB4.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Los pines RB7:RB4, pueden programarse para generar interrupciones cuando una de ellas cambia de estado. Para ello, se deben configurar como entradas y comparar el valor presente con el anterior, verificando la condición para generar la interrupción, donde el señalizador RBIF (bit 0 del registro INTCON) se coloca a 1.

El pin RB0/INT puede programarse como petición de interrupción externa, si se configura mediante el respectivo bit de permiso, que se encuentre en el registro INTCON.

Puerto C y Registro TRISC

El puerto C dispone de 8 pines bidireccionales, que se configuran como entrada/salidas. El correspondiente registro de dirección de datos es TRISC, al configurar el bit del TRISC = 1, la línea correspondiente al bit queda configurada como entrada; si el bit del TRISC = 0, la línea correspondiente al bit queda configurada como salida. Este puerto es multifuncional, puede ser usado con sistemas periféricos, todos los pines de este puerto tienen entrada tipo Buffer Schmitt Trigger.

Cuando el módulo I²C está habilitado, los pines del puerto RC<4:3>, pueden ser configurados con niveles normales I²C, o niveles SMBus, esta configuración se la realiza mediante el bit CKE (SSPSTAT <6>).

Cuando las funciones periféricas estén habilitadas, se debe tomar en cuenta la definición de bits del registro TRIS para cada pin del Puerto C, algunas funciones periféricas sobre-escriben o cambian el estado del bit del registro TRIS configurando el bit correspondiente del puerto C como salida. La sobre-escritura del bit del registro TRIS se efectúa cuando los periféricos están habilitados; las instrucciones (BSF, BCF, XORWF) leer-modificar-escribir están orientadas hacia el Puerto C. El usuario debería revisar los periféricos correspondientes para la configuración correcta de los bits del registro TRISC.

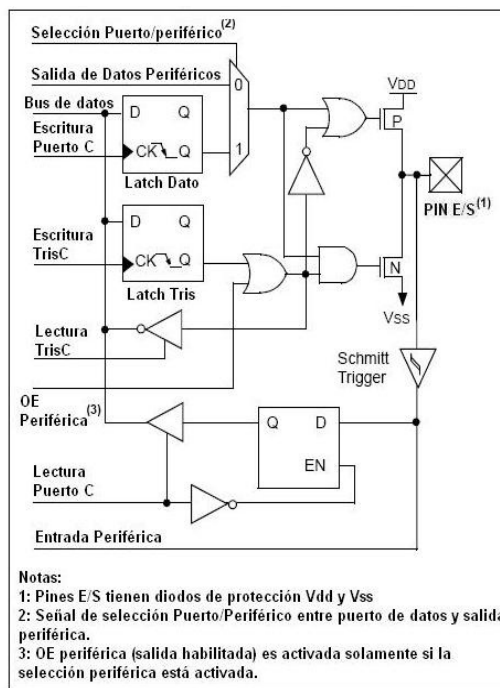


Figura E.9 Diagrama de bloques de los pines RC<2:0> y RC<7:5>.

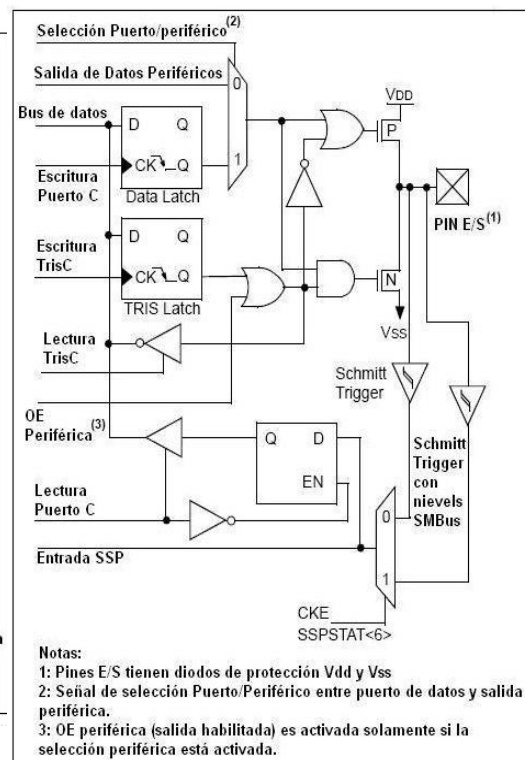


Figura E.10 Diagrama de bloques de los pines RC<3:4>.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Tabla E.8 Descripción de los pines del Puerto C.(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Nombre	Bit	Buffer	Descripción
RC0/T1OSO/T1CKL	bit 0	ST	Pin del puerto E/S o salida del oscilador Timer1/entrada del reloj Timer1
RC1/T1OSI/CCP2	bit 1	ST	Pin del puerto E/S o entrada del oscilador Timer1 o entrada Captura2/salida Comparador2/salida PWM2
RC2/CCP1	bit 2	ST	Pin del puerto E/S o entrada Captura1/salida Comparador1/salida PWM1
RC3/SCK/SCL	bit 3	ST	RC3 puede ser el reloj serial sincronico para los modos I ² C y SPI
RC4/SDI/SDA	bit 4	ST	RC4 puede ser dato en SPI (modo SPI) o dato E/S (modo I ² C).
RC5/SDO	bit 5	ST	Pin del puerto E/S o salida de datos del Puerto Serial Sincrónico
RC6/TX/CK	bit 6	ST	Pin del puerto E/S o transmisión asincrónica USART o reloj sincrónico.
RC7/RX/DT	bit 7	ST	Pin del puerto E/S o recepción asincrónica USART o datos sincrónicos.

Descripción: ST = Entrada Schmitt Trigger***Puerto D y registro TRISD.***

El Puerto D consta de 8 pines y los buffers de entrada son del tipo Schmitt Trigger. Cada pin es configurado individualmente como entrada o salida. Además, este puerto puede ser configurado como un puerto de conexión a microprocesador de 8 bits (Puerto Paralelo Esclavo), configurando el bit de control PSPMODE (TRISE<4>). En este modo, los buffers de entradas son de tipo TTL.

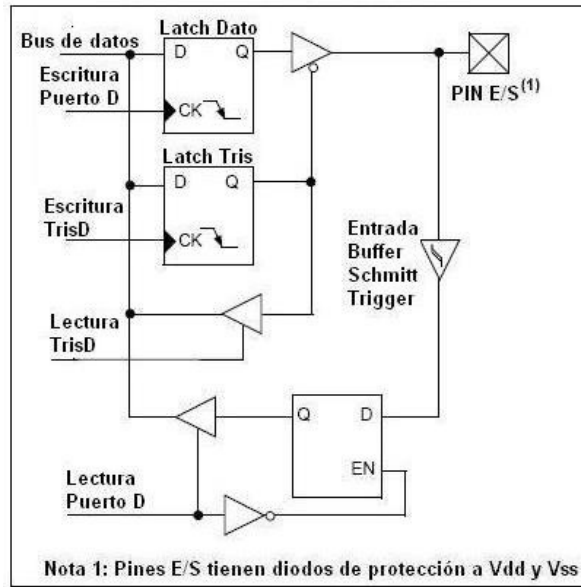


Figura E.11 Diagrama de bloques del puerto D.
(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Tabla E.9 Descripción de los pines del Puerto D.
(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Nombre	Bit	Buffer	Descripción
RD0/PSP0	bit 0	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 0
RD1/PSP1	bit 1	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 1
RD2/PSP2	bit 2	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 2
RD3/PSP3	bit 3	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 3
RD4/PSP4	bit 4	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 4
RD5/PSP5	bit 5	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 5
RD6/PSP6	bit 6	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 6
RD7/PSP7	bit 7	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o Puerto Paralelo Esclavo bit 7

Descripción: TTL= Entrada TTL ST= Entrada Schmitt Trigger
1: Buffers de entrada son Schmitt Trigger cuando están en modo E/S,
y son Buffers TTL en modo Puerto Paralelo Esclavo

Puerto E y registro TRISE

El Puerto E consta de tres pines RE0/RD/AN5, RE1/WR/AN6, RE2/CS/AN7; los cuales son configurables de forma individual como entradas o salidas. Estos pines tienen buffers de entrada tipo Schmitt Trigger.

Los pines del Puerto E son las entradas de control entrada/salida para el puerto del microprocesador, cuando el bit PSPMODE (TRISE<4>) es configurado. Además cuando el registro ADCON1 es configurado para entrada/salida digital los buffers de entradas son del tipo TTL.

Los pines del Puerto E pueden ser utilizados como entradas analógicas, el registro TRISE controla la dirección de los pines RE, cuando son usados en éste modo. Cabe recalcar, que se debe mantener la configuración de los pines como entradas, cuando se está trabajando en modo analógico. Además cuando existe un reset por falla de energía (Power-on-Reset) los pines del puerto son configurados como entradas analógicas y leídas como 0.

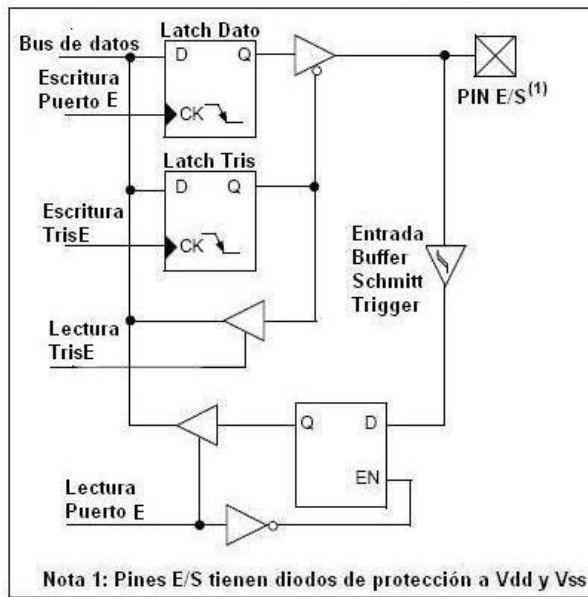


Figura E.12 Diagrama de bloques del Puerto E (Tomado de <http://www.microchip.com>)

Tabla E.10 Descripción de los pines del Puerto E.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Nombre	Bit	Buffer	Descripción
RE0/RD/AN5	bit 0	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o entrada de control de lectura en modo Puerto Paralelo Esclavo o entrada en modo analógico RD. 1 = Inactivo 2 = Operación de lectura. Contenido del registro del Puerto D son salida de los pines del puerto D (si es seleccionado)
RE1/WR/AN6	bit 1	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o entrada de control de escritura en modo Puerto Paralelo Esclavo o entrada en modo analógico WR. 1 = Inactivo 2 = Operación de escritura. Valor de los pines E/S del Puerto D son puestos en el match del registro del puerto D (si es seleccionado).
RE2/CS/AN7	bit 2	ST/TTL ⁽¹⁾	Pin del puerto E/S o entrada de control de escritura en modo Puerto Paralelo Esclavo o entrada en modo analógico CS 1 = Dispositivo no es seleccionado 2 = Dispositivo es seleccionado

Descripción TTL= Entrada TTL ST= Entrada Schmitt Trigger
1: Buffers de entrada son Schmitt Trigger cuando están en modo E/S, y son Buffers TTL en modo Puerto Paralelo Esclavo

E.8 Convertidor Analógico Digital ADC

El módulo convertidor analógico-digital dispone 8 entradas en los dispositivos (PIC) de 40/44 pines, La conversión de una señal analógica tiene su correspondiente en número digital de 10 bits. Este módulo tiene entradas de referencias de alto y bajo voltaje, las cuales son seleccionadas mediante software utilizando los pines V_{DD} , V_{SS} , RA_2 o RA_3 . Además, este convertidor tiene como características especial, su normal operación o estar habilitado mientras el dispositivo se encuentra en modo SLEEP.

El convertidor tiene 4 registros, los cuales son:

- Parte Alta del Resultado de conversión (ADRESH).
- Parte Baja del Resultado de conversión (ADRESL).
- Registro 0 de Control A/D (ADCON0).
- Registro 1 de Control A/D (ADCON1).

Los registros ADRESH:ADRESL contienen los 10 bits resultados de la conversión, cuando la conversión está completa, el resultado es cargado dentro del registro de resultado A/D, el bit GO/DONE (ADCON0<2>) es reseteado y el bit ADIF de interrupción de la conversión es seteado. Después que el módulo está configurado a conveniencia, el pin analógico que será utilizado como entrada al convertidor debe ser establecido, para lo cual su correspondiente registro TRIS debe ser seleccionado como entrada. A continuación se

exhiben los registros ADOCN1 y ADCON0, y la descripción de cada bit del registro.

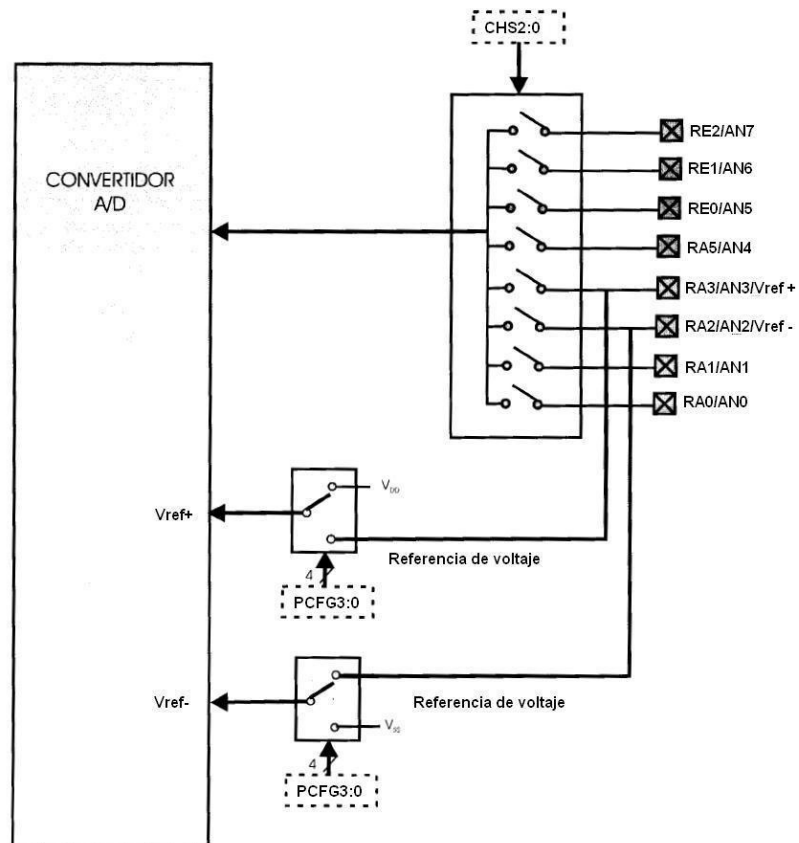


Figura E.13 Diagrama de bloques del convertidor A/D.

(Tomado de <http://www.microchip.com>)

Tabla E.11 Registro ADCON0.
(Tomado de <http://www.microchip.com>)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	-----	ADON
bit 7						bit 0	

bit 7-6: ADCS1:ADCS0. Bits de selección del reloj de conversión A/D

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (frecuencia derivada del oscilador RC interno del convertidor A/D)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (frecuencia derivada del oscilador RC interno del convertidor A/D)

bit 5-3: CHS2:CHS0. Bits de selección de los canales analógicos.

- 000 = Canal 0 (AN0)
- 001 = Canal 1 (AN1)
- 010 = Canal 2 (AN2)
- 011 = Canal 3 (AN3)
- 100 = Canal 4 (AN4)
- 101 = Canal 5 (AN5)
- 110 = Canal 6 (AN6)
- 111 = Canal 7 (AN7)

bit 2: GO/DONE. Bit de selección del estado de la conversión
 Cuando ADON = 1
 1 = Conversión en progreso (Seteando este bit comienza la conversión, y automáticamente se resetea cuando la conversión ha finalizado).
 0 = No existe conversión en progreso.

bit 1: Sin implementar: Leído como 0

bit 0: ADON.
 1 = Módulo convertidor encendido.
 0 = Módulo convertidor apagado y sin consumo de corriente.

Tabla E.12 Registro ADCON1.
(Tomado de <http://www.microchip.com>)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	-----	-----	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7: ADFM. Bit de selección de formato de la conversión.
1 = Justificado hacia la derecha.
0 = Justificado hacia la izquierda.

bit 6: ADCS2. Bits de selección del reloj de conversión A/D

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (frecuencia derivada del oscilador RC interno del convertidor A/D)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (frecuencia derivada del oscilador RC interno del convertidor A/D)

bit 5-4: sin implementar. Léidos como '0'.

bit 3-0: PCFG3:PCGF0. Bits de control para la configuración de las puertas del convertidor.

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	Vss	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	Vss	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	Vss	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	Vss	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	Vss	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	Vss	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	Vss	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	Vss	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	Vss	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Entrada analógica D = Entrada digital
C/R = Número de entradas analógicas/Número de referencias de voltajes del convertidor

El tiempo de conversión da cada bit es definido como T_{AD} , la conversión total de los 10 bits necesita un mínimo 12 veces el valor de T_{AD} , la selección de la frecuencia de trabajo del convertidor es seleccionada mediante software, existiendo siete opciones posibles:

- $2 T_{osc}$
- $4 T_{osc}$
- $8 T_{osc}$
- $16 T_{osc}$
- $32 T_{osc}$
- $64 T_{osc}$
- Oscilador interno del módulo del convertidor

Para el manejo correcto del convertidor, el valor de la frecuencia de trabajo, debe seleccionares teniendo en cuenta un mínimo valor de T_{AD} de $1.6 \mu s$.

Tabla E.13 T_{AD} vs Frecuencias máximas de operación.
 (Tomado de <http://www.microchip.com>)

Fuente de oscilación (T _{AD})		Frecuencia Máxima
Operación	ADCS2:ADCS1:ADCS0	
2 TOSC	000	1.25 MHz
4 TOSC	100	2.5 MHz
8 TOSC	001	5 MHz
16 TOSC	101	10 MHz
32 TOSC	010	20 MHz
64 TOSC	110	20 MHz
RC ^(1,2)	x11	(Note 1)

Nota:

1: La fuente RC tiene un T_{AD} típico de 4 μs pero puede variar entre 2-6 μs.

2: Cuando las frecuencias son superiores a 1 MHz, la fuente de reloj del convertidor es recomendada solo en modo SLEEP.

APÉNDICE F

IMPRESORA A INYECCIÓN

Apéndice F.

F.1 Conceptos básicos de las impresoras de inyección.

En este apéndice se definen conceptos utilizados con frecuencia durante el desarrollo del sub-capítulo 2.3.

F.1.1 Velocidad de impresión.

La velocidad de una impresora suele medirse con el parámetro ppm (páginas por minuto), aunque el cálculo es confuso porque no existe una norma oficial que deba ser respetada, nunca se aclara el momento de arranque del tiempo de medición (cuando la impresora toma la primera hoja o cuando se le ordena imprimir), tampoco se especifica la fuente o la complejidad de los gráficos impresos.

Como regla se considera que el número de páginas por minuto, que el fabricante estima que su impresora imprime, son páginas con el 5% de superficie impresa, en la calidad más baja, sin gráficos y descontando el tiempo de cálculo de la computadora.

Otro parámetro que se utiliza es el de cps (caracteres por segundo) adecuado para las impresoras matriciales que aún se fabrican.

F.1.2 Resolución de la impresión.

Uno de los determinantes de la calidad de la impresión realizada es la resolución o cantidad de dpi (dots per inch) o en español ppp (puntos por pulgada). Una resolución de "300 dpi" se refiere a que en cada pulgada (2.54 cm) cuadrada, la impresora puede situar 300 puntos horizontales y 300 verticales. Al encontrar una expresión del tipo "600 x 300 dpi", el primer valor se asume a la línea horizontal y el segundo a la vertical.

F.1.3 Calidad de Impresión.

Otro determinante de la calidad de impresión es el número de niveles o graduaciones que pueden ser impresos por punto, una técnica de capas de color que hace que la oscilación en los gráficos y fotografías sea más difícil de ver e incluso invisible a simple vista. Las impresoras sin niveles de impresión por punto, imprimen cada punto de color en una de sólo dos intensidades (encendido o apagado), con tinta cian, magenta, amarilla o negra. Pueden combinarlas para crear tintas roja, verde y morada, creando la ilusión de otros colores al distribuir puntos de distintos colores en el papel (cada color se logra siguiendo un patrón determinado). La impresión de multinivel hace posibles mayores

intensidades para cada punto que se imprime; así permite que la impresora utilice menos puntos para crear colores esfumados y hace que sea más difícil ver los patrones.

Algunas impresoras optan por resolución más alta y otras por más niveles por punto, dependiendo el uso para la impresora. De cualquier modo, dos máquinas con la misma resolución pueden ofrecer resultados dispares, porque se debe tener en cuenta el tamaño de las gotas que generarán esos puntos por pulgada y ésta varía según la tecnología empleada para llevar a cabo la impresión. Las gotas de tinta tienen un tamaño diminuto y se miden en picolitros (1 picolitro es la billonésima parte de un litro)

F.2 Modo de Operación de las impresoras a inyección.

El concepto de las impresoras de inyección de tinta es sencillo (arrojar tinta líquida sobre el papel), pero en realidad dependen de una tecnología muy avanzada, a pesar de sus precios accesibles.

La impresión de inyección de tinta es un método de no-impacto. La tinta es emitida por boquillas que se encuentran en el cabezal de impresión.

El cabezal de impresión recorre la página en franjas horizontales usando un motor para moverse lateralmente y otro para pasar el papel en pasos verticales. Una franja de papel es impresa, después el papel se mueve, listo para una nueva franja. Para acelerar este procedimiento

la cabeza impresora no imprime sólo una simple línea de píxeles en cada pasada, sino también una línea vertical de píxeles a la vez.

Por lo general, las impresoras de inyección de tinta actuales tienen resoluciones de 600 dpi o más altas. Una impresora de inyección de tinta rápida puede producir una imagen a todo color de 8 x 10 pulgadas y a 300 dpi en 2 a 4 minutos, lo cual significa que produce 7.2 millones de puntos en un tiempo de 120 a 240 segundos o de 30.000 a 60.000 puntos por segundo. El cabezal de impresión de una impresora típica tiene 64 boquillas para cada color, cada una de las cuales debe ser capaz de activarse y desactivarse a velocidades tan elevadas como 900 veces por segundo, lo cual es sorprendente por tratarse de un dispositivo mecánico.

Al diseñarse las impresoras de inyección de tinta, los cabezales de impresión estaban diseñados para emitir una corriente continua de diminutas gotas de tinta. Las gotas tenían carga eléctrica estática y se "mezclaban" en el papel o en un depósito de reciclaje por medio de campos cargados. Este procedimiento era deficiente y muy poco preciso. En la actualidad, las impresoras de inyección de tinta dependen de la tecnología de gotas según la demanda. Los métodos que utilizan las impresoras de inyección de tinta para lograr que las gotas se arrojen con rapidez son: térmico y piezoeléctrico.

F.2.1 Tecnología térmica.

La operación se inicia calentando la tinta para crear una burbuja que genera una presión que la fuerza a emerger y golpear el papel, luego la burbuja colapsa y el vacío resultante arrastra nueva tinta hacia la recámara para reemplazar a la que fue expulsada.

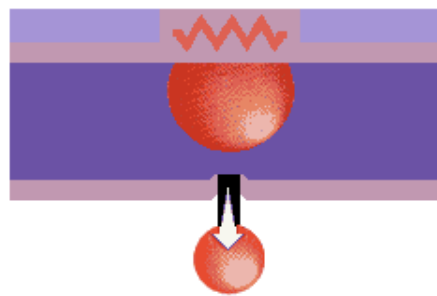


Figura F.1 Tecnología térmica.

(Tomado de <http://www.monografias.com>)

Diminutos elementos calentadores son usados para expulsar gotitas de tinta desde las boquillas del cabezal de impresión, estas boquillas tienen un tamaño aproximado al de un cabello humano (aproximadamente 70 micras, siendo una micra la millonésima parte de un metro) y expulsan gotas de aproximadamente de 8 a 10 picolitros y puntos de aproximadamente 50 a 60 micras de diámetro. La gota más pequeña que el hombre puede ver a simple vista es de

aproximadamente 30 micras, de modo que estas gotas se acercan a los límites de nuestra percepción.

El tamaño increíblemente pequeño de estas gotas posibilita incrementar la resolución del trabajo de impresión. Se requiere de una gota de casi 35 micras para crear una impresión de 720 dpi, de modo que estas gotas se superponen ligeramente en esa resolución.

La velocidad de impresión es fundamentalmente una función de la frecuencia con la que las boquillas pueden disparar la tinta y el ancho de la franja impresa por el cabezal de impresión. Usualmente es de alrededor de 12.5 MHz por pulgada, dando velocidades de impresión entre 4 y 8 ppm para texto blanco y negro y de 2 a 4 ppm para texto color y gráficos.

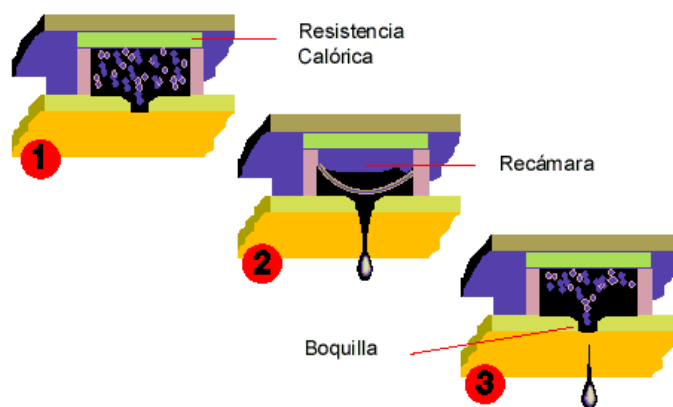


Figura F.2 Resistencia calórica.

(Tomado de <http://www.monografias.com>)

F.2.2 Tecnología Piezoeléctrica.

Los cristales piezoeléctricos tienen una propiedad única y singular, si se aplica una fuerza física en ellos pueden generar una carga eléctrica. El proceso funciona a la inversa: se aplica una carga eléctrica al cristal logrando que se mueva, creando una fuerza mecánica.

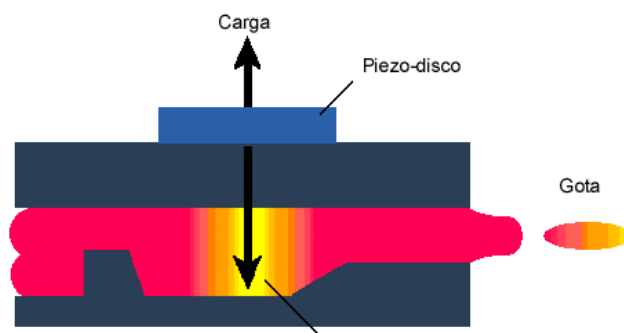


Figura F.3 Tecnología piezo-eléctrica.

(Tomado de <http://www.monografias.com>)

La cabeza de impresión de una impresora de inyección de tinta piezoeléctrica utiliza un cristal en la parte posterior de un diminuto depósito de tinta. Una corriente se aplica al cristal, con lo que el cristal se deforma hacia adentro. Cuando la corriente se interrumpe, el cristal regresa a su posición original y una pequeña cantidad de tinta sale por la boquilla. Cuando la corriente se reanuda, atrae al cristal hacia atrás y lanza la siguiente gota.

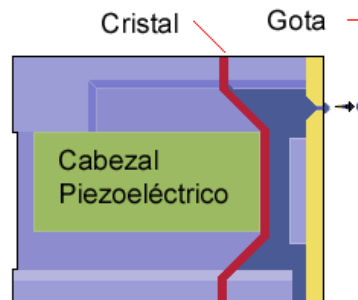


Figura F.4 Cabezal Piezoeléctrico.

(Tomado de <http://www.monografias.com>)

Las cabezas de impresión piezoeléctricas pueden utilizar tinta que se seca con mayor rapidez y pigmentos que podrían dañarse con las temperaturas en una cabeza térmica. Así mismo, como un cabezal piezoeléctrico está integrado a la impresora, sólo se necesita reemplazar el cartucho de tinta (las impresoras térmicas incluyen las boquillas en cada cartucho de tinta, lo que incrementa el costo del cartucho y por lo tanto el costo por página). El inconveniente es que si una cabeza piezoeléctrica se daña o atora, es necesario reparar la impresora.

Las impresoras de mayor tecnología tienen cabezales de tinta negra con 128 boquillas y cabezales color (CMY) con 192 boquillas (64 para cada color) logrando una resolución de 720 dpi. Como el proceso piezoeléctrico puede producir puntos pequeños y perfectamente formados con gran eficacia, se puede ofrecer una resolución aumentada de 1440 x 720 dpi. Esto es

logrado por el cabezal haciendo dos pasadas, con una consecuente reducción en la velocidad de impresión. Las tintas que se desarrollan para aprovechar esta tecnología son extremadamente rápidas para secarse, penetran el papel y mantienen su forma haciendo que los puntos interactúen unos con otros.

F.3 Código ASCII: American Standard Code for Information Interchange.

Tabla F.1 Código ASCII.
(Tomado de <http://www.modelo.edu.mx>)

Decimal	Octal	Hex	Binario	Valor
-----	-----	---	-----	-----
000	000	000	00000000	NUL (Null char.)
001	001	001	00000001	SOH (Comienzo de encabezado)
002	002	002	00000010	STX (Comienzo de texto)
003	003	003	00000011	ETX (Fin de Texto)
004	004	004	00000100	EOT (Fin de Transmisión)
005	005	005	00000101	ENQ (Interrogación)
006	006	006	00000110	ACK (Reconocimiento)
007	007	007	00000111	BEL (Canpana)
008	010	008	00001000	BS (Retroceder)
009	011	009	00001001	HT (Horizontal Tab)
010	012	00A	00001010	LF (Linea de alimentación)
011	013	00B	00001011	VT (Vertical Tab)
012	014	00C	00001100	FF (Form Feed)
013	015	00D	00001101	CR (Carriage Return)
014	016	00E	00001110	SO (Shift Out)
015	017	00F	00001111	SI (Shift In)
016	020	010	00010000	DLE (Data Link Escape)
017	021	011	00010001	DC1 (XON) (Control 1)
018	022	012	00010010	DC2 (Control 2)
019	023	013	00010011	DC3 (XOFF) (Control 3)
020	024	014	00010100	DC4 (Control 4)
021	025	015	00010101	NAK (Negativo Acknowledgement)
022	026	016	00010110	SYN (Synchronismo)
023	027	017	00010111	ETB (Fin Trans. Block)
024	030	018	00011000	CAN (Cancelar)
025	031	019	00011001	EM (Fin of Medium)
026	032	01A	00011010	SUB (Substituir)
027	033	01B	00011011	ESC (Escape)
028	034	01C	00011100	FS (Separador de archivo)
029	035	01D	00011101	GS (Separador de grupo)
030	036	01E	00011110	RS (Request to Send)
031	037	01F	00011111	US (Unit Separator)
032	040	020	00100000	SP (Espacio)
033	041	021	00100001	!
034	042	022	00100010	"
035	043	023	00100011	#

Tabla F.1 Código ASCII (continuación).
 (Tomado de <http://www.modelo.edu.mx>)

Decimal	Octal	Hex	Binario	Valor
034	042	022	00100010	"
035	043	023	00100011	#
036	044	024	00100100	\$
037	045	025	00100101	%
038	046	026	00100110	&
039	047	027	00100111	'
040	050	028	00101000	(
041	051	029	00101001)
042	052	02A	00101010	*
043	053	02B	00101011	+
044	054	02C	00101100	,
045	055	02D	00101101	-
046	056	02E	00101110	.
047	057	02F	00101111	/
048	060	030	00110000	0
049	061	031	00110001	1
050	062	032	00110010	2
051	063	033	00110011	3
052	064	034	00110100	4
053	065	035	00110101	5
054	066	036	00110110	6
055	067	037	00110111	7
056	070	038	00111000	8
057	071	039	00111001	9
058	072	03A	00111010	:
059	073	03B	00111011	;
060	074	03C	00111100	<
061	075	03D	00111101	=
062	076	03E	00111110	>
063	077	03F	00111111	?
064	100	040	01000000	@
065	101	041	01000001	A
066	102	042	01000010	B
067	103	043	01000011	C
068	104	044	01000100	D
069	105	045	01000101	E
070	106	046	01000110	F
071	107	047	01000111	G
072	110	048	01001000	H
073	111	049	01001001	I
074	112	04A	01001010	J
075	113	04B	01001011	K
076	114	04C	01001100	L
077	115	04D	01001101	M
078	116	04E	01001110	N
079	117	04F	01001111	O
080	120	050	01010000	P

Tabla F.1 Código ASCII (continuación).
 (Tomado de <http://www.modelo.edu.mx>)

Decimal	Octal	Hex	Binario	Valor
-----	-----	---	-----	-----
081	121	051	01010001	Q
082	122	052	01010010	R
083	123	053	01010011	S
084	124	054	01010100	T
085	125	055	01010101	U
086	126	056	01010110	V
087	127	057	01010111	W
088	130	058	01011000	X
089	131	059	01011001	Y
090	132	05A	01011010	Z
091	133	05B	01011011	[
092	134	05C	01011100	\
093	135	05D	01011101]
094	136	05E	01011110	^
095	137	05F	01011111	_
096	140	060	01100000	`
097	141	061	01100001	a
098	142	062	01100010	b
099	143	063	01100011	c
100	144	064	01100100	d
101	145	065	01100101	e
102	146	066	01100110	f
103	147	067	01100111	g
104	150	068	01101000	h
105	151	069	01101001	i
106	152	06A	01101010	j
107	153	06B	01101011	k
108	154	06C	01101100	l
109	155	06D	01101101	m
110	156	06E	01101110	n
111	157	06F	01101111	o
112	160	070	01110000	p
113	161	071	01110001	q
114	162	072	01110010	r
115	163	073	01110011	s
116	164	074	01110100	t
117	165	075	01110101	u
118	166	076	01110110	v
119	167	077	01110111	w
120	170	078	01111000	x
121	171	079	01111001	y
122	172	07A	01111010	z
123	173	07B	01111011	{
124	174	07C	01111100	|
125	175	07D	01111101	}
126	176	07E	01111110	~
127	177	07F	01111111	DEL

APÉNDICE G

PANTALLAS DE CRISTAL LÍQUIDO

Apéndice G.

G.1 Pantallas de Cristal Líquido (Liquid Cristal Display).

En la comunicación hombre/máquina cobran un especial protagonismo aquellos elementos que nos permiten adquirir de forma visual la información que infinidad de aparatos nos suministran; algunos de estos equipos son de uso cotidiano en nuestra vida como relojes, calculadoras, hornos microondas o computadoras por poner solo algunos ejemplos. Los visualizadores pueden estar contruidos empleando diferentes tecnologías como:

- Tubos de rayos catódicos (TRC)
- Plasma
- Electro-luminiscentes (EL)
- LEDs
- Cristal líquido (LCD)

Cada uno de estos tipos de visualizadores tienen diferentes capacidades, aunque sus ámbitos de aplicación pueden coincidir en algunos casos. La tecnología de las Pantallas de Cristal Líquido o LCD (por sus siglas en inglés *Liquid Cristal Display*) evoluciona rápidamente y se mejora continuamente. Aunque la tecnología de los cristales líquidos es relativamente reciente, parte de las curiosas propiedades de los cristales líquidos ya fueron observadas en 1888 por el botánico

austríaco Friedrich Reinitzer mientras experimentaba con una sustancia similar al colesterol (benzotato de colesterol). Esta sustancia permanecía turbia a temperatura ambiente y se aclaraba según se calentaba; al enfriarse más, más azulado se tornaba el color hasta solidificarse y volverse opaca.

G.2 Modo de Funcionamiento.

El nombre cristal líquido es en sí mismo extraño y contradictorio. Normalmente se entiende a los cristales como algo sólido, y todo lo contrario para un líquido, aunque ambos puedan ser transparentes a la luz. Pues bien y por extraño que parezca, existen sustancias que tienen ambas características.



Figura G.1 Microfotografía de las moléculas de un cristal líquido.

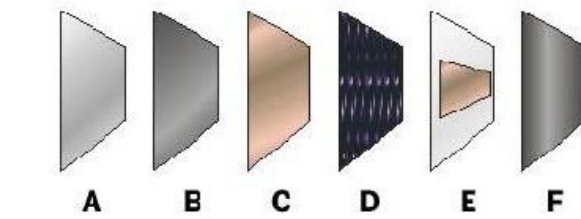
(Tomado de <http://semiconductor.hitachi.com>)

Otra característica especial de los cristales líquidos es su interacción con la luz, la electricidad y la temperatura. En un sólido las moléculas están colocadas en una determinada posición y no se mueven respecto de las adyacentes; lo contrario a lo anterior sucede con los líquidos. Las moléculas de un cristal líquido tienen una forma alargada y cilíndrica y la posición entre ellas puede depender de diferentes factores, tales como la temperatura o los campos eléctricos a los que estén sometidos. La aplicación de un campo eléctrico a estas sustancias provoca que la posición de sus moléculas cambie de una posición indeterminada a otra perfectamente uniforme. Esta característica será fundamental en su interacción con la luz. Cuando un haz de luz polarizada atraviesa un cristal líquido, éste será opaco o transparente en función de cómo estén organizadas las moléculas del cristal, lo que a su vez dependerá de si está o no sometido a un campo eléctrico.

En realidad el material del cristal líquido está organizado en capas sucesivas; la posición de las moléculas de cada capa está ligeramente desfasada una de otra, de tal manera que entre la primera y la última capa hay un desfase total de 90° cuando no hay influencia de ningún campo eléctrico. La luz polarizada se obtiene de hacer pasar la luz incidente en el display por unos filtros ópticos o polarizadores situados en ambas caras del dispositivo: uno colocado verticalmente y otro horizontal, desfasados 90° uno del otro. El filtro polarizador hace que la

fase de las ondas de luz tenga una posición determinada (la del primer filtro) que prácticamente coincide con la fase de la primera posición de las moléculas de la primera capa del cristal por lo que la luz es conducida por ésta y entregada a la siguiente capa y así sucesivamente. Cuando la luz pasa a través de la última capa su fase a cambiado 90° respecto de la fase con la que incidió y está perfectamente en fase con el filtro posterior que en estas circunstancias es transparente. La luz lo atraviesa y se refleja en un espejo. Aplicando un campo eléctrico por medio de un electrodo a una determinada zona del cristal (la necesaria para crear un segmento de un número, por ejemplo) las moléculas de cristal de esta zona (y en todas las capas) toman una posición igual y en fase con el primer filtro pero no con el segundo, no dejando pasar éste la luz y por lo tanto nada que reflejar por el espejo, sin embargo las zonas del cristal sin influencia del campo eléctrico siguen siendo transparentes, el contraste se obtiene así de la relación luz/oscuridad entre zonas transparentes y opacas.

La siguiente figura ilustra un ejemplo de la estructura de una pantalla; al activarse se visualizaría un rectángulo horizontal.



- A: Espejo
- B: Capa de vidrio con filtro polarizador vertical
- C: Electrodo transparente (común)
- D: Cristal líquido
- E: Capa de vidrio con electrodo transparente (en forma de rectángulo)
- F: Filtro polarizador horizontal

Figura G.2 Estructura de la pantalla de un módulo LCD.

(Tomado de <http://semiconductor.hitachi.com>)

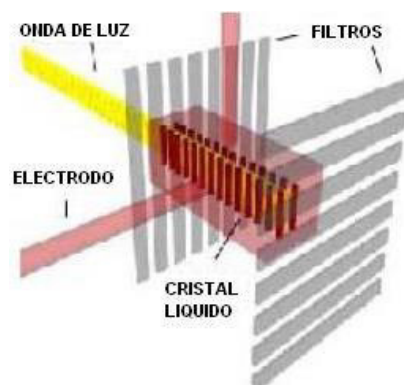


Figura G.3 Operación de un LCD con electrodos energizados

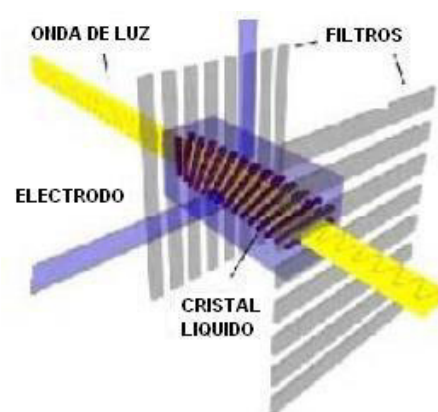


Figura G.4 Operación de un LCD con electrodos desenergizados

(Tomado de <http://semiconductor.hitachi.com>)

El campo eléctrico con el que se excitan los electrodos de la pantalla se genera con una tensión alterna (la tensión continua provocaría una electrólisis en su interior que destruiría los electrodos) generada por un oscilador y controlada por circuitos electrónicos. Este control puede ser estático (pocos elementos de imagen a visualizar) o multiplexado (mayor número de elementos de imagen).

En un control multiplexado existe una matriz de dos grupos de líneas de control que se activan secuencialmente. La intersección entre dos líneas de diferentes grupos forma un elemento de imagen (electrodo) que se activa al energizar dichas líneas.

G.3 Características Técnicas del LCD HITACHI 44780.

- Operación en bajo voltaje (2.7 a 5.5 V).
- Matriz de puntos (5x8 y 5x10).
- Rango de alimentación del display: 3 a 11 V.
- Bus de Interface de alta velocidad: 2 Mhz cuando $V_{CC}= 5 V$.
- Interface habilitada para 4 bits y 8 bits.
- RAM de 80x 8 bits (80 caracteres máximo).
- ROM generador de caracteres 9920 bits, para 240 fuentes de caracteres:
 - 208 fuentes (matriz de 5x8 puntos)
 - 32 fuentes (matriz de 5x10 puntos).
- RAM generadora de caracteres de 64x8 bits
 - 8 fuentes de caracteres (matriz de 5x8).
 - 4 fuentes de caracteres (matriz de 5x10).
- Pantalla de 40 segmentos por 16 comunes.
- Ciclos programables de ejecución:
 - 1/8 para una línea con cursor (5x8).
 - 1/11 para una línea con cursor (5x10).
 - 1/16 para dos líneas con cursor (5x8).

- Bajo consumo de potencia.
- Oscilador interno con resistores externos.
- Circuito de reinicio automático que inicializa el dispositivo al apagarse.
- Pin de compatibilidad con otros modelos.
- Gama de instrucciones y funciones del dispositivo:
 - Limpiar pantalla
 - Cursor inicio.
 - ON/OFF pantalla.
 - Parpadeo de los caracteres de la pantalla.
 - Desplazamiento del cursor

APÉNDICE H

LISTADO DEL PROGRAMA DEL PIC 16F877A

;Proyecto compilado con MPLAB IDE v6.10.

```
list p=16f877a
#include <P16F877A.INC>
```

```
__CONFIG_XT_OSC & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _CP_OFF & _DEBUG_OFF &
_BODEN_OFF & _LVP_OFF
```

```
; Pines de los puertos utilizados:
; RE0 ---> Led intermitente que indica que el circuito esta operativo.
; RE1 ---> Salida que envía pulsos al modulo GP2D02 (sensor infrarrojo que mide altura)
; RE2 ---> Entrada que recibe bits del modulo GP2D02 (sensor infrarrojo que mide altura)
; RA0 ---> Entrada analógica que viene del sensor de presión.
; RA1 ---> Entrada analógica que viene de la salida del LM324N (sensor de presión).
; RA2 ---> Salida digital que va a la bobina del inflador de aire.
; RA3 ---> Entrada analógica que viene de la BALANZA. (medidor de PESO).
; RA4 ---> Entrada digital que viene de la botonera ACEPTAR.
; RA5 ---> Salida digital que va al motor del inflador de aire.
; RC5 ---> Entrada digital que viene de la botonera REPETIR/CANCELAR.
; RD7,RD6,RD5 ---> Pines que controlan al LCD.
; RB7,RB6,RB5,RB4,...,RB0 ---> Pines que envian el byte de datos al LCD e impresora.
; RD3,RD2,RD1,RD0 ---> Pines de control que van a la impresora.
; RC4,RC3,RC2,RC1,RC0 ---> Pines de status que vienen de la impresora.
```

```
#define _C STATUS,0
#define _Z STATUS,2
```

;A continuación se definen variables de memoria que se van a utilizar:

```
W_TEMP      equ 0x20 ; context register (ISR)
STATUS_TEMP equ 0x21 ; context register (ISR)
PCLATH_TEMP equ 0x22 ; context register (ISR)
FSR_TEMP    equ 0x23 ; context register (ISR)
TEMP1       equ 0x24 ;variable utilizada en los lazos de retardo.
TEMP2       equ 0x25 ;variable utilizada en los lazos de retardo.
TEMP3       equ 0x26
TEMP4       equ 0x27 ; variable utilizada en los lazos de retardo.
TEMPO1      equ 0x28 ; variable usada en las subrutinas básicas del LCD.
LCD_TEMP_1  equ 0x29 ; variable usada en las subrutinas básicas del LCD.
LCD_TEMP_2  equ 0x2A ; variable usada en las subrutinas básicas del LCD.
PROD_HIGH   equ 0x2B
PROD_LOW    equ 0x2C
PROD_HIGH1  equ 0x2D
PROD_LOW1   equ 0x2E
PRESIONADO_RA4 equ 0x2F ;Esta variable es una bandera que cuando vale 0 indica
                        ;que se ha presionado la botonera RA4 en medio de un lazo
                        ;de retardo.
Contador3   equ 0x30 ; Esta variable se usa para controlar la cantidad de veces
                        ; que se repite el lazo que revisa el status de la impresora
                        ; aproximadamente 3 veces por segundo de tal manera que
                        ; cuando transcurre un tiempo de 30 segundos (aprox), se
                        ; asume que la impresion de la hoja se ha realizado sin error
                        ; de impresión y se declara FIN DE LA IMPRESION.
```

```

datao      equ      0x2F ;registro para escribir datos en la memoria
slave      equ      0x30 ;dirección del dispositivo en el bus I2C(1010xxx0)
txbuf      equ      0x31
count      equ      0x32
eeprom     equ      0x33
rxbuf      equ      0x34
addr       equ      0x35 ;posición de memoria que se lee o escribe
di         equ      .7  ;bit de entrada desde eeprom
do         equ      .6  ;bit de salida para eeprom
sdata      equ      .6  ;línea de datos seriales (pin RB6)
sclk       equ      .7  ;reloj serial (pin RB7)
DATO1      equ      0x36 ;Guarda el PESO leído del convertidor analógico-digital.
Binario_a_convertir equ 0x37
Cantidad_a_Restar equ 0x38
DATO1ACC   equ 0x39
DATO1ACC_LOW equ 0x3A
Contador1  equ 0x3B
DATO2      equ 0x3C ;Guarda ALTURA leída del modulo GP2D02.
BITCOUNT  equ 0x3D ;Cuenta los pulsos que se envía al GP2D02.
DATO2_centimetros equ 0x3E ;Guarda ALTURA en cms.
Binario_a_convertir_low equ 0x3F
Binario_a_convertir_high equ 0x40
Digito1    equ 0x41
Digito2    equ 0x42
Digito3    equ 0x43
Digito4    equ 0x44
Digito5    equ 0x45
Factor1    equ 0x46
Factor2    equ 0x47
Factor3    equ 0x48
Factor4    equ 0x49

LSB        equ 0
ACCB7      equ 0x50
ACCB6      equ 0x51
ACCB5      equ 0x52
ACCB4      equ 0x53
ACCB3      equ 0x54
ACCB2      equ 0x55
ACCB1      equ 0x56
ACCB0      equ 0x57
ACC        equ 0x57 ; most significant byte of contiguous 8 byte accumulator
SIGN       equ 0x59 ; save location for sign in MSB
TEMPB3     equ 0x60
TEMPB2     equ 0x61
TEMPB1     equ 0x62
TEMPB0     equ 0x63
TEMP       equ 0x63 ; temporary storage
; binary operation arguments
AARGB7     equ 0x50
AARGB6     equ 0x51
AARGB5     equ 0x52

```

```

AARGB4    equ    0x53
AARGB3    equ    0x54
AARGB2    equ    0x55
AARGB1    equ    0x56
AARGB0    equ    0x57
AARG      equ    0x57    ; MSB del arreglo A
BARGB3    equ    0x5B
BARGB2    equ    0x5C
BARGB1    equ    0x5D
BARGB0    equ    0x5E
BARG      equ    0x5E    ; MSB del arreglo B
REMB3     equ    0x50
REMB2     equ    0x51
REMB1     equ    0x52
REMB0     equ    0x53    ; MSB de la diferencia
LOOPCOUNT equ    0x64    ; lazo de conteo
DATO2ACC  equ    0x65
DATO2ACC_LOW    equ    0x66
Maximo1    equ    0x67
Maximo2    equ    0x68
DATO1_Transmitir_PC    equ    0x69    ; Cuando se estaban haciendo las pruebas con la PC.
DATO2_Transmitir_PC    equ    0x6A    ; Cuando se estaban haciendo las pruebas con la PC.
Contador2_Low    equ    0x6B
Contador2_High    equ    0x6C
Pico_Detectado    equ    0x6D    ;Esta variable es una bandera o indicador que puede valer:
;Pico_Detectado = 0, cuando la señal se mantiene menor a cierto UMBRAL,
;Pico_Detectado = 1, cuando la señal recién llega o rebasa al UMBRAL,
;Pico_Detectado = 2, cuando la señal recién comienza a descender, aquí el valor
;penultimo muestreado es un pico y se lo almacena en la tabla o arreglo de picos.
;Pico_Detectado = 3, cuando la señal sigue descendiendo.
;Y finalmente Pico_Detectado vuelve a valer CERO cuando la señal llega a ser
;nuevamente menor que el UMBRAL.
Indice_Arreglo_Picos    equ    0x6E
Indice    equ    0x6F ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Maximo    equ    0x70 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Indice_Maximo    equ    0x71 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Presion_Sistolica    equ    0x72 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Presion_Diastolica    equ    0x73 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Presion_Media    equ    0x74 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Presion_Sistolica_mmHg    equ    0x75 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Presion_Diastolica_mmHg    equ    0x76 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Presion_Media_mmHg    equ    0x77 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Valor_Para_Comparar    equ    0x78 ;Variable utilizada en procedimiento "Calcula_Presiones"
Contador_Picos    equ    0x79 ;Variable relacionada con lo que es Frecuencia Cardiaca.
Contador2_Inicial_High    equ    0x7A ;Variable relacionada con lo que es Frecuencia Cardiaca.
Contador2_Inicial_Low    equ    0x7B ;Variable relacionada con lo que es Frecuencia Cardiaca.
Contador2_Final_High    equ    0x7C ;Variable relacionada con lo que es Frecuencia Cardiaca.
Contador2_Final_Low    equ    0x7D ;Variable relacionada con lo que es Frecuencia Cardiaca.
Frecuencia_Cardiaca    equ    0x7E ;Variable relacionada con lo que es Frecuencia Cardiaca.
PicoAnterior    equ    0x7F ;Variable para eliminar los picos pequeños espureos.

```


;Como ya se ha ocupado todos las direcciones posibles del banco 0 de la memoria de datos
;cuyas direcciones varían de 0x00 hasta 0x7f, para las siguientes variables se utilizaran
;registros del banco 1, cuyas direcciones también se las definen entre 0x00 y 0x7f, pero
;en el programa para acceder a estos registros se setean los bits RP1 y RP0 del registro
;STATUS en 0 y 1 respectivamente, estos 2 bits definen el banco que se accesa cuando se
;utiliza direccionamiento directo.

;VARIABLES QUE DEBEN SER ACCESADAS COMO REGISTROS DEL BANCO 1:

```
PESO_Digito1      equ 0x20 ;Estas variables son utilizadas en el proceso de impresión.
PESO_Digito2      equ 0x21
PESO_Digito3      equ 0x22
ALTURA_Digito1   equ 0x23
ALTURA_Digito2   equ 0x24
ALTURA_Digito3   equ 0x25
IMC_Digito2       equ 0x26
IMC_Digito3       equ 0x27
IMC_Digito4       equ 0x28
IMC_Digito5       equ 0x29
PRES_SIST_Digito1 equ 0x2a
PRES_SIST_Digito2 equ 0x2b
PRES_SIST_Digito3 equ 0x2c
PRES_DIAS_Digito1 equ 0x2d
PRES_DIAS_Digito2 equ 0x2e
PRES_DIAS_Digito3 equ 0x2f
FRECUENCIA_Digito1 equ 0x30
FRECUENCIA_Digito2 equ 0x31
FRECUENCIA_Digito3 equ 0x32
```

```
org 0x00 ;dirección del programa del Inicio en el Vector de Reset
goto Inicio ;saltar a donde inicia el programa.
nop ;no operacion (retardo pequeño)
nop ;no operacion (retardo pequeño)
nop ;no operacion (retardo pequeño)
nop ;no operacion (retardo pequeño)
org 0x05 ;dirección del programa del vector de interrupcion.
```

```
ISR ;SUBRRUTINA DE INTERRUPCION=====
;*****
;*** ISR CONTEXT SAVE ***
;*****
nop
bcf INTCON,GIE ;deshabilitar las interrupciones
btfsc INTCON,GIE ;asegurar que las interrupciones están deshabilitadas
goto ISR
movwf W_TEMP ; guardar contenido de W
swapf STATUS,W ; guardar contenido de STATUS
movwf STATUS_TEMP ; guardar contenido
clrf STATUS ; Banco, indiferente al banco operativo
movfw PCLATH ; guardar contenido PCLATH
movwf PCLATH_TEMP ; guardar contenido
clrf PCLATH ; Página cero, indiferente a la página operativa
```

```

    bcf      STATUS,IRP ; retorno al banco 0
    movfw   FSR          ; guardar contenido de FSR
    movwf   FSR_TEMP    ; guardar contenido
    ;*** almacenar contenido realizado ***

    btfsc   PIR1, ADIF   ;Ver si la interrupción proviene del convertidor.
    goto    INTER_CONVERTER ;si es así ir a tratamiento de esa interrupción.
    btfsc   PIR1, RCIF   ;Ver si la interrupción proviene del receptor del USART.
    goto    INTER_USART  ;si es así ir a tratamiento de esa interrupción.
    goto    VOLVER       ;no, falsa interrupción, ir a VOLVER.

INTER_CONVERTER
    movf    ADRESH, w    ;mover el resultado de la conversión (ADRESH) al registro w.
    movwf   DATO1
    bcf     PIR1, ADIF   ;borrar el flag de la interrupción.
    goto    VOLVER

INTER_USART
    bcf     PIR1, RCIF   ;borrar el flag de la interrupción.
    movf    RCREG, w     ;Lectura del dato recibido.
    movwf   PROD_LOW
    ; procede a comparar PROD_LOW con el valor 153 que es la bandera que envía el computador
    ; cuando requiere que se le envíen los datos contenidos en la memoria serial:
    movlw   .153        ;Bandera.
    subwf   PROD_LOW, 0  ;Resta PROD_LOW menos W, resultado se guarda en W.
    btfss   STATUS, Z    ;Zero flag indica si PROD_LOW es igual a W.
    goto    INTER_USART1
    movlw   0x01         ;0= computador no requiere envío datos, 1= lo contrario.
    movwf   PROD_HIGH    ;2= reiniciar proceso.
    goto    VOLVER

INTER_USART1
    movlw   .152        ;Bandera.
    subwf   PROD_LOW, 0  ;Resta PROD_LOW menos W, resultado se guarda en W.
    btfss   STATUS, Z    ;Zero flag indica si PROD_LOW es igual a W.
    goto    INTER_USART2
    movlw   0x02         ;0= computador no requiere envío datos, 1= lo contrario.
    movwf   PROD_HIGH    ;2= reiniciar proceso.

INTER_USART2
    nop
    ;*****
    ;*** ISR TERMINATION (CONTEXT RESTORE) ***
    ;*****

VOLVER
    movfw   FSR_TEMP     ; restaurar contenido
    movwf   FSR          ; restaurar contenido
    movfw   PCLATH_TEMP  ; restaurar contenido
    movwf   PCLATH       ; restaurar contenido
    swapf   STATUS_TEMP,W ; restaurar contenido
    movwf   STATUS        ; restaurar contenido
    swapf   W_TEMP,F     ; restaurar contenido
    swapf   W_TEMP,W     ; restaurar contenido
    RETFIE               ; habilitar interrupciones (INTCON,GIE)

```

***** Fin de Rutina de Interrupción *****

Inicio

```
bcf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 0
bcf STATUS, RP1
call Retardo_4164us
call Retardo_4164us
call Retardo_4164us
movlw b'00011011'
movwf PORTA
clrf PORTB ;Limpia salidas
movlw .255
movwf PORTC
movlw .7
movwf PORTD
movlw b'00001111'
movwf PORTE ;Apaga led RE0 (lógica negada) y pone en alto RE1 (va al GP2D02).
bsf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 1
bcf STATUS, RP1
movlw b'01000100' ;Configura los pines RE2..RE0 como digitales, RA5,RA2 digitales,
movwf ADCON1 ;solamente RA3,RA1,RA0 como entradas analogicas, y se puso el bit
;ADCS2 (A/D Clock Source-bit2) en uno, para que el reloj del
;convertidor sea de periodo Tad = 16*Tosc.

movlw b'00000111' ;Configura el modulo comparador del PIC como desactivado
movwf CMCON ;puesto que no se utiliza para nada en este proyecto.
;Se hace esto para que el pin RA4 no sea utilizado por este
;módulo y disponerlo como un pin digital de entrada/salida.
movlw b'00011011' ;Puerto A como salidas excepto las 3 entradas analogicas y RA4.
movwf TRISA
movlw b'00000000' ;Puerto B como salida (envia dato al LCD).
movwf TRISB
movlw b'10111111' ;Puerto C como salidas y entradas (USART,impresora,botonera).
movwf TRISC
movlw b'00000000' ;Puerto D como salida (pines de control al LCD e impresora).
movwf TRISD
movlw b'00000100' ;Puerto E como salida (excepto RE2 que recibe del GP2D02).
movwf TRISE
movlw b'00100100' ;Configuracion del USART, modo asincrono, etc.
movwf TXSTA

;La formula para calcular el valor X que debe ir en el registro SPBRG es:
;Frecuencia en Baudios = Fosc / (K*(X+1))
;Aquí la Frecuencia en Baudios vale 9600, Fosc=6000000, K=16 (velocidad alta),
;de donde se deduce X=38,0625. En el registro SPBRG se escribira 38, entonces la
;Frecuencia en Baudios con X=38 sale 9615. El error porcentual es 0.16%.

movlw .38 ;Valor calculado para trabajar a 9600 baudios.
movwf SPBRG
movlw b'00100000' ;Activar solamente la interrupcion del receptor del USART.
movwf PIE1
bcf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 0
bcf STATUS, RP1
```

```

movlw b'10010000' ;configuracion del USART para recepcion continua.
movwf RCSTA
bcf PIR1, ADIF ;borra el flag de interrupcion del convertidor.
bcf PIR1, TXIF ;borra el flag de interrupcion del transmisor del USART.
bsf INTCON, PEIE ;Permiso de interrupcion a los perifericos.
bsf INTCON, GIE ;Permiso global de interrupciones.
call LCD_INI
call Retardo_4164us
call BORRA_Y_HOME
call Retardo_4164us
call DISPLAY_ON_CUR_OFF
call Retardo_4164us
;Aqui concluye todas las instrucciones de configuracion de los diferentes modulos
;internos que se han utilizado del PIC (y ademas el LCD).

```

Label151

```

call BORRA_Y_HOME
call Retardo_4164us

;Enviar al LCD el mensaje "ESPOL 2006":
;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
call LCD_LINE1
movlw A''
call LCD_DATO
movlw A''
call LCD_DATO
movlw A''
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw A'P'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'L'
call LCD_DATO
movlw A''
call LCD_DATO
movlw A'2'
call LCD_DATO
movlw A'0'
call LCD_DATO
movlw A'0'
call LCD_DATO
movlw A'6'
call LCD_DATO

```

;Encender y apagar el led RE0 varias veces con el fin de dejar pasar unos 2 segundos:

```

movlw .16
movwf Contador1

```

Label140

```

bcf PORTE, 0 ;enciende led conectado a RE0.

```

```

call    Retardo_Tercio_Seg
bsf     PORTE, 0           ;apaga led conectado a RE0.
call    Retardo_Tercio_Seg
decfsz  Contador1,1
goto    Label140

```

;Enviar al LCD el mensaje "UNIDAD BIOMEDICA RAI":

```
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
```

```
movlw  A'U'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'N'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'D'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'D'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A''
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'B'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'O'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'M'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'E'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'D'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'C'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la linea 2.
```

```
movlw  A'R'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw  A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

;Encender y apagar el led RE0 varias veces con el fin de dejar pasar unos 2 segundos:

```
movlw  .16
```

```
movwf  Contador1
```

```
Label141
```

```
bcf   PORTE, 0 ;enciende led conectado a RE0.
```

```

call Retardo_Tercio_Seg
bsf PORTE, 0 ;apaga led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
decfsz Contador1,1
goto Label141
call BORRA_Y_HOME
call Retardo_4164us

```

```

;Se ejecuta el proceso que va a arrojar una medicion del PESO y ALTURA
;simultáneamente:
call PROCESO_PESO_ALTURA

```

```

;Encender led RE0 por unos 5 segundos,
;para simplemente mostrar los últimos valores de peso, altura, IMC que se han medido:
movlw .40
movwf Contador1
Label142
bcf PORTE, 0 ;enciende led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
decfsz Contador1,1
goto Label142

```

```

;Se ejecuta el proceso que va a arrojar una medición de las PRESIONES SISTOLICA Y
;DIASTOLICA, además de la FRECUENCIA CARDIACA:
Label148
call PROCESO_PRESION

```

```

;Después de ejecutado el proceso de la presión, se hace una espera de unos 5
;segundos, solamente para esperar que el brazal se desinfle:
movlw .25
movwf Contador1
Label145
bsf PORTE, 0 ;Apaga led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
bcf PORTE, 0 ;Enciende led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
decfsz Contador1,1
goto Label145
call LCD_INI
call Retardo_4164us

```

```

;Enviar al LCD el mensaje "PRESION MEDIDA. ACEPTAR/REPETIR?":
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
movlw A'P'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw A'T'
call LCD_DATO

```

```
movlw A'O'  
call LCD_DATO  
movlw A'N'  
call LCD_DATO  
movlw A' '  
call LCD_DATO  
movlw A'M'  
call LCD_DATO  
movlw A'E'  
call LCD_DATO  
movlw A'D'  
call LCD_DATO  
movlw A'T'  
call LCD_DATO  
movlw A'D'  
call LCD_DATO  
movlw A'A'  
call LCD_DATO  
movlw A'.'  
call LCD_DATO  
call LCD_LINE2  
movlw A'A'  
call LCD_DATO  
movlw A'C'  
call LCD_DATO  
movlw A'E'  
call LCD_DATO  
movlw A'P'  
call LCD_DATO  
movlw A'T'  
call LCD_DATO  
movlw A'A'  
call LCD_DATO  
movlw A'R'  
call LCD_DATO  
movlw A'/'  
call LCD_DATO  
movlw A'R'  
call LCD_DATO  
movlw A'E'  
call LCD_DATO  
movlw A'P'  
call LCD_DATO  
movlw A'E'  
call LCD_DATO  
movlw A'T'  
call LCD_DATO  
movlw A'T'  
call LCD_DATO  
movlw A'R'  
call LCD_DATO  
movlw A'?'  
call LCD_DATO
```

;ubicar el cursor del LCD en la segunda línea.

;Leer las botoneras RA4 (ACEPTAR) y RC5 (REPETIR), si alguna de esas dos botoneras
;se presiona, se salta al lugar del programa correspondiente:

Label146

```
btfss PORTA, 4 ;Lee pin RA4 (botonera), si esta en bajo, salta a mas adelante  
goto Label147 ;en el punto del programa donde se pregunta si desea imprimir.  
btfss PORTC, 5 ;Lee pin RC5 (botonera), si esta en bajo, salta atras  
goto Label148 ;para repetir el proceso de medir la PRESION.  
goto Label146 ;Sigue leyendo botoneras hasta que una de las dos se presione.
```

Label147

;Enviar al LCD el mensaje "DESEA IMPRIMIR? ACEPTAR/CANCELAR":

```
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
```

```
movlw A'D'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'E'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'S'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'E'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A' '
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'M'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'P'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'R'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'M'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'T'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'R'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'?'
```

```
call LCD_DATO
```

```
call LCD_LINE2
```

;ubicar el cursor del LCD en la segunda línea.

```
movlw A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'C'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'E'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'P'
```



```

call LCD_DATO
movlw A'T'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'/'
call LCD_DATO
movlw A'C'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'N'
call LCD_DATO
movlw A'C'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'L'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO

```

;Esperar que se suelte toda botonera que se ha presionado como respuesta del usuario
;a la pregunta anterior que requeria presionar ACEPTAR o REPETIR/CANCELAR:

```
call Retardo_Tercio_Seg
```

Label146b

```

btfss PORTA, 4 ;Lee pin RA4 (botonera), si esta en bajo, repite lazo.
goto Label146b
btfss PORTC, 5 ;Lee pin RC5 (botonera), si esta en bajo, repite lazo.
goto Label146b
call Retardo_Tercio_Seg

```

;Leer las botoneras RA4 (ACEPTAR) y RC5 (REPETIR/CANCELAR), si alguna de esas dos
;botoneras se presiona, se salta al lugar del programa correspondiente:

Label149

```

btfss PORTA, 4 ;Lee pin RA4 (botonera), si esta en bajo, salta a mas adelante
goto Label150 ;en el punto del programa donde se ejecuta el proceso de impresion.
btfss PORTC, 5 ;Lee pin RC5 (botonera), si esta en bajo, salta atras
goto Label151 ;donde imprime el mensaje ESPOL 2006.
goto Label149 ;Sigue leyendo botoneras hasta que una de las dos se presione.

```

Label150

```

call BORRA_Y_HOME ;Limpiar toda la pantalla del LCD.
call Retardo_4164us
movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para invocar procedimiento.
call Realizar_Proceso_Impresion
clrf PCLATH

```

;Después de realizado el proceso se impresion y mostrar el mensaje "FIN DE IMPRESION",
;se entra en un lazo donde se revisan las botoneras, y cuando una de ellas se
;presiona, se va al inicio del proceso (donde se imprime el mensaje ESPOL 2006).

Label98b

```
btfss PORTA, 4 ;Lee pin RA4 (botonera).
goto Label151 ;Salta donde imprime el mensaje ESPOL 2006.
btfss PORTC, 5 ;Lee pin RC5 (botonera).
goto Label151 ;Salta donde imprime el mensaje ESPOL 2006.
goto Label98b ;Caso contrario sigue leyendo botoneras.
```

;===== PARTE QUE SE ENCARGA DEL PROCESO DEL PESO Y ALTURA=====

PROCESO_PESO_ALTURA

;Enviar al LCD el mensaje "SUBASE EN LA BASCULA":

```
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
```

```
movlw A'S'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'U'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'B'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'S'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'E'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A''
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'E'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'N'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A''
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'L'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la segunda linea.
```

```
movlw A'B'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'A'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'S'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'C'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'U'
```

```
call LCD_DATO
```

```
movlw A'L'
```

```

call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'.'
call LCD_DATO
movlw A'.'
call LCD_DATO
movlw A'.'
call LCD_DATO
movlw b'01011001' ;ADCS1=0, ADCS0=1, para que la frecuencia del reloj del convertidor
movwf ADCON0 ;sea de Fosc/16, se selecciona CANAL 3 y se activa la conversión.

```

;Primero el programa debe entrar en un lazo donde mide solamente el PESO, esperando
;a que se mida un PESO superior a 50 libras, indicando que el usuario ya se ha
;subido en la BASCULA, despues de eso el programa entraria en otro lazo donde mide
;simultaneamente el peso y la altura hasta que el usuario presione ACEPTAR.

Label137

```

bcf PORTE, 0 ;enciende led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
bsf PORTE, 0 ;apaga led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
bsf ADCON0, GO ;Inicio de la conversión A/D. Al terminar la conversión
;ADIF se pone en 1 si esta activada la interrupcion,
;y GO se pone en cero.

```

Label138:

```

btfsc ADCON0, GO
goto Label138
movf ADRESH, w ;mover el resultado de la conversión (ADRESH) al registro w.
movwf DATO1
bcf PIR1, ADIF ;borrar el flag de la interrupcion.
movlw .60
subwf DATO1, 0 ;Resta DATO1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces DATO1 < 60.
goto Label137
;Si DATO1 es mayor o igual que 60, implica que alguien ya se ha subido en la balanza.

```

```

movlw .1 ;Inicializa la bandera "PRESIONADO_RA4" con el valor 1, el
movwf PRESIONADO_RA4 ;cual nos indica que todavia no se ha presionado la botonera
;"ACEPTAR", la cual esta conectada al pin RA4 del PIC.
movlw b'01011001' ;ADCS1=0, ADCS0=1, para que la frecuencia del reloj del convertidor
movwf ADCON0 ;sea de Fosc/16, se selecciona CANAL 3 y se activa la conversión.

```

;Ahora se entra en otro lazo donde se mide simultaneamente PESO y ALTURA, de
;manera continua, la unica forma de salir de este lazo es cuando el usuario presiona
;la tecla ACEPTAR:

Label01

```

clrf DATO1ACC_LOW
clrf DATO1ACC
clrf Contador1
bcf PORTE, 0 ;enciende led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg

```

```

bsf  PORTE, 0 ;apaga led conectado a RE0.
call Retardo_4164us
bcf  PORTE, 1 ;activa el sensor GP2D02 para que mida la distancia.
call Retardo_Tercio_Seg
;El programa entra en un bucle donde realiza 256 conversiones A/D, y luego calcula
;el promedio de las 256 conversiones, el cual se seria el PESO en binario
;(todavia no en LIBRAS):

```

Label27

```

;movlw b'01011001';ADCS1=0, ADCS0=1, para que la frecuencia del reloj del convertidor
;movwf ADCON0 ;sea de Fosc/16, se selecciona CANAL 3 y se activa la conversión.
;Debe esperarse un tiempo de espera para que transcurra el tiempo de
;adquisición del convertidor A/D, y un tiempo igual o superior al minimo de
;2*Tad donde Tad=16*Tosc, cuando ADCS2=1, ADCS1=0, ADCS0=1,
;que se requiere entre conversión y conversión:
call Retardo_696us
bsf  ADCON0, GO ;Inicio de la conversión A/D. Al terminar la conversión
;ADIF se pone en 1 si esta activada la interrupcion,
;y GO se pone en cero.

```

Label02:

```

btfsc ADCON0, GO
goto Label02
movf  ADRESH, w ;mover el resultado de la conversión (ADRESH) al registro w.
movwf DATO1
bcf  PIR1, ADIF ;borrar el flag de la interrupcion.
movlw .253
subwf DATO1, 0 ;Resta DATO1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces DATO1 < 253.
goto Label03
movlw .253 ;DATO1 >= 253, se lo fija en 253.
movwf DATO1

```

Label03 ;ir acumulando DATO1 en su acumulador DATO1ACC:

```

movf  DATO1, w
addwf DATO1ACC_LOW, 1
btfsc STATUS, C ;Carry flag indica acarreo.
incf  DATO1ACC, 1
incf  Contador1, 1 ;Incrementar este contador.
movlw .0 ;Si ya se ha llegado a las 256 conversiones.
subwf Contador1, 0 ;Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label27

```

;Aqui se llega si se han completado las 256 conversiones, entonces el promedio
;de estas conversiones se encuentra en la variable DATO1ACC y es lo que se va
;a mostrar en la pantalla (como el peso en binario), y ademas se lo debe convertir
;a peso en libras con la tabla "Tabla_Pesos" y tambien se lo muestra en pantalla:

```

movlw HIGH Tabla_Pesos ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw DATO1ACC ;debe ser un valor entre 0 y 253, se carga en w.
call Tabla_Pesos ;obtener el correspondiente peso en libras.
movwf DATO1 ;En DATO1 esta el peso en libras, leído de tabla.
clrf PCLATH

```

;Primero imprimir el peso en libras (DATO1), luego el binario (DATO1ACC):

```
movfw DATO1 ;peso en libras.  
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.
```

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:

```
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".  
call Convierte_Binario_a_BCD
```

;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:

```
movlw .48  
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.  
movlw .48  
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.  
movlw .48  
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.
```

;Esta parte tiene que ver con la impresion, los mismos digitos que se envian

;al LCD se guardan en las siguientes variables para una posible posterior impresion:

```
movfw Digito1  
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1  
movwf PESO_Digito1  
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0  
movfw Digito2  
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1  
movwf PESO_Digito2  
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0  
movfw Digito3  
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1  
movwf PESO_Digito3  
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
```

;Enviar los 3 digitos al LCD:

```
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.  
movlw A'P'  
call LCD_DATO  
movlw A:'  
call LCD_DATO  
movfw Digito1  
call LCD_DATO  
movfw Digito2  
call LCD_DATO  
movfw Digito3  
call LCD_DATO  
movlw A'(  
call LCD_DATO
```

;Imprimir ahora el peso original que venia del convertidor, que se encuentra en

;la variable DATO1ACC, el cual lo llamamos "peso en binario":

```
movfw DATO1ACC  
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.
```

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los dígitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
call Convierte_Binario_a_BCD

;Los dígitos deben ser convertidos a código ASCII para mandarlos al LCD:
movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.

;Mandar los 3 dígitos al LCD:

```
movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
movlw A')
call LCD_DATO
movlw A''
call LCD_DATO
movlw A'''
call LCD_DATO
movlw AT'
call LCD_DATO
movlw AM'
call LCD_DATO
movlw AC'
call LCD_DATO
movlw A!.'
call LCD_DATO
```

;Ahora toca obtener la altura del módulo GP2D02, pero primero se lee el valor
;binario obtenido directamente del GP2D02 (se lo guarda en la variable DATO2):
call Obtiene_dato_GP2D02
;El dato en binario leído del módulo GP2D02 se encuentra en la variable DATO2.
movlw .253
subwf DATO2, 0 ;Resta DATO2 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces DATO2 < 253.
goto Label29
movlw .253 ;DATO2 >= 253, se lo fija en 253.
movwf DATO2

Label29

```
movlw HIGH Tabla_Alturas ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw DATO2 ;debe ser un valor entre 0 y 253, se carga en w.
call Tabla_Alturas ;obtener el correspondiente peso en libras.
movwf DATO2_centimetros ;En DATO2_centimetros esta la altura en cm, leído de tabla.
clrf PCLATH
movfw DATO2_centimetros
```

movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
call Convierte_Binario_a_BCD

;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:
movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.

;Esta parte tiene que ver con la impresion, los mismos digitos que se envian
;al LCD se guardan en las siguientes variables para una posible posterior impresion:

```
movfw Digito1
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf ALTURA_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito2
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf ALTURA_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito3
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf ALTURA_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la linea 2.
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A':'
call LCD_DATO
movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
movlw A'('
call LCD_DATO
movfw DATO2
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.
```

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
call Convierte_Binario_a_BCD

;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:
movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48

```

addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.
movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
movlw A')
call LCD_DATO
movlw A'
call LCD_DATO

```

;PARA CALCULAR EL IMC ---

;Primero multiplica el peso dado en libras por 454000, el cual es como multiplicar

;primero por 227, luego por 16 y luego por 125:

```

movlw 0x00
movwf Factor4 ;Byte mas significativo
movlw 0x00
movwf Factor3
movlw 0x00
movwf Factor2
movfw DATO1 ;Este es el peso en libras.
movwf Factor1 ;Byte menos significativo
movlw .227
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 227.
movlw .16
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 16.
movlw .125
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 125.
;EL RESULTADO SE LO GUARDA EN AARGB3, AARGB2, AARGB1, AARGB0
;donde el menos significativo es AARGB3:
movfw Factor1
movwf AARGB3
movfw Factor2
movwf AARGB2
movfw Factor3
movwf AARGB1
movfw Factor4
movwf AARGB0

```

;Primero se eleva la ALTURA dada en centímetros al CUADRADO:

```

movlw 0x00
movwf Factor4 ;Byte mas significativo
movlw 0x00
movwf Factor3
movlw 0x00
movwf Factor2
movfw DATO2_centimetros ;Este es la altura en centímetros.
movwf Factor1 ;Byte menos significativo
movfw DATO2_centimetros ;Este es la altura en centímetros.
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 43.
;EL RESULTADO SE LO GUARDA EN BARGB1, BARGB0 donde el menos
;significativo es BARGB1:
movfw Factor1

```



```

movwf BARGB1
movfw Factor2
movwf BARGB0
movlw HIGH FXD3216U ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para invocar procedimiento.
CALL FXD3216U ; EFECTUA LA DIVISION ENTRE UN NÚMERO DE 32 BITS CON UNO
;DE 16 BITS Y GUARDA EL COCIENTE EN AARGB2:AARGB3 (los 2
;bytes menos significativos que son los que interesan para el calculo del IMC)

clrf PCLATH
;Si AARGB2 (el byte) mas significativo vale mas de 0x26 se lo fija en 0x26, puesto
;que si vale 0x27 o mas, implicaria un IMC superior a 100.00 lo cual ademas de ser
;imposible, acarrearía problemas para visualizarlo en el LCD, puesto que se utilizan
;solamente 4 digitos, y el valor maximo seria 99.99:
movlw 0x26
subwf AARGB2, 0 ;Resta AARGB2 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces AARGB2 < 0x26.
goto Label47
movlw 0x26 ;AARGB2 >= 0x26, se lo fija en 0x26.
movwf AARGB2
Label47
;En este punto tenemos el IMC como un número de 32 bits cuyo rango varia entre
;0 y 9999 (el punto decimal se lo pone en el LCD entre el segundo y tercer digito),
;El IMC esta guardado en el bloque AARGB2:AARGB3.
;Ahora hay que copiarlo en la variable:
;"Binario_a_convertir_low" y "Binario_a_convertir_high" para posteriormente convertirlo
;de binario a BCD y visualizar esos digitos en el LCD:

movfw AARGB3
movwf Binario_a_convertir_low
movfw AARGB2
movwf Binario_a_convertir_high

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir_low" y "Binario_a_convertir_high"
;de BINARIO a BCD, y los digitos del número convertido se guardan en "Digito1",
;"Digito2", "Digito3", "Digito4", "Digito5".
;Este procedimiento sirve cuando el número a convertir esta entre 0 y 65535.
CALL Convierte_Binario_a_BCD1

;Como se habia limitado el IMC a maximo 9999, siempre tendremos en este punto que
;"Digito1" vale CERO, y asi se imprimiran Digito2 hasta Digito5 en el LCD.
;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.
movlw .48
addwf Digito4,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito5,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.

;Esta parte tiene que ver con la impresion, los mismos digitos que se envian
;al LCD se guardan en las siguientes variables para una posible posterior impresion:
movfw Digito2

```

```

bsf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 1
movwf  IMC_Digito2
bcf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 0
movfw  Digito3
bsf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 1
movwf  IMC_Digito3
bcf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 0
movfw  Digito4
bsf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 1
movwf  IMC_Digito4
bcf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 0
movfw  Digito5
bsf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 1
movwf  IMC_Digito5
bcf    STATUS, RP0    ;Seleccion del Banco 0
movfw  Digito2
call   LCD_DATO
movfw  Digito3
call   LCD_DATO
movlw  A.'    ;imprime punto decimal en LCD.
call   LCD_DATO
movfw  Digito4
call   LCD_DATO
movfw  Digito5
call   LCD_DATO

```

;Se revisa la variable PRESIONADO_RA4, la cual valdria 0 si se ha presionado la
;botonera RA4 (ACEPTAR) en medio de algun lazo de retardo.
;Si el usuario ha presionado esa botonera, se retorna de este
;procedimiento:

```

movlw  .0
subwf  PRESIONADO_RA4, 0    ; Resta F-W, resultado se guarda en W.
btfsc  STATUS, Z          ; Zero flag indica si F es igual a W.
goto   Label139
goto   Label01    ; repite bucle.
Label139
return    ;Fin del procedimiento principal que controla el proceso de peso y altura.

```

Obtiene_dato_GP2D02

;Esta subrutina da por supuesto que ya se ha puesto en bajo el pin RE1 que entra al
;modulo GP2D02 el tiempo suficiente (mayor que 70 ms) para que este modulo haya
;puesto su salida (conectada al pin RE2) en alto, indicando que la medicion de la
;distancia ya esta lista para ser leida serialmente, lo cual se hace a continuacion:

```

bsf    PORTE, 1    ;colocar pin RE1 que va al GP2D02 en alto.
call   DELAY_40    ;Retardo de 120us.
clrf   DATO2        ;limpiar viejo valor de medicion.
movlw  .8           ;número de pulsos que se va a enviar al modulo (para obtener los 8 bits).
movwf  BITCOUNT
bcf    STATUS, C    ;El Carry bit debe estar en bajo al iniciar la rotacion.
Label28
bcf    PORTE, 1    ;colocar pin RE1 que va al GP2D02 en bajo.
call   DELAY_40
rlf    DATO2, f    ;rotacion a la izquierda de los bits previos.

```

```

btfsc PORTE, 2 ;chequea bit RE2 que esta conectado a la salida del modulo GP2D02.
bsf DATO2, 0 ;setea bit menos significativo si RE2 esta en alto.
call DELAY_40
bsf PORTE, 1 ;colocar pin RE1 que va al GP2D02 en alto.
call DELAY_40
decfsz BITCOUNT, f ;ya se han realizado los 8 bits?
goto Label28 ;En la variable DATO2 esta el binario de 8 bits leído del modulo GP2D02.
return

```

;Sub-rutina que multiplica el valor del registro w por el contenido del grupo de 32 bits:
; Factor1, Factor2, Factor3, Factor4 donde el menos significativo es Factor1,
; y guarda el producto en esas mismas las variables.

Multiplica_por_registro_w

```

clrf PROD_HIGH1 ;Estas 4 variables solamente se las utiliza como
clrf PROD_HIGH ;variables temporales que guardan el resultado parcial
clrf PROD_LOW1 ;de la multiplicacion, la cual es efectuada con un metodo
clrf PROD_LOW ;de sumas sucesivas o acumulacion.
movwf TEMP3
addlw .0 ;Si w vale cero ya no hay nada que multiplicar.
btfss STATUS, Z ;revisa la ZERO flag.
goto mult01
clrf Factor1 ;En caso de que "w" valga cero, el resultado sera CERO.
clrf Factor2
clrf Factor3
clrf Factor4
goto mult03
nop
mult01
movfw Factor1
addwf PROD_LOW, f
btfss STATUS, C ;revisa el CARRY flag.
goto mult02
movfw Factor2
addlw .1
goto mult04
mult02
movfw Factor2
mult04
addwf PROD_LOW1, f
btfss STATUS, C ;revisa el CARRY flag.
goto mult05
movfw Factor3
addlw .1
goto mult06
mult05
movfw Factor3
mult06
addwf PROD_HIGH, f
btfss STATUS, C ;revisa el CARRY flag.
goto mult07
movfw Factor4
addlw .1
goto mult08

```

```

mult07
    movfw  Factor4
mult08
    addwf  PROD_HIGH1, f
    decfsz TEMP3, 1
    goto   mult01
    nop
    movfw  PROD_LOW
    movwf  Factor1
    movfw  PROD_LOW1
    movwf  Factor2
    movfw  PROD_HIGH
    movwf  Factor3
    movfw  PROD_HIGH1
    movwf  Factor4
mult03
    return

```

```

;*****
;
;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los dígitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
;Este procedimiento solo sirve cuando el número a convertir está entre 0 y 255.
;*****
Convierte_Binario_a_BCD
    movlw  .200                ;Si es mayor o igual que 200.
    subwf  Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
    btfss  STATUS, C          ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 200.
    goto   Label04
    movlw  .200
    movwf  Cantidad_a_Restar
    movlw  .2
    movwf  Digito1
    goto   Label06
Label04
    movlw  .100                ;Si es mayor o igual que 100.
    subwf  Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
    btfss  STATUS, C          ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 100.
    goto   Label05
    movlw  .100
    movwf  Cantidad_a_Restar
    movlw  .1
    movwf  Digito1
    goto   Label06
Label05
    movlw  .0
    movwf  Cantidad_a_Restar
    movlw  .0
    movwf  Digito1
Label06
    movfw  Cantidad_a_Restar
    subwf  Binario_a_convertir, 1 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en
Binario_a_convertir.
    movlw  .90                ;Si es mayor o igual que 90.

```

```

subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 90.
goto Label07
movlw .90
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .9
movwf Digito2
goto Label16
Label07
movlw .80 ;Si es mayor o igual que 80.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 80.
goto Label08
movlw .80
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .8
movwf Digito2
goto Label16
Label08
movlw .70 ;Si es mayor o igual que 70.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 70.
goto Label09
movlw .70
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .7
movwf Digito2
goto Label16
Label09
movlw .60 ;Si es mayor o igual que 60.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 60.
goto Label10
movlw .60
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .6
movwf Digito2
goto Label16
Label10
movlw .50 ;Si es mayor o igual que 50.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 50.
goto Label11
movlw .50
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .5
movwf Digito2
goto Label16
Label11
movlw .40 ;Si es mayor o igual que 40.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 40.
goto Label12

```

```

movlw .40
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .4
movwf Digito2
goto Label16
Label12
movlw .30 ;Si es mayor o igual que 30.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 30.
goto Label13
movlw .30
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .3
movwf Digito2
goto Label16
Label13
movlw .20 ;Si es mayor o igual que 20.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 20.
goto Label14
movlw .20
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .2
movwf Digito2
goto Label16
Label14
movlw .10 ;Si es mayor o igual que 10.
subwf Binario_a_convertir, 0 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si C=0 (hay acarreo), entonces Binario_a_convertir < 10.
goto Label15
movlw .10
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .1
movwf Digito2
goto Label16
Label15
movlw .0
movwf Cantidad_a_Restar
movlw .0
movwf Digito2
Label16
movwf Cantidad_a_Restar
subwf Binario_a_convertir, 1 ;Resta Binario_a_convertir menos W, resultado se guarda en
;Binario_a_convertir.
;Luego de estas restas sucesivas, queda en "Binario_a_convertir" un número entre 0 y 9, que
;es el dígito menos significativo del número binario transformado en BCD,
;ese dígito se guarda directamente en la variable "digito3":
movfw Binario_a_convertir
movwf Digito3
return

```

```

;*****
;FIN de la conversión del número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD

```

```

;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
;*****
;*****
;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir_low" y "Binario_a_convertir_high"
;de BINARIO a BCD, y los digitos del número convertido se guardan en "Digito1",
;"Digito2", "Digito3", "Digito4", "Digito5".
;Este procedimiento sirve cuando el número a convertir esta entre 0 y 65535.
;*****
;*****
Convierte_Binario_a_BCD1
; Para convertir de binario a BCD se ira sacando digito por digito,
; primero se consigue el digito mas significativo que se guarda en "Digito1",
; luego el que sigue en "Digito2" y asi hasta "Digito5":
;Carga "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con valor 10000 (2710 hex):
    movlw 0x10
    movwf PROD_LOW1
    movlw 0x27
    movwf PROD_HIGH1 ; Variable con la que se compara
                        ;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low".
    clrf   Digito1     ; Variable que se usara como contador y que al final
                        ; tendra el cociente de la division entre 10000.
;en las siguientes 11 lineas se compara "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con
;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low" y si la primera supera a la segunda,
;significa que la division ha terminado, la comparacion se hace con una resta y
;chequeando el CARRY flag.
Label32
    movf  PROD_HIGH1, w
    subwf Binario_a_convertir_high, 0 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
guarda en W.
    btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
    goto  Label31
    btfss STATUS, Z ;Si son iguales, hay que revisar parte menos significativa.
    goto  Label46
    movf  PROD_LOW1, w
    subwf Binario_a_convertir_low, 0 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W.
    btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
    goto  Label31
Label46
    incf  Digito1, 1 ; incrementar el contador.
;en las 11 lineas siguientes se restara "Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low"
;menos "PROD_HIGH1:PROD_LOW1", aqui se llega siempre que el minuendo supera al sustraendo:
    movf  PROD_LOW1, w
    subwf Binario_a_convertir_low, 1 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se guarda
en el primero.
    btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces hay prestamo en la resta.
    goto  Label33
    movf  PROD_HIGH1, w ;Caso de resta sin prestamo.
    subwf Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
;guarda en el primero.
    goto  Label32
Label33
    movf  PROD_HIGH1, w ;Caso de resta con prestamo.
    subwf Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
;guarda en el primero.

```

```

    decf    Binario_a_convertir_high, 1 ;Decrementa Binario_a_convertir_high, resultado se guarda
                                                ;en el mismo.
    goto    Label32
Label31
;Carga "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con valor 1000 (3E8 hex):
    movlw   0xE8
    movwf   PROD_LOW1
    movlw   0x03
    movwf   PROD_HIGH1 ; Variable con la que se compara
                        ;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low".
    clrf    Digito2 ; Variable que se usara como contador y que al final
                        ; tendra el cociente de la division entre 1000.
;en las siguientes 11 lineas se compara "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con
;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low" y si la primera supera a la segunda,
;significa que la division ha terminado, la comparacion se hace con una resta y
;chequeando el CARRY flag.

Label34
    movf    PROD_HIGH1, w
    subwf   Binario_a_convertir_high, 0 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
                                                ;guarda en W.
    btfss   STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
    goto    Label36
    btfss   STATUS, Z ;Si son iguales, hay que revisar parte menos significativa.
    goto    Label35
    movf    PROD_LOW1, w
    subwf   Binario_a_convertir_low, 0 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se
                                                ;guarda en W.
    btfss   STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
    goto    Label36
Label35
    incf    Digito2, 1 ; incrementar el contador.
;en las 6 lineas siguientes se restara "Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low"
;menos "PROD_HIGH1:PROD_LOW1", aqui se llega siempre que el minuendo supera al sustraendo:
    movf    PROD_LOW1, w
    subwf   Binario_a_convertir_low, 1 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se guarda
                                                ;en el primero.
    btfss   STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces hay prestamo en la resta.
    goto    Label37
    movf    PROD_HIGH1, w ;Caso de resta sin prestamo.
    subwf   Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
                                                ;guarda en el primero.
    goto    Label34
Label37
    movf    PROD_HIGH1, w ;Caso de resta con prestamo.
    subwf   Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
                                                ;guarda en el primero.
    decf    Binario_a_convertir_high, 1 ;Decrementa Binario_a_convertir_high, resultado se guarda en
                                                ;el mismo.
    goto    Label34
Label36
;Carga "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con valor 100 (64 hex):
    movlw   0x64

```



```

movwf PROD_LOW1
movlw 0x00
movwf PROD_HIGH1 ; Variable con la que se compara
                    ;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low".
clrf Digito3      ; Variable que se usara como contador y que al final
                    ; tendra el cociente de la division entre 100.
;en las siguientes 11 lineas se compara "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con
;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low" y si la primera supera a la segunda,
;significa que la division ha terminado, la comparacion se hace con una resta y
;chequeando el CARRY flag.
Label38
movf PROD_HIGH1, w
subwf Binario_a_convertir_high, 0 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
                                ;guarda en W.

btfs STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
goto Label40
btfs STATUS, Z ;Si son iguales, hay que revisar parte menos significativa.
goto Label39
movf PROD_LOW1, w
subwf Binario_a_convertir_low, 0 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se
                                ;guarda en W.

btfs STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
goto Label40
Label39
incf Digito3, 1 ; incrementar el contador.
;en las 6 lineas siguientes se restara "Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low"
;menos "PROD_HIGH1:PROD_LOW1", aqui se llega siempre que el minuendo supera al sustraendo:
movf PROD_LOW1, w
subwf Binario_a_convertir_low, 1 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se guarda
                                ;en el primero.

btfs STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces hay prestamo en la resta.
goto Label41
movf PROD_HIGH1, w ;Caso de resta sin prestamo.
subwf Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
                                ;guarda en el primero.

goto Label38
Label41
movf PROD_HIGH1, w ;Caso de resta con prestamo.
subwf Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
                                ;guarda en el primero.

decf Binario_a_convertir_high, 1 ;Decrementa Binario_a_convertir_high, resultado se guarda
                                ;en el mismo.

goto Label38
Label40
;Carga "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con valor 10 ("0x0a"):
movlw 0x0a
movwf PROD_LOW1
movlw 0x00
movwf PROD_HIGH1 ; Variable con la que se compara
                    ;"Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low".
clrf Digito4      ; Variable que se usara como contador y que al final
                    ; tendra el cociente de la division entre 10.
;en las siguientes 11 lineas se compara "PROD_HIGH1:PROD_LOW1" con

```

```

; "Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low" y si la primera supera a la segunda,
; significa que la division ha terminado, la comparacion se hace con una resta y
; chequeando el CARRY flag.
Label42
    movf    PROD_HIGH1, w
    subwf   Binario_a_convertir_high, 0 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
guarda en W.
    btfss   STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
    goto    Label44
    btfss   STATUS, Z ;Si son iguales, hay que revisar parte menos significativa.
    goto    Label43
    movf    PROD_LOW1, w
    subwf   Binario_a_convertir_low, 0 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se
guarda en W.
    btfss   STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces la division ha terminado.
    goto    Label44
Label43
    incf    Digito4, 1 ; incrementar el contador.
; en las 6 líneas siguientes se restara "Binario_a_convertir_high:Binario_a_convertir_low"
; menos "PROD_HIGH1:PROD_LOW1", aqui se llega siempre que el minuendo supera al sustraendo:
    movf    PROD_LOW1, w
    subwf   Binario_a_convertir_low, 1 ;Resta Binario_a_convertir_low menos W, resultado se guarda
; en el primero.
    btfss   STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces hay prestamo en la resta.
    goto    Label45
    movf    PROD_HIGH1, w ;Caso de resta sin prestamo.
    subwf   Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
; guarda en el primero.
    goto    Label42
Label45
    movf    PROD_HIGH1, w ;Caso de resta con prestamo.
    subwf   Binario_a_convertir_high, 1 ;Resta Binario_a_convertir_high menos W, resultado se
; guarda en el primero.
    decf    Binario_a_convertir_high, 1 ;Decrementa Binario_a_convertir_high, resultado se guarda
; en el mismo.
    goto    Label42
Label44
; En este punto la variable "Binario_a_convertir_low" contiene un número del 0 al 9
; que sencillamente se carga en Digito5:
    movf    Binario_a_convertir_low, w
    movwf   Digito5
    return

```

===== PARTE QUE SE ENCARGA DEL PROCESO DE LA PRESION =====

```

PROCESO_PRESION
    call    BORRA_Y_HOME ;Limpiar toda la pantalla del LCD.
    call    Retardo_4164us
; Enviar mensaje "Medicion presion" al LCD:

```

```

call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
movlw A'M'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'D'
call LCD_DATO
movlw A'I'
call LCD_DATO
movlw A'C'
call LCD_DATO
movlw A'T'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'N'
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
movlw A'P'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw A'T'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'N'
call LCD_DATO
;Encender led RE0 por unos 2 segundos, para mostrar el mensaje anterior:
movlw .35
movwf Contador1
Label143
bcf PORTE, 0 ;enciende led conectado a RE0.
call Retardo_Tercio_Seg
decfsz Contador1,1
goto Label143
;Enviar al LCD el mensaje "PONGASE BRAZAL Y PRESIONE ACEPTAR":
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
movlw A'P'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'N'
call LCD_DATO
movlw A'G'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO

```

```

movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
movlw A'B'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'Z'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'L'
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
movlw A'Y'
call LCD_DATO
call LCD_LINE2
movlw A'P'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw A'I'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'N'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A'C'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'P'
call LCD_DATO
movlw A'T'
call LCD_DATO
movlw A'A'
call LCD_DATO

```

;ubicar el cursor del LCD en la segunda línea.


```

call Retardo_Tercio_Seg
call Retardo_Tercio_Seg ;En este momento se esta inflando el medidor de presion.
call Retardo_Tercio_Seg
;Despues de haber completado todas las instrucciones de configuracion
;el programa entra en un bucle que se repite indefinidamente
;donde lo unico que se hace es realizar conversiones A/D y enviar los resultados
;por el puerto serial.
clrf DATO1_Transmitir_PC
clrf DATO2_Transmitir_PC
clrf Contador2_High
clrf Contador2_Low
clrf Pico_Detectado
clrf Indice_Arreglo_Picos
clrf Contador_Picos
movlw .78 ;El valor del UMBRAL1.
movwf PicoAnterior
Label54
clrf DATO1ACC_LOW
clrf DATO1ACC
clrf DATO2ACC_LOW
clrf DATO2ACC
clrf Contador1
clrf Maximo1
clrf Maximo2
Label52
movlw b'01000001' ;ADCS1=0, ADCS0=1, para que la frecuencia del reloj del convertidor
movwf ADCON0 ;sea de Fosc/16, se selecciona CANAL 0 y se activa la conversión.
;Debe esperarse un tiempo de espera para que transcurra el tiempo de
;adquisicion del convertidor A/D, y un tiempo igual o superior al minimo de
;2*Tad donde Tad=16*Tosc, cuando ADCS2=1, ADCS1=0, ADCS0=1,
;que se requiere entre conversión y conversión:
call Retardo_96us
bsf ADCON0, GO ;Inicio de la conversión A/D. Al terminar la conversión
;ADIF se pone en 1 si esta activada la interrupcion,
;y GO se pone en cero.
Label48:
btfsc ADCON0, GO
goto Label48
movf ADRESH, w ;mover el resultado de la conversión (ADRESH) al registro w.
movwf DATO1
bcf PIR1, ADIF ;borrar el flag de la interrupcion.
movlw .253
subwf DATO1, 0 ;Resta DATO1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces DATO1 < 253.
goto Label49
movlw .253 ;DATO1 >= 253, se lo fija en 253.
movwf DATO1
Label49 ;ir acumulando DATO1 en su acumulador DATO1ACC:
movf DATO1, w
addwf DATO1ACC_LOW, 1
btfsc STATUS, C ;Carry flag indica acarreo.
incf DATO1ACC, 1

```

Label53

```
movlw b'01001001' ;ADCS1=0, ADCS0=1, para que la frecuencia del reloj del convertidor
movwf ADCON0 ;sea de Fosc/16, se selecciona CANAL 1 y se activa la conversión.
```

```
;Debe esperarse un tiempo de espera para que transcurra el tiempo de
;adquisición del convertidor A/D, y un tiempo igual o superior al mínimo de
;2*Tad donde Tad=16*Tosc, cuando ADCS2=1, ADCS1=0, ADCS0=1,
;que se requiere entre conversión y conversión:
```

```
call Retardo_96us
bsf ADCON0, GO ;Inicio de la conversión A/D. Al terminar la conversión
;ADIF se pone en 1 si esta activada la interrupción,
;y GO se pone en cero.
```

Label50:

```
btfsc ADCON0, GO
goto Label50
movf ADRESH, w ;mover el resultado de la conversión (ADRESH) al registro w.
movwf DATO2
bcf PIR1, ADIF ;borrar el flag de la interrupción.
movlw .240
subwf DATO2, 0 ;Resta DATO1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces DATO1 < 240.
goto Label51
movlw .240 ;DATO1 >= 240, se lo fija en 240.
movwf DATO2
```

Label51 ;ir acumulando DATO2 en su acumulador DATO2ACC:

```
movf DATO2, w
addwf DATO2ACC_LOW, 1
btfsc STATUS, C ;Carry flag indica acarreo.
incf DATO2ACC, 1
```

```
;Actualizar el máximo:
```

```
movfw Maximo2
subwf DATO2, 0 ;Resta (f-w) es decir DATO2-Maximo2
btfss STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir DATO2 < Maximo2.
goto Label56
movfw DATO2 ;Actualiza el Máximo si DATO2 >= Maximo2.
movwf Maximo2
```

Label56

```
incf Contador1, 1 ;Incrementar este contador.
movlw .0 ;Si ya se ha llegado a las 256 conversiones.
subwf Contador1, 0 ;Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label59
```

```
;Aqui se llega si se han completado las 256 conversiones, entonces el promedio
;de estas conversiones se encuentra en la variable DATO1ACC y es lo que se va
;a considerar como el valor del MUESTREO, lo mismo para DATO2ACC.
;El proceso de detección de picos comienza solamente cuando Contador2 (16 bits)
;vale 648 (0x0288) o más, este valor está relacionado con el valor 600 que es cuando
;se apaga el motor (un poco más adelante en el programa), siempre lo supera en 5.
```

```
movlw 0x02
```

```

subwf Contador2_High, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, C ;Carry flag en bajo indica Contador2_High < 0x02.
goto Label68
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_High = 0x02.
goto Label69
movlw 0x88
subwf Contador2_Low, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, C ;Carry flag en bajo indica Contador2_Low < 0x88.
goto Label68
Label69
;Aqui se llega si Contador2 (16 bits) vale 648 o mas, entonces lo que sigue son
;las instrucciones que controlan la detección de los picos:
;Si el valor promedio de las 256 muestras (DATO2ACC) supera cierto umbral,
;se considera el máximo de las 256 muestras, (esto es para evitar que la
;promediación RECORTE LOS PICOS que son muy importantes).
;El UMBRAL varia según el valor de Contador2 (bloque de 16 bits)
;Si Contador2 es menor que 930 (0x03A2), se considera UMBRAL1, sino UMBRAL2.
;Este valor 930 está relacionado con el valor 600 que es cuando
;se apaga el motor (un poco más adelante en el programa), siempre lo supera en 330.
movlw 0x03
subwf Contador2_High, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, C ;Carry flag en bajo indica Contador2_High < 0x03.
goto Label62
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_High = 0x03.
goto Label63
movlw 0xA2
subwf Contador2_Low, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, C ;Carry flag en bajo indica Contador2_Low < 0xA2.
goto Label62
goto Label63
Label62
movlw .78 ;UMBRAL1. 77
subwf DATO2ACC, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir DATO2ACC < 78.
goto Label65
movfw Maximo2 ;Considera el Maximo2 y no DATO2ACC si DATO2ACC >= 78.
movwf DATO2ACC
goto Label64
Label63
movlw .81 ;UMBRAL2. 80
subwf DATO2ACC, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir DATO2ACC < 81.
goto Label65
movfw Maximo2 ;Considera el Maximo2 y no DATO2ACC si DATO2ACC >= 81.
movwf DATO2ACC
goto Label64
Label64
;Aqui se llega si el valor del muestreo es mayor o igual que el umbral.
movlw .0
subwf Pico_Detectado, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label70
movlw .1
movwf Pico_Detectado ;Setea esta bandera en 1 para indicar que la señal que era

```



```

;menor que el umbral, pasa a ser mayor o igual que el
;umbral, aunque posiblemente no ha llegado al maximo que
;vendria a ser un PICO, que es lo que se busca detectar.
goto Label68
Label65 ;Aqui se llega si el valor del muestreo es menor que el umbral.
movlw .3
subwf Pico_Detectado, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label70

movlw .0
movwf Pico_Detectado ;Setea esta bandera en 0 para permitir una posterior
;deteccion de pico cuando la señal vuelva a subir pasando
;de un valor por abajo del umbral a un valor superior
;al umbral.

goto Label68
Label70
movlw .1
subwf Pico_Detectado, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label68

```

;Cuando Pico_Detectado vale 1, siempre se verifica si la señal llega a un punto
;en el que comienza a descender, para esto se compara el valor de DATO2ACC que es
;el muestreo actual con el valor de DATO2_Transmitir_PC que es el muestreo anterior:

```

movfw DATO2_Transmitir_PC
subwf DATO2ACC, 0 ;Resta (f-w).
btfsc STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo (DATO2ACC < DATO2_Trans).
goto Label68
movlw .2
movwf Pico_Detectado ;Setea esta bandera en 2 para indicar que precisamente
;se ha detectado el pico justo en el momento en que la
;señal comienza a descender a partir del maximo.

```

;A continuacion se compara el valor del pico detectado, que esta guardado en la
;variable DATO2_Transmitir_PC, con el valor del pico anterior que se ha detectado
;en el proceso, que debe encontrarse en la variable "PicoAnterior".
;Antes de compararlos se le resta a los dos picos el valor del UMBRAL1, es decir 78,
;y se guarda los resultados en las variables TEMP1 y TEMP2,
;Si se detecta que TEMP1 es menor que la mitad de TEMP2, esto significa que el pico
;detectado actual es muy pequeño comparado con el pico anterior y no es tomado en
; cuenta como un pico detectado y se regresa la variable "Pico_Detectado" al valor 0.
;Con esto se busca que los picos pequeños que estan en medio de picos grandes que
;a veces surgen en la señal, no afecten el proceso de la determinacion de las
;presiones sistolica y diastolica.

```

;Aqui DATO_Transmitir_PC al ser un pico detectado deberia ser igual o mayor que el
;UMBRAL1, es decir 78, de esta manera se le puede restar 78, guardar el resultado en
;TEMP1, con la seguridad de que en TEMP1 hay un valor positivo o minimo cero:
movlw .78 ;UMBRAL1.
subwf DATO2_Transmitir_PC, 0 ;Resta (f-w), resultado se guarda en w.
movwf TEMP1

```

;Tambien el valor de "PicoAnterior" deberia ser igual o mayor que UMBRAL1,
;es decir 78, de esta manera se le puede restar 78, guardar el resultado en
;TEMP2, con la seguridad de que en TEMP2 hay un valor positivo o minimo cero:
movlw .78 ;UMBRAL1.
subwf PicoAnterior, 0 ;Resta (f-w), resultado se guarda en w.
movwf TEMP2

;Se procede a dividir para 2 el contenido de TEMP2, para lo cual simplemente
;se ejecuta una ROTACION a la DERECHA, que el PIC siempre ejecuta a traves del
;CARRY flag, por lo cual se procede primero a limpiar el CARRY flag:

```
bcf STATUS, C ;Se pone el Carry flag EN BAJO.
rrf TEMP2, 1 ;Rota a la derecha el contenido de TEMP2.
```

;Si TEMP1 es menor que TEMP2, se ha detectado un pico pequeño espureo:
movfw TEMP2
subwf TEMP1, 0 ;Resta (f-w), es decir TEMP1 - TEMP2.
btfsc STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo (TEMP1 < TEMP2).
goto Label96

;Aqui se llega si se ha detectado un pico falso, (un pico pequeño comparado con
;el anterior):

```
movlw .0
movwf Pico_Detectado ;Regresa esta bandera a cero, para permitir posterior
;deteccion de picos.
goto Label68
```

Label96

;Aqui se llega si se ha detectado un pico normal, un pico que no es pequeño
;comparado con el anterior, entonces se lo trata de manera normal, se lo considera
;para el calculo de la frecuencia cardiaca, se lo guarda en la tabla de picos para
;el posterior calculo de presiones sistolica y diastolica, etc.

```
movfw DATO2_Transmitir_PC
movwf PicoAnterior
```

;A continuacion se realiza lo relativo al conteo de picos que seran tomados en
;consideracion para el calculo de la FRECUENCIA CARDIACA, el conteo de picos solamente
;deberia realizarse cuando la oscilacion de la señal es relativamente grande,
;por lo que el conteo de picos se realiza si "Contador2" esta entre 800 y 1200,
;en hexadecimal: 0x0320 y 0x04B0, estos dos valores estan interrelacionados con
;los otros valores 600, 648, 930 fijados poco antes en el programa, deben mantener
;la diferencia relativa en caso de que se los cambie.
;Revisar si Contador2 es mayor o igual que 0x0320:

```
movlw 0x03
subwf Contador2_High, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, C ;Carry flag en bajo indica Contador2_High < 0x03.
goto Label87
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_High = 0x03.
goto Label88
movlw 0x20
subwf Contador2_Low, 0 ;Resta f-w
```



```

addlw .32
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
movfw DATO2_Transmitir_PC
bsf STATUS, IRP ;selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movwf INDF
bcf STATUS, IRP

```

;Y así mismo guarda el valor de "DATO1_Transmitir_PC" en uno de los registros del
;banco 3 cuya dirección varía entre 32 y 95, dirección controlada por la misma
;variable "Indice_Arreglo_Picos":

```

movfw Indice_Arreglo_Picos ;variable que lleva la cuenta del número de picos,
; puede valer máximo 64.
addlw .160 ;32+128 pues estamos en banco 3.
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
movfw DATO1_Transmitir_PC
bsf STATUS, IRP ;selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movwf INDF
bcf STATUS, IRP
;Incrementa en uno el valor de Indice_Arreglo_Picos:
incf Indice_Arreglo_Picos, 1
;Con esto termina el guardado del pico detectado en el arreglo de memoria.

```

Label68

;Los valores de MUESTREO deben enviarse a la computadora (en las pruebas),
;pero no se van a enviar de todos a la vez sino poco a poco dependiendo del valor
;actual de Contador1, si Contador1 vale 64 se envía la bandera 251 al PC,
;si Contador1 vale 128 se envía "DATO1_Transmitir_PC",
;si Contador1 vale 192 se envía la bandera 252,
;si Contador1 vale 0 (256) se envía "DATO2_Transmitir_PC".
;En este punto del programa Contador1 vale 0 (256), por lo que se envía a la
;computadora el contenido de la variable "DATO2_Transmitir_PC".

```

movfw DATO2_Transmitir_PC
movwf TXREG
;Ahora se debe actualizar los valores de DATO1_Transmitir_PC y DATO2_Transmitir_PC
;con los de DATO1ACC y DATO2ACC, los cuales contienen los valores del último
;muestreo de los dos canales dedicados al proceso de la medición de la presión:

```

```

movfw DATO1ACC
movwf DATO1_Transmitir_PC
movfw DATO2ACC
movwf DATO2_Transmitir_PC
btfsc PORTA, 4 ;Lee pin RA4 (botonera), si está en bajo, acaba el proceso
goto Label67 ;de medir la presión.
;bcf PORTA, 2 ;Pone RA2 en bajo, lo cual apaga la BOBINA.
;bcf PORTA, 5 ;Pone RA5 en bajo, lo cual apaga el MOTOR.

```

Label67

;Apagar el motor si Contador2 (16 bits) ya ha llegado a 600 (0x0258).
;NOTA: Si se cambia este valor, también debe cambiarse el valor de 648 (0x288)
;que está un poco más atrás en el programa, uno siempre es 5 más que el otro.
;Y también el valor de 930, siempre debe ser 330 más que el de 600.
movlw 0x02

```

subwf Contador2_High, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_High = 0x02.
goto Label71
movlw 0x58
subwf Contador2_Low, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_Low = 0x58.
goto Label71
bcf PORTA, 5 ;Pone RA5 en bajo, lo cual apaga el MOTOR.
goto Label66
Label71
;Apaga el motor tambien si detecta que la presion vale 150 (valor binario):
movlw .144 ;Valor de PRESION (binario) a la que apaga el MOTOR.
subwf DATO1ACC, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_Low = 0x58.
goto Label66
bcf PORTA, 5 ;Pone RA5 en bajo, lo cual apaga el MOTOR.
movlw 0x02
movwf Contador2_High
movlw 0x58
movwf Contador2_Low

```

```

Label66
;Calcular las PRESIONES SISTOLICA y DIASTOLICA justamente cuando Contador2 (16 bits)
;ha alcanzado el valor de 1400 (0x0578), este valor tambien esta relacionado con
;los otros valores 600, 648, 930 fijados poco antes en el programa, deben mantener
;la diferencia relativa en caso de que se los cambie:
movlw 0x05
subwf Contador2_High, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_High = 0x02.
goto Label73
movlw 0x78
subwf Contador2_Low, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_Low = 0x58.
goto Label73
call Calcula_Presiones ;Procedimiento que calcula las presiones y las
;manda o visualiza en el LCD.

```

```

Label73
;El proceso de medir la presion termina cuando Contador2 (16 bits)
;ha alcanzado el valor de 1600 (0x0640), este valor tambien esta relacionado con
;los otros valores 600, 648, 930, 1400 fijados poco antes en el programa,
;Este valor (1600) debe siempre ser algo mayor que el de 1400, en caso de cambio.
movlw 0x06
subwf Contador2_High, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_High = 0x06.
goto Label144
movlw 0x40
subwf Contador2_Low, 0 ;Resta f-w
btfss STATUS, Z ;Zero flag en alto indica Contador2_Low = 0x40.
goto Label144
bcf PORTA, 2 ;Pone RA2 en bajo, lo cual apaga la BOBINA.
bcf PORTA, 5 ;Pone RA5 en bajo, lo cual apaga el MOTOR.
return ;retorno de este procedimiento que controla el proceso de medir PRESION.

```

Label144

;Incrementar en uno la variable Contador2_High:Contador_Low (bloque de 16 bits),
;que es la que lleva la cuenta de la cantidad de muestreos que se van tomando en
;esta parte del proceso:

```
movlw .1
addwf Contador2_Low, 1
btfsc STATUS, C ;Carry flag indica acarreo.
incf Contador2_High, 1
goto Label54 ;repite bucle.
```

Label59

```
movlw .64 ; Si ya se ha llegado a las 64 conversiones.
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
```

```
goto Label60
```

;Aqui se llega si el Contador1 vale 64, por lo que se envia a la
;computadora el dato o bandera 251.

```
movlw .251
movwf TXREG
goto Label52
```

Label60

```
movlw .128 ; Si ya se ha llegado a las 128 conversiones.
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
```

```
goto Label61
```

;Aqui se llega si el Contador1 vale 128, por lo que se envia a la
;computadora el contenido de la variable "DATO1_Transmitir_PC":

```
movfw DATO1_Transmitir_PC
movwf TXREG
goto Label52
```

Label61

```
movlw .192 ; Si ya se ha llegado a las 192 conversiones.
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label52
```

;Aqui se llega si el Contador1 vale 192, por lo que se envia a la
;computadora el dato o bandera 252, pero si el DATO2 anterior era un pico
;entonces se envia la bandera 246 al computador, para que el mismo entienda
;que el muestreo anterior de DATO2 era un PICO DETECTADO.

```
movlw .2
subwf Pico_Detectado, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica IGUALDAD.
```

```
goto Label72
```

```
movlw .246
```

```
movwf TXREG
```

```
movlw .3
```

```
movwf Pico_Detectado ;Señalizar que el pico ya se ha detectado y enviada la  
;bandera de detectado al PC.
```

```
goto Label52
```

Label72

```

movlw .252
movwf TXREG
goto Label52 ;Fin del procedimiento principal que controla el proceso de PRESION.

```

;Procedimiento que calcula las presiones SIST, MED y DIAST, y las visualiza en el LCD.
;Tambien calcula y visualiza la frecuencia cardiaca.

Calcula_Presiones

```

call BORRA_Y_HOME
call LCD_LINE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
movlw A'C'
call LCD_DATO
movlw A'a'
call LCD_DATO
movlw A'I'
call LCD_DATO
movlw A'c'
call LCD_DATO
movlw A'u'
call LCD_DATO
movlw A'I'
call LCD_DATO
movlw A'a'
call LCD_DATO
movlw A'n'
call LCD_DATO
movlw A'd'
call LCD_DATO
movlw A'o'
call LCD_DATO
movlw A'.'
call LCD_DATO
movlw A'.'
call LCD_DATO
movlw A'.'
call LCD_DATO

```

;Si hay menos de 8 picos se imprime mensaje "ERROR1" en el LCD.

```

movlw .8
subwf Indice_Arreglo_Picos, 0 ;Resta (f-w) es decir Indice_Arreglo_Picos-8
btfsc STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir Indice_Arr < 8.
goto Label74

```

;Aqui se llega si hay menos de 8 picos, MUY MAL!.

;Enviar mensaje "ERROR1" al LCD:

```

call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la línea 2.
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'R'

```

```

call LCD_DATO
movlw A'1'
call LCD_DATO
goto Label75 ;Salta al final del procedimiento, no hay nada mas que hacer.
Label74
clrf Maximo
clrf Indice_Maximo
clrf Indice

;En el siguiente lazo va buscando el maximo de los picos:
Label76
movfw Indice ;variable que indica cual de los registros del banco 2 se accesa.
addlw .32
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ; Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf TEMP1
subwf Maximo, 0
btfsc STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir Maximo < w.
goto Label77 ;Se llega aqui si hay que actualizar el maximo:
movfw TEMP1
movwf Maximo
movfw Indice
movwf Indice_Maximo
Label77
incf Indice, 1
movfw Indice
subwf Indice_Arreglo_Picos, 0
btfss STATUS, Z ;Zero flag EN alto indica igualdad.
goto Label76

;Aqui se llega si ya se han revisado todos los elementos del arreglo de picos.
;Si Indice_Maximo vale 0 es ERROR!
movlw .0
subwf Indice_Maximo, 0 ;Resta (f-w)
btfss STATUS, Z
goto Label78
;Aqui se llega si Indice_Maximo vale 0, MUY MAL!.
;Enviar mensaje "ERROR2" al LCD:
call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la línea 2.
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'2'
call LCD_DATO

```


goto Label75 ;Salta al final del procedimiento, no hay nada mas que hacer.
Label78

;Aqui se llega si Indice_Maximo es diferente de cero, entonces se utiliza este
;indice para leer el valor correspondiente de presión en la tabla del banco 3,
;donde se guardaban los bytes de DATO1:

```
movfw Indice_Maximo ;variable que ahora apunta a los registros del banco 3.
addlw .160
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf Presion_Media ;Lo que se lee es la PRESION MEDIA en binario (no mmHg).
movfw Indice_Maximo
movwf Indice
```

;En el siguiente lazo va revisando los picos que están a la izquierda del Maximo
;en busca del primer pico que es el 55% del maximo, que es el punto donde se
;encuentra la Presion Sistolica:

Label79

```
movfw Indice ;variable que indica cual de los registros del banco 2 se accesa.
addlw .32
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
```

```
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf TEMP1 ;En TEMP1 se encuentra uno de los picos del arreglo en memoria.
```

;Lee el valor del 55% del Maximo en la tabla "Tabla_Formula_0_55"
;que implementa la formula $0.55*(Maximo-73)+73$:

```
movlw HIGH Tabla_Formula_0_55 ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw Maximo ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Formula_0_55 ;obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf Valor_Para_Comparar ;En esta variable está el valor de  $0.55*(Maximo-73)+73$ .
clrf PCLATH
```

;Si el valor de TEMP1 es menor o igual que el valor leído de la tabla, significa que
;tenemos el punto donde se encuentra la Presion Sistolica:

```
movfw TEMP1
subwf Valor_Para_Comparar, 0
btfss STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir Valor_Para_Comparar < TEMP1.
goto Label80
```

;Se llega aquí si se ha encontrado el punto de la Presion sistolica, y se procede
;a leerla de la tabla que guarda las presiones absolutas, la del banco 3:

```
movfw Indice ;variable que ahora apunta a los registros del banco 3.
addlw .160
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
```

```
movwf Presion_Sistolica ;Lo que se lee es la PRESION SIST en binario (no mmHg).
goto Label81
```

Label80 ;Sale del lazo si el Indice vale 0, sino lo decremента:

```
movlw .0
subwf Indice, 0
btfsc STATUS, Z ;Zero flag EN alto indica igualdad.
goto Label82
decf Indice, 1
goto Label79
```

Label82

;Aqui se llega si ninguno de los picos del arreglo cumple con esa condición de
;que son el 55% de la amplitud de la oscilacion, entonces se toma el primer
;pico del arreglo:

```
movlw .160
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf Presion_Sistolica ;Lo que se lee es la PRESION SIST en binario (no mmHg).
```

Label81

;Si el valor de Indice_Maximo es igual a (Indice_Arreglo_Picos - 1), es ERROR,
;puesto que el pico maximo no deberia estar en el ultimo elemento del arreglo:

```
movfw Indice_Arreglo_Picos
movwf TEMP1
decf TEMP1, 1
movfw TEMP1
subwf Indice_Maximo, 0
btfss STATUS, Z ;Zero flag EN alto indica igualdad.
goto Label84
```

;Aqui se llega si hay ese ERROR:

;Enviar mensaje "ERROR3" al LCD:

```
call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la línea 2.
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'3'
call LCD_DATO
goto Label75 ;Salta al final del procedimiento, no hay nada mas que hacer.
```

Label84

```
movfw Indice_Maximo
movwf Indice
```

;En el siguiente lazo va revisando los picos que estan a la derecha del Maximo
;en busca del primer pico que es el 85% del maximo, que es el punto donde se
;encuentra la Presion Diastolica:

Label83

```
movfw Indice ;variable que indica cual de los registros del banco 2 se accesa.
addlw .32
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf TEMP1 ;En TEMP1 se encuentra uno de los picos del arreglo en memoria.
;Lee el valor del 85% del Maximo en la tabla "Tabla_Formula_0_85"
;que implementa la formula  $0.85*(Maximo-73)+73$ :
movlw HIGH Tabla_Formula_0_85 ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw Maximo ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Formula_0_85 ;obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf Valor_Para_Comparar ;En esta variable esta el valor de  $0.55*(Maximo-73)+73$ .
clrf PCLATH
```

;Si el valor de TEMP1 es menor o igual que el valor leído de la tabla, significa que
;tenemos el punto donde se encuentra la Presion Diastolica:

```
movfw TEMP1
subwf Valor_Para_Comparar, 0
btfss STATUS, C ;Carry flag en 0 indica acarreo, es decir Valor_Para_Comparar < TEMP1.
goto Label86
```

;Se llega aquí si se ha encontrado el punto de la Presion Diastolica, y se procede
;a leerla de la tabla que guarda las presiones absolutas, la del banco 3:

```
movfw Indice ;variable que ahora apunta a los registros del banco 3.
addlw .160
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf Presion_Diastolica ;Lo que se lee es la PRESION DIAST en binario (no mmHg).
goto Label85
```

Label86

;Incrementa el Indice y sale del lazo si ya iguala a Indice_Arreglo_Picos:

```
incf Indice, 1
movfw Indice
subwf Indice_Arreglo_Picos, 0
btfss STATUS, Z ;Zero flag EN alto indica igualdad.
goto Label83
```

;Aquí se llega si ninguno de los picos del arreglo cumple con esa condición de
;que son el 85% de la amplitud de la oscilacion, entonces se toma el ultimo
;pico del arreglo, cuyo valor de indice es (Indice_Arreglo_Picos-1):

```
movfw Indice_Arreglo_Picos
addlw .159
movwf FSR ;En FSR esta la dirección para el direccionamiento indirecto.
bsf STATUS, IRP ;Selecciona banco 2 o 3 para direccionamiento indirecto.
```

```

movfw INDF ;Se lee el registro y se carga su dato en el registro w.
bcf STATUS, IRP
movwf Presion_Diastolica ;Lo que se lee es la PRESION DIAST en binario (no mmHg).

```

Label85

```

;En este punto tenemos la presiones sistolica, media y diastolica (en binario),
;se procede a convertirlas en mmHg con el uso de la tabla Tabla_Presion_mmHg:
movlw HIGH Tabla_Presion_mmHg ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw Presion_Sistolica ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Presion_mmHg ;obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf Presion_Sistolica_mmHg ;En esta variable esta el valor en mmHg.
movlw HIGH Tabla_Presion_mmHg ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw Presion_Media ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Presion_mmHg ;obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf Presion_Media_mmHg ;En esta variable esta el valor en mmHg.
movlw HIGH Tabla_Presion_mmHg ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para lectura de tabla.
movfw Presion_Diastolica ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Presion_mmHg ;obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf Presion_Diastolica_mmHg ;En esta variable esta el valor en mmHg.
clrf PCLATH

```

;AHORA SE PROCEDE A CALCULAR LA FRECUENCIA CARDIACA:

;Para esto se utiliza el contenido de la variable "Contador_Picos", a la que no se
;acepta que valga menos que 4, y tambien se utiliza el valor inicial de Contador2 y
;el valor final de Contador2 donde se realizo el conteo de los picos, estos valores
;inicial y final estan ya cargados en las variables "Contador2_Inicial" (16 bits) y
;"Contador2_Final" (16 bits).

;Revisa si Contador_Picos vale menos que 4:

```

movlw .4
subwf Contador_Picos, 0 ;Resta (f-w) es decir Indice_Arreglo_Picos-4
btfsc STATUS, C ;Carry flag EN BAJO indica acarreo, es decir Contador_Picos < 4.
goto Label92

```

;Aquí se llega si hay menos de 4 picos considerados para el calculo de la frecuencia
;cardíaca, lo cual esta MUY MAL!.

;Enviar mensaje "ERROR5" al LCD:

```

call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la línea 2.
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'O'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'5'
call LCD_DATO
goto Label75 ;Salta al final del procedimiento, no hay nada mas que hacer.

```

Label92

```
;Primero multiplica (Contador_Picos-1) por 1336 (167x2x4):
movlw 0x00
movwf Factor4 ;Byte mas significativo
movlw 0x00
movwf Factor3
movlw 0x00
movwf Factor2
movfw Contador_Picos ;conteo de picos relacionado con la medicion de la frecuencia.
movwf TEMP1
decf TEMP1, 1
movfw TEMP1 ;En TEMP1 esta el valor de (Contador_Picos - 1).
movwf Factor1 ;Byte menos significativo
movlw .167
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 227.
movlw .2
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 16.
movlw .4
CALL Multiplica_por_registro_w ;multiplicando por registro W que vale 125.
;EL RESULTADO SE LO GUARDA EN AARGB3, AARGB2, AARGB1, AARGB0 donde el
```

menos

```
;significativo es AARGB3:
movfw Factor1
movwf AARGB3
movfw Factor2
movwf AARGB2
movfw Factor3
movwf AARGB1
movfw Factor4
movwf AARGB0
;Luego se calcula (Contador2_Final-Contador2_Inicial), y el resultado se lo
;guarda en las variables BARGB1, BARGB0 donde el menos significativo es BARGB1:
movfw Contador2_Inicial_Low
subwf Contador2_Final_Low, 1 ;Resta (f-w), resultado se guarda en el primero.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces hay prestamo en la resta.
goto Label93
movfw Contador2_Inicial_High ;Caso de resta sin prestamo.
subwf Contador2_Final_High, 1 ;Resta (f-w), resultado se guarda en el primero.
goto Label94
```

Label93

```
movfw Contador2_Inicial_High ;Caso de resta con prestamo.
subwf Contador2_Final_High, 1 ;Resta (f-w), resultado se guarda en el primero.
decf Contador2_Final_High, 1 ;Decrementa f, resultado se guarda en el mismo.
```

Label94

```
movfw Contador2_Final_Low
movwf BARGB1
movfw Contador2_Final_High
movwf BARGB0
movlw HIGH FXD3216U ;obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;prepara bits correctos de página para invocar procedimiento.
CALL FXD3216U ;EFECTUA LA DIVISION ENTRE UN NÚMERO DE 32 BITS CON UNO
;DE 16 BITS Y GUARDA EL COCIENTE EN AARGB2:AARGB3 (los 2
```

;bytes menos significativos de esta division contendran el valor de la
;FRECUENCIA CARDIACA, la cual normalmente deberia salir menor que
;255 ppm).

clrf PCLATH

;Si AARGB2 (el byte mas significativo) vale 1 o mas, se lo fija en 0, y ademas
;AARGB3 se lo fijaria en 255, puesto que es ilogico una frecuencia cardiaca que sea
;superior a 255 pulsaciones por minuto:

```
movlw .1
subwf AARGB2, 0 ;Resta AARGB2 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, C ;Si hay acarreo (negado en la resta), entonces AARGB2 < 1.
goto Label95
movlw .0
movwf AARGB2
movlw .255
movwf AARGB3
```

Label95

```
movfw AARGB3
movwf Frecuencia_Cardiaca
;En este punto ya tenemos la frecuencia cardiaca calculada.
;Enviar todos los valores de Presion en mmHg y la frecuencia cardiaca al LCD:
call BORRA_Y_HOME
call LCD_LÍNE1 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw AT'
call LCD_DATO
movlw A'S'
call LCD_DATO
movlw A:'
call LCD_DATO
movfw Presion_Sistolica_mmHg
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.
;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
call Convierte_Binario_a_BCD
```

;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:

```
movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.
```

;Esta parte tiene que ver con la impresion, los mismos digitos que se envian
;al LCD se guardan en las siguientes variables para una posible posterior impresion:

```
movfw Digito1
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf PRES_SIST_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito2
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
```

```

movwf PRES_SIST_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito3
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf PRES_SIST_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0

```

;Mandar los 3 digitos al LCD:

```

movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
movlw A'M'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'D'
call LCD_DATO
movlw A:'
call LCD_DATO
movfw Presion_Media_mmHg
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.

```

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:

;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".

```

call Convierte_Binario_a_BCD

```

;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:

```

movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.

```

;Mandar los 3 digitos al LCD:

```

movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
call LCD_LINE2 ;ubicar el cursor del LCD en la línea 2.
movlw A'D'
call LCD_DATO
movlw A'I'
call LCD_DATO

```

```

movlw A'A'
call LCD_DATO
movlw A:'
call LCD_DATO
movfw Presion_Diastolica_mmHg
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.

```

```

;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
call Convierte_Binario_a_BCD

```

```

;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:
movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.

```

```

;Esta parte tiene que ver con la impresion, los mismos digitos que se envian
;al LCD se guardan en las siguientes variables para una posible posterior impresion:

```

```

movfw Digito1
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf PRES_DIAS_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito2
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf PRES_DIAS_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito3
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf PRES_DIAS_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0

```

```

;Mandar los 3 digitos al LCD:

```

```

movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
movlw A' '
call LCD_DATO
movlw A'F'
call LCD_DATO
movlw A'R'
call LCD_DATO
movlw A'E'
call LCD_DATO
movlw A'C'
call LCD_DATO
movlw A:'
call LCD_DATO

```



```
movfw Frecuencia_Cardiaca
movwf Binario_a_convertir ;para convertir de binario a BCD.
```

```
;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
call Convierte_Binario_a_BCD
```

```
;Los digitos deben ser convertidos a codigo ASCII para mandarlos al LCD:
movlw .48
addwf Digito1,1 ;Suma Digito1 con W, resultado se guarda en Digito1.
movlw .48
addwf Digito2,1 ;Suma Digito2 con W, resultado se guarda en Digito2.
movlw .48
addwf Digito3,1 ;Suma Digito3 con W, resultado se guarda en Digito3.
```

```
;Esta parte tiene que ver con la impresion, los mismos digitos que se envian
;al LCD se guardan en las siguientes variables para una posible posterior impresion:
```

```
movfw Digito1
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf FRECUENCIA_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito2
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf FRECUENCIA_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
movfw Digito3
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movwf FRECUENCIA_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
```

```
;Mandar los 3 digitos al LCD:
```

```
movfw Digito1
call LCD_DATO
movfw Digito2
call LCD_DATO
movfw Digito3
call LCD_DATO
```

```
;Convierte el número contenido en "Binario_a_convertir" de BINARIO a BCD:
;Los digitos del número convertido se guardan en "Digito1", "Digito2", "Digito3".
```

```
Label75
```

```
return
```

```
Retardo_696us
```

```
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
```



```
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop      ;17 nops (2 han sido reemplazados).
decfsz TEMP1, 1 ;toma 1 ciclo, excepto cuando salta si la condición se cumple.
goto label55    ;toma 2 ciclos.
nop
return
```

Retardo_3462us

```
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop      ;16 nops.
;El siguiente lazo realiza un retardo de  $172 * 20 + 6 = 3446$  us.
movlw 0xac      ; carga registro w con el valor 172.
movwf TEMP1     ; carga TEMP1 con valor de w.
label23         ;Con un cristal de 4 Mhz se ejecuta la instruccion "nop" en 1 us.
btfss PORTA, 4 ;Lee pin RA4 (botonera), si esta en bajo, pone PRESIONADO_RA4 en 0.
clrf PRESIONADO_RA4
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop      ;17 nops (2 han sido reemplazados).
decfsz TEMP1, 1 ;toma 1 ciclo, excepto cuando salta si la condición se cumple.
goto label23    ;toma 2 ciclos.
nop
```



```

nop ;17 nops (de los cuales 2 han sido reemplazados).
decfsz TEMP1, 1 ;toma 1 ciclo, excepto cuando salta si la condición se cumple.
goto label26 ;toma 2 ciclos.
decfsz TEMP4, 1 ;toma 1 ciclo, excepto cuando salta si la condición se cumple.
goto label25 ;toma 2 ciclos.
nop
return

```

;El conjunto de rutinas que se presentan a continuación permiten realizar las tareas básicas de control del módulo de visualización LCD. Se emplean con los PIC 16Fxx. En el comienzo del programa principal se debe declarar las variables utilizadas aquí TEMP01, LCD_TEMP_1, LCD_TEMP2, por ejemplo:

```

; TEMP01 equ 0x30 <----- deben ser direcciones libres.
; LCD_TEMP_1 equ 0x31
; LCD_TEMP_2 equ 0x32

```

```

#define ENABLE      bsf PORTD,7 ;Pone en alto E. (Lo activa)
#define DISABLE    bcf PORTD,7 ;Pone en bajo E. (Lo desactiva)
#define LEER       bsf PORTD,6 ;Pone LCD en Modo RD
#define ESCRIBIR   bcf PORTD,6 ;Pone LCD en Modo WR
#define MODO_COMANDO bcf PORTD,5 ;Desactiva RS (modo comando)
#define MODO_DATO  bsf PORTD,5 ;Activa RS (modo datos)

```

;RUTINA LCD_E: Se trata de una pequeña rutina que se encarga de generar un impulso de 1µs aprox. por la patita de salida de la Puerta A RD7, que se halla conectada a la señal E (Enable) del módulo LCD.
;Con esta rutina se pretende activar al módulo LCD.

```

LCD_E
ENABLE                ;Activa E
nop
nop
DISABLE              ;Desactiva E
return

```

;RUTINA LCD_MODO_DATO: Es una rutina que pasa el contenido cargado en el registro W, el cual contiene un carácter ASCII, a la PUERTA B, para visualizarlo por el LCD o escribirlo en la CGRAM.

```

LCD_DATO
MODO_DATO
ESCRIBIR
movwf PORTB          ;Valor ASCII a sacar por PORTB
call LCD_E           ;Genera pulso de E
call DELAY_40        ;procesa dato
return

```

;RUTINA LCD_REG: Rutina parecida a la anterior, pero el contenido de W ahora es un código de un comando para el LCD, que es necesario pasar también a la PUERTA B para su ejecución.

```

LCD_REG

```

```

MODO_COMANDO    ;Desactiva RS (modo comando)
ESCRIBIR
movwf    PORTB    ;Codigo de comando
call    LCD_E    ;Genera pulso de E.
call    DELAY_40    ;procesa dato
return

```

;RUTINA LCD_INI: Esta rutina se encarga de realizar la secuencia de inicializacion del modulo LCD de acuerdo con los tiempos dados por el fabricante (15 ms). Se especifican los valores de DL, N y F, asi como la configuracion de un interfaz de 8 líneas con el bus de datos del PIC, y 2 líneas de 16 caracteres de 5 x 7 pixels.

```

LCD_INI
movlw    b'00111000'    ;interfaz de 8 bits, dos líneas, 5x8 puntos
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
movlw    b'00111000'    ;interfaz de 8 bits, dos líneas, 5x8 puntos
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
movlw    b'00001100' ;LCD encendido, cursor apagado, parpadeo de cursor apagado.
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
movlw    b'00000001' ;Borra LCD y a colocar cursor en posicion cero.
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
movlw    b'00000110' ;Entry Mode Set, con autoincremento, sin desplazamiento.
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
return

```

;RUTINA BORRA_Y_HOME: Borra el display y retorna el cursor a la posicion 0.

```

BORRA_Y_HOME
movlw    b'00000001'    ;Borra LCD y a colocar cursor en posicion cero.
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
return

```

;RUTINA DISPLAY_ON_CUR_OFF: Control del display y cursor.

;Activa el display y desactiva el cursor

```

DISPLAY_ON_CUR_OFF
movlw    b'00001100'    ;LCD encendido, cursor apagado, parpadeo de cursor apagado.
call    LCD_REG
call    LCD_DELAY
return

```

;RUTINA LCD_DELAY: Se trata de un rutina que implementa un retardo

;o temporización de 5 ms. Utiliza dos variables llamadas LCD_TEMP_1

;y LCD_TEMP_2, que se van decrementando hasta alcanzar dicho tiempo.

```

LCD_DELAY
movlw    .20
movwf    LCD_TEMP_1
clrf    LCD_TEMP_2

```

```

LCD_DELAY_1
    decfsz LCD_TEMP_2,F
    goto LCD_DELAY_1
    decfsz LCD_TEMP_1,F
    goto LCD_DELAY_1
    return

```

```

DELAY_40
    movlw .60 ; .30
    movwf TEMPO1

```

```

DELAY_40_1
    decfsz TEMPO1,1
    goto DELAY_40_1
    return

```

;Rutinas para posicionar cursor

```

LCD_LINE1
    movlw 0x80 ;primera fila, primera columna
    call LCD_REG
    return

```

```

LCD_LINE2
    movlw 0xc0 ;segunda fila, primera columna
    call LCD_REG
    return

```

```

POS_CURSOR
    call LCD_REG
    return

```

;MACRO QUE HACE LA DIVISION DE PUNTO FIJO (NO FLOTANTE) ENTRE 32 BITS PARA 16 BITS:

UDIV3216L macro

```

; Max Timing: 16+6*22+21+21+6*22+21+21+6*22+21+21+6*22+21+8 = 699 clks
; Min Timing: 16+6*21+20+20+6*21+20+20+6*21+20+20+6*21+20+3 = 663 clks
; PM: 240 DM: 9

```

```

    CLRF TEMP
    RLF ACCB0,W
    RLF REMB1, F
    MOVF BARGB1,W
    SUBWF REMB1, F
    MOVF BARGB0,W
    BTFSS _C
    INCFSZ BARGB0,W
    SUBWF REMB0, F
    CLRW
    BTFSS _C
    MOVLW 1
    SUBWF TEMP, F
    RLF ACCB0, F
    MOVLW 7
    MOVWF LOOPCOUNT

```

```

LOOPU3216A RLF ACCB0,W
           RLF REMB1, F
           RLF REMB0, F
           RLF TEMP, F

```

	MOVF	BARGB1,W
	BTFSS	ACCB0,LSB
	GOTO	UADD26LA
	SUBWF	REMB1, F
	MOVF	BARGB0,W
	BTFSS	_C
	INCFSZ	BARGB0,W
	SUBWF	REMB0, F
	CLRW	
	BTFSS	_C
	MOVLW	1
	SUBWF	TEMP, F
UADD26LA	GOTO	UOK26LA
	ADDWF	REMB1, F
	MOVF	BARGB0,W
	BTFSC	_C
	INCFSZ	BARGB0,W
	ADDWF	REMB0, F
	CLRW	
	BTFSC	_C
	MOVLW	1
	ADDWF	TEMP, F
UOK26LA RLF	ACCB0, F	
	DECFSZ	LOOPCOUNT, F
	GOTO	LOOPU3216A
	RLF	ACCB1,W
	RLF	REMB1, F
	RLF	REMB0, F
	RLF	TEMP, F
	MOVF	BARGB1,W
	BTFSS	ACCB0,LSB
	GOTO	UADD26L8
	SUBWF	REMB1, F
	MOVF	BARGB0,W
	BTFSS	_C
	INCFSZ	BARGB0,W
	SUBWF	REMB0, F
	CLRW	
	BTFSS	_C
	MOVLW	1
	SUBWF	TEMP, F
UADD26L8	GOTO	UOK26L8
	ADDWF	REMB1, F
	MOVF	BARGB0,W
	BTFSC	_C
	INCFSZ	BARGB0,W
	ADDWF	REMB0, F
	CLRW	
	BTFSC	_C
	MOVLW	1
	ADDWF	TEMP, F
UOK26L8 RLF	ACCB1, F	


```

        MOVLW      7
        MOVWF     LOOPCOUNT
LOOPU3216B  RLF      ACCB1,W
        RLF      REMB1, F
        RLF      REMB0, F
        RLF      TEMP, F
        MOVF     BARGB1,W
        BTFSS   ACCB1,LSB
        GOTO    UADD26LB
        SUBWF   REMB1, F
        MOVF     BARGB0,W
        BTFSS   _C
        INCFSZ  BARGB0,W
        SUBWF   REMB0, F
        CLRW
        BTFSS   _C
        MOVLW   _1
        SUBWF   TEMP, F
        GOTO    UOK26LB
UADD26LB   ADDWF   REMB1, F
        MOVF     BARGB0,W
        BTFSC   _C
        INCFSZ  BARGB0,W
        ADDWF   REMB0, F
        CLRW
        BTFSC   _C
        MOVLW   _1
        ADDWF   TEMP, F
UOK26LB   RLF      ACCB1, F
        DECFSZ  LOOPCOUNT, F
        GOTO    LOOPU3216B
        RLF      ACCB2,W
        RLF      REMB1, F
        RLF      REMB0, F
        RLF      TEMP, F
        MOVF     BARGB1,W
        BTFSS   ACCB1,LSB
        GOTO    UADD26L16
        SUBWF   REMB1, F
        MOVF     BARGB0,W
        BTFSS   _C
        INCFSZ  BARGB0,W
        SUBWF   REMB0, F
        CLRW
        BTFSS   _C
        MOVLW   _1
        SUBWF   TEMP, F
        GOTO    UOK26L16
UADD26L16  ADDWF   REMB1, F
        MOVF     BARGB0,W
        BTFSC   _C
        INCFSZ  BARGB0,W
        ADDWF   REMB0, F

```

```

        CLRW
        BTFSC    _C
        MOVLW   _1
        ADDWF   TEMP, F

UOK26L16    RLF      ACCB2, F

        MOVLW   7
        MOVWF   LOOPCOUNT

LOOPU3216C  RLF      ACCB2,W
        RLF     REMB1, F
        RLF     REMB0, F
        RLF     TEMP, F
        MOVF    BARGB1,W
        BTFSS   ACCB2,LSB
        GOTO    UADD26LC

        SUBWF   REMB1, F
        MOVF    BARGB0,W
        BTFSS   _C
        INCFSZ  BARGB0,W
        SUBWF   REMB0, F
        CLRW
        BTFSS   _C
        MOVLW   _1
        SUBWF   TEMP, F
        GOTO    UOK26LC

UADD26LC    ADDWF   REMB1, F
        MOVF    BARGB0,W
        BTFSC   _C
        INCFSZ  BARGB0,W
        ADDWF   REMB0, F
        CLRW
        BTFSC   _C
        MOVLW   _1
        ADDWF   TEMP, F

UOK26LC    RLF     ACCB2, F

        DECFSZ  LOOPCOUNT, F
        GOTO    LOOPU3216C

        RLF     ACCB3,W
        RLF     REMB1, F
        RLF     REMB0, F
        RLF     TEMP, F
        MOVF    BARGB1,W
        BTFSS   ACCB2,LSB
        GOTO    UADD26L24

        SUBWF   REMB1, F

```

```
MOVF    BARGB0,W
BTFSS  _C
INCFSZ  BARGB0,W
SUBWF   REMB0, F
CLRWF
BTFSS  _C
MOVLW  _1
SUBWF   TEMP, F
GOTO    UOK26L24
```

```
UADD26L24  ADDWF   REMB1, F
MOVF    BARGB0,W
BTFSC  _C
INCFSZ  BARGB0,W
ADDWF   REMB0, F
CLRWF
BTFSC  _C
MOVLW  _1
ADDWF   TEMP, F
```

```
UOK26L24  RLF      ACCB3, F

MOVLW    7
MOVWF    LOOPCOUNT
```

```
LOOPU3216D  RLF      ACCB3,W
RLF        REMB1, F
RLF        REMB0, F
RLF        TEMP, F
MOVF      BARGB1,W
BTFSS    ACCB3,LSB
GOTO      UADD26LD
```

```
SUBWF    REMB1, F
MOVF    BARGB0,W
BTFSS  _C
INCFSZ  BARGB0,W
SUBWF   REMB0, F
CLRWF
BTFSS  _C
MOVLW  _1
SUBWF   TEMP, F
GOTO    UOK26LD
```

```
UADD26LD  ADDWF   REMB1, F
MOVF    BARGB0,W
BTFSC  _C
INCFSZ  BARGB0,W
ADDWF   REMB0, F
CLRWF
BTFSC  _C
MOVLW  _1
ADDWF   TEMP, F
```

```

UOK26LD RLF      ACCB3, F
      DECFSZ     LOOPCOUNT, F
      GOTO      LOOPU3216D
      BTFSC     ACCB3,LSB
      GOTO      UOK26L
      MOVF      BARGB1,W
      ADDWF     REMB1, F
      MOVF      BARGB0,W
      BTFSC     _C
      INCFSZ    BARGB0,W
      ADDWF     REMB0, F

```

```
UOK26L
```

```
    endm
```

```
*****
```

```

; 32/16 Bit Unsigned Fixed Point Divide 32/16 -> 32.16
; Input: 32 bit unsigned fixed point dividend in AARGB0, AARGB1,AARGB2,AARGB3
;       16 bit unsigned fixed point divisor in BARGB0, BARGB1
; Use:  CALL  FXD3216U
; Output: 32 bit unsigned fixed point quotient in AARGB0, AARGB1,AARGB2,AARGB3
;       16 bit unsigned fixed point remainder in REMB0, REMB1
; Result: AARG, REM <-- AARG / BARG
; Max Timing: 2+699+2 = 703 clks
; Max Timing: 2+663+2 = 667 clks
; PM: 2+240+1 = 243      DM: 9

```

```
    org 0x0E00
```

```

FXD3216U  CLRF      REMB0
          CLRF      REMB1

```

```
    UDIV3216L
```

```
    RETLW      0x00
```

```
*****
```

```
*****
```

```
    ORG 0x800
```

```
;SUBROUTINAS RELACIONADAS CON LA MEMORIA SERIAL:
```

```
=====0
```

```
;Esta rutina genera el start bit para la comunicacion serial
```

```
BSTART
```

```
    bsf  STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
```

```
    movlw b'00000000'
```

```
    movwf TRISB
```

```
    bcf  STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
```

```
    bcf  PORTB, sclk
```

```
    bsf  PORTB, sdata
```

```
    nop
```

```
    nop
```

```
    nop
```

```
    nop
```

```
    nop
```

```
    nop
```



```

    bcf    eeprom, di
    bcf    PORTB, sclk
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    retlw 0

```

=====0

;Esta rutina se encarga de transmitir un byte hacia la memoria

TX

```

    movlw .8
    movwf count

```

TXLP

```

    bcf    eeprom, do
    btfsc  txbuf, 7
    bsf    eeprom, do
    call   BITOUT
    rlf    txbuf, 1
    decfsz count, 1
    goto  TXLP
    call   BITIN
    retlw 0

```

=====0

;Esta rutina recibe un byte y lo entrega en el registro rxbuf

RX

```

    clrf   rxbuf
    movlw .8
    movwf count
    bcf    STATUS, 0

```

RXLP

```

    rlf    rxbuf, F
    call   BITIN
    btfsc  eeprom, di
    bsf    rxbuf, 0
    decfsz count, 1
    goto  RXLP
    bsf    eeprom, do
    call   BITOUT
    retlw 0

```

=====0

;Esta rutina recibe la dirección que se desea LEER y devuelve el dato que tiene grabado

LEER_EEPROM

```

    call   BSTART
    nop
    nop
    bcf   slave, 0 ;va a escribir (comando y dirección)

```



```

movf  slave, w
movwf txbuf
call  TX
movf  addr, w
movwf txbuf
call  TX
nop
nop
call  BSTART
nop
nop
bsf   slave, 0 ;va a leer.
movf  slave, w
movwf txbuf
call  TX
nop
call  RX
bsf   eeprom, do
call  BITOUT
call  BSTOP
retlw 0

```

;Esta rutina escribe un dato en la posicion de
;memoria que se le indique en el registro addr

```

ESCRIBIR_EEPROM
call  BSTART
nop
nop
bcf   slave, 0
movf  slave, w
movwf txbuf
call  TX
movf  addr, w
movwf txbuf
call  TX
nop
nop
nop
nop
movf  data0, w
movwf txbuf
call  TX
call  BSTOP
call Retardo_4164us
call Retardo_4164us
call Retardo_4164us
call Retardo_4164us
retlw 0

```

```

ORG 0x0900
Tabla_Pesos
addwf PCL,F

```

retlw .0 ;peso binario= 0
retlw .0 ;peso binario= 1
retlw .0 ;peso binario= 2
retlw .0 ;peso binario= 3
retlw .0 ;peso binario= 4
retlw .0 ;peso binario= 5
retlw .0 ;peso binario= 6
retlw .0 ;peso binario= 7
retlw .0 ;peso binario= 8
retlw .0 ;peso binario= 9
retlw .0 ;peso binario= 10
retlw .0 ;peso binario= 11
retlw .0 ;peso binario= 12
retlw .2 ;peso binario= 13
retlw .3 ;peso binario= 14
retlw .4 ;peso binario= 15
retlw .5 ;peso binario= 16
retlw .6 ;peso binario= 17
retlw .7 ;peso binario= 18
retlw .8 ;peso binario= 19
retlw .9 ;peso binario= 20
retlw .10 ;peso binario= 21
retlw .11 ;peso binario= 22
retlw .12 ;peso binario= 23
retlw .13 ;peso binario= 24
retlw .14 ;peso binario= 25
retlw .15 ;peso binario= 26
retlw .16 ;peso binario= 27
retlw .17 ;peso binario= 28
retlw .18 ;peso binario= 29
retlw .19 ;peso binario= 30
retlw .20 ;peso binario= 31
retlw .21 ;peso binario= 32
retlw .22 ;peso binario= 33
retlw .23 ;peso binario= 34
retlw .24 ;peso binario= 35
retlw .25 ;peso binario= 36
retlw .26 ;peso binario= 37
retlw .27 ;peso binario= 38
retlw .28 ;peso binario= 39
retlw .29 ;peso binario= 40
retlw .30 ;peso binario= 41
retlw .31 ;peso binario= 42
retlw .32 ;peso binario= 43
retlw .33 ;peso binario= 44
retlw .34 ;peso binario= 45
retlw .35 ;peso binario= 46
retlw .36 ;peso binario= 47
retlw .37 ;peso binario= 48
retlw .38 ;peso binario= 49
retlw .39 ;peso binario= 50
retlw .40 ;peso binario= 51
retlw .41 ;peso binario= 52

retlw .42 ;peso binario= 53
retlw .43 ;peso binario= 54
retlw .44 ;peso binario= 55
retlw .45 ;peso binario= 56
retlw .46 ;peso binario= 57
retlw .47 ;peso binario= 58
retlw .48 ;peso binario= 59
retlw .49 ;peso binario= 60
retlw .50 ;peso binario= 61
retlw .51 ;peso binario= 62
retlw .52 ;peso binario= 63
retlw .53 ;peso binario= 64
retlw .54 ;peso binario= 65
retlw .55 ;peso binario= 66
retlw .56 ;peso binario= 67
retlw .57 ;peso binario= 68
retlw .58 ;peso binario= 69
retlw .59 ;peso binario= 70
retlw .60 ;peso binario= 71
retlw .61 ;peso binario= 72
retlw .62 ;peso binario= 73
retlw .63 ;peso binario= 74
retlw .64 ;peso binario= 75
retlw .65 ;peso binario= 76
retlw .66 ;peso binario= 77
retlw .67 ;peso binario= 78
retlw .68 ;peso binario= 79
retlw .69 ;peso binario= 80
retlw .70 ;peso binario= 81
retlw .71 ;peso binario= 82
retlw .72 ;peso binario= 83
retlw .73 ;peso binario= 84
retlw .74 ;peso binario= 85
retlw .75 ;peso binario= 86
retlw .76 ;peso binario= 87
retlw .77 ;peso binario= 88
retlw .78 ;peso binario= 89
retlw .79 ;peso binario= 90
retlw .80 ;peso binario= 91
retlw .81 ;peso binario= 92
retlw .82 ;peso binario= 93
retlw .83 ;peso binario= 94
retlw .84 ;peso binario= 95
retlw .85 ;peso binario= 96
retlw .86 ;peso binario= 97
retlw .87 ;peso binario= 98
retlw .88 ;peso binario= 99
retlw .89 ;peso binario= 100
retlw .90 ;peso binario= 101
retlw .91 ;peso binario= 102
retlw .92 ;peso binario= 103
retlw .93 ;peso binario= 104
retlw .94 ;peso binario= 105

retlw .95 ;peso binario= 106
retlw .96 ;peso binario= 107
retlw .97 ;peso binario= 108
retlw .98 ;peso binario= 109
retlw .99 ;peso binario= 110
retlw .100 ;peso binario= 111
retlw .101 ;peso binario= 112
retlw .102 ;peso binario= 113
retlw .103 ;peso binario= 114
retlw .104 ;peso binario= 115
retlw .105 ;peso binario= 116
retlw .106 ;peso binario= 117
retlw .107 ;peso binario= 118
retlw .108 ;peso binario= 119
retlw .109 ;peso binario= 120
retlw .110 ;peso binario= 121
retlw .111 ;peso binario= 122
retlw .112 ;peso binario= 123
retlw .113 ;peso binario= 124
retlw .114 ;peso binario= 125
retlw .115 ;peso binario= 126
retlw .116 ;peso binario= 127
retlw .117 ;peso binario= 128
retlw .118 ;peso binario= 129
retlw .119 ;peso binario= 130
retlw .120 ;peso binario= 131
retlw .121 ;peso binario= 132
retlw .122 ;peso binario= 133
retlw .123 ;peso binario= 134
retlw .124 ;peso binario= 135
retlw .125 ;peso binario= 136
retlw .126 ;peso binario= 137
retlw .127 ;peso binario= 138
retlw .128 ;peso binario= 139
retlw .129 ;peso binario= 140
retlw .130 ;peso binario= 141
retlw .131 ;peso binario= 142
retlw .132 ;peso binario= 143
retlw .133 ;peso binario= 144
retlw .134 ;peso binario= 145
retlw .135 ;peso binario= 146
retlw .136 ;peso binario= 147
retlw .137 ;peso binario= 148
retlw .138 ;peso binario= 149
retlw .139 ;peso binario= 150
retlw .140 ;peso binario= 151
retlw .141 ;peso binario= 152
retlw .142 ;peso binario= 153
retlw .143 ;peso binario= 154
retlw .144 ;peso binario= 155
retlw .145 ;peso binario= 156
retlw .146 ;peso binario= 157
retlw .147 ;peso binario= 158

retlw .148 ;peso binario= 159
retlw .149 ;peso binario= 160
retlw .150 ;peso binario= 161
retlw .151 ;peso binario= 162
retlw .152 ;peso binario= 163
retlw .153 ;peso binario= 164
retlw .154 ;peso binario= 165
retlw .155 ;peso binario= 166
retlw .156 ;peso binario= 167
retlw .157 ;peso binario= 168
retlw .158 ;peso binario= 169
retlw .159 ;peso binario= 170
retlw .160 ;peso binario= 171
retlw .161 ;peso binario= 172
retlw .162 ;peso binario= 173
retlw .163 ;peso binario= 174
retlw .164 ;peso binario= 175
retlw .165 ;peso binario= 176
retlw .166 ;peso binario= 177
retlw .167 ;peso binario= 178
retlw .168 ;peso binario= 179
retlw .169 ;peso binario= 180
retlw .170 ;peso binario= 181
retlw .171 ;peso binario= 182
retlw .172 ;peso binario= 183
retlw .173 ;peso binario= 184
retlw .174 ;peso binario= 185
retlw .175 ;peso binario= 186
retlw .176 ;peso binario= 187
retlw .177 ;peso binario= 188
retlw .178 ;peso binario= 189
retlw .179 ;peso binario= 190
retlw .180 ;peso binario= 191
retlw .181 ;peso binario= 192
retlw .182 ;peso binario= 193
retlw .183 ;peso binario= 194
retlw .184 ;peso binario= 195
retlw .185 ;peso binario= 196
retlw .186 ;peso binario= 197
retlw .187 ;peso binario= 198
retlw .188 ;peso binario= 199
retlw .189 ;peso binario= 200
retlw .190 ;peso binario= 201
retlw .191 ;peso binario= 202
retlw .192 ;peso binario= 203
retlw .193 ;peso binario= 204
retlw .194 ;peso binario= 205
retlw .195 ;peso binario= 206
retlw .196 ;peso binario= 207
retlw .197 ;peso binario= 208
retlw .198 ;peso binario= 209
retlw .199 ;peso binario= 210
retlw .200 ;peso binario= 211

retlw .201 ;peso binario= 212
retlw .202 ;peso binario= 213
retlw .203 ;peso binario= 214
retlw .204 ;peso binario= 215
retlw .205 ;peso binario= 216
retlw .206 ;peso binario= 217
retlw .207 ;peso binario= 218
retlw .208 ;peso binario= 219
retlw .209 ;peso binario= 220
retlw .210 ;peso binario= 221
retlw .211 ;peso binario= 222
retlw .212 ;peso binario= 223
retlw .213 ;peso binario= 224
retlw .214 ;peso binario= 225
retlw .215 ;peso binario= 226
retlw .216 ;peso binario= 227
retlw .217 ;peso binario= 228
retlw .218 ;peso binario= 229
retlw .219 ;peso binario= 230
retlw .220 ;peso binario= 231
retlw .221 ;peso binario= 232
retlw .222 ;peso binario= 233
retlw .223 ;peso binario= 234
retlw .224 ;peso binario= 235
retlw .225 ;peso binario= 236
retlw .226 ;peso binario= 237
retlw .227 ;peso binario= 238
retlw .228 ;peso binario= 239
retlw .229 ;peso binario= 240
retlw .230 ;peso binario= 241
retlw .231 ;peso binario= 242
retlw .232 ;peso binario= 243
retlw .233 ;peso binario= 244
retlw .234 ;peso binario= 245
retlw .235 ;peso binario= 246
retlw .236 ;peso binario= 247
retlw .237 ;peso binario= 248
retlw .238 ;peso binario= 249
retlw .239 ;peso binario= 250
retlw .240 ;peso binario= 251
retlw .241 ;peso binario= 252
retlw .242 ;peso binario= 253
retlw .243 ;peso binario= 254

ORG 0x0A00

Tabla_Alturas

addwf PCL,F

; Ko = 49.000000

; Kg = 13.000000

; La altura debe ser minimo de 43 centimetros
; para que no haya OVERFLOW en el calculo del IMC.

retlw .43 ;altura binaria= 0
retlw .43 ;altura binaria= 1
retlw .43 ;altura binaria= 2
retlw .43 ;altura binaria= 3
retlw .43 ;altura binaria= 4
retlw .43 ;altura binaria= 5
retlw .43 ;altura binaria= 6
retlw .43 ;altura binaria= 7
retlw .43 ;altura binaria= 8
retlw .43 ;altura binaria= 9
retlw .43 ;altura binaria= 10
retlw .43 ;altura binaria= 11
retlw .43 ;altura binaria= 12
retlw .43 ;altura binaria= 13
retlw .43 ;altura binaria= 14
retlw .43 ;altura binaria= 15
retlw .43 ;altura binaria= 16
retlw .43 ;altura binaria= 17
retlw .43 ;altura binaria= 18
retlw .43 ;altura binaria= 19
retlw .43 ;altura binaria= 20
retlw .43 ;altura binaria= 21
retlw .43 ;altura binaria= 22
retlw .43 ;altura binaria= 23
retlw .43 ;altura binaria= 24
retlw .43 ;altura binaria= 25
retlw .43 ;altura binaria= 26
retlw .43 ;altura binaria= 27
retlw .43 ;altura binaria= 28
retlw .43 ;altura binaria= 29
retlw .43 ;altura binaria= 30
retlw .43 ;altura binaria= 31
retlw .43 ;altura binaria= 32
retlw .43 ;altura binaria= 33
retlw .43 ;altura binaria= 34
retlw .43 ;altura binaria= 35
retlw .43 ;altura binaria= 36
retlw .43 ;altura binaria= 37
retlw .43 ;altura binaria= 38
retlw .43 ;altura binaria= 39
retlw .43 ;altura binaria= 40
retlw .43 ;altura binaria= 41
retlw .43 ;altura binaria= 42
retlw .43 ;altura binaria= 43
retlw .43 ;altura binaria= 44
retlw .43 ;altura binaria= 45
retlw .43 ;altura binaria= 46
retlw .43 ;altura binaria= 47
retlw .43 ;altura binaria= 48
retlw .43 ;altura binaria= 49
retlw .43 ;altura binaria= 50

retlw .43 ;altura binaria= 51
retlw .43 ;altura binaria= 52
retlw .43 ;altura binaria= 53
retlw .43 ;altura binaria= 54
retlw .43 ;altura binaria= 55
retlw .43 ;altura binaria= 56
retlw .48 ;altura binaria= 57
retlw .66 ;altura binaria= 58
retlw .80 ;altura binaria= 59
retlw .92 ;altura binaria= 60
retlw .102 ;altura binaria= 61
retlw .110 ;altura binaria= 62
retlw .118 ;altura binaria= 63
retlw .124 ;altura binaria= 64
retlw .129 ;altura binaria= 65
retlw .134 ;altura binaria= 66
retlw .138 ;altura binaria= 67
retlw .142 ;altura binaria= 68
retlw .146 ;altura binaria= 69
retlw .149 ;altura binaria= 70
retlw .151 ;altura binaria= 71
retlw .154 ;altura binaria= 72
retlw .156 ;altura binaria= 73
retlw .159 ;altura binaria= 74
retlw .161 ;altura binaria= 75
retlw .162 ;altura binaria= 76
retlw .164 ;altura binaria= 77
retlw .166 ;altura binaria= 78
retlw .167 ;altura binaria= 79
retlw .169 ;altura binaria= 80
retlw .170 ;altura binaria= 81
retlw .171 ;altura binaria= 82
retlw .172 ;altura binaria= 83
retlw .173 ;altura binaria= 84
retlw .174 ;altura binaria= 85
retlw .175 ;altura binaria= 86
retlw .176 ;altura binaria= 87
retlw .177 ;altura binaria= 88
retlw .178 ;altura binaria= 89
retlw .179 ;altura binaria= 90
retlw .180 ;altura binaria= 91
retlw .180 ;altura binaria= 92
retlw .181 ;altura binaria= 93
retlw .182 ;altura binaria= 94
retlw .182 ;altura binaria= 95
retlw .183 ;altura binaria= 96
retlw .183 ;altura binaria= 97
retlw .184 ;altura binaria= 98
retlw .185 ;altura binaria= 99
retlw .185 ;altura binaria= 100
retlw .186 ;altura binaria= 101
retlw .186 ;altura binaria= 102
retlw .186 ;altura binaria= 103

retlw .187 ;altura binaria= 104
retlw .187 ;altura binaria= 105
retlw .188 ;altura binaria= 106
retlw .188 ;altura binaria= 107
retlw .188 ;altura binaria= 108
retlw .189 ;altura binaria= 109
retlw .189 ;altura binaria= 110
retlw .190 ;altura binaria= 111
retlw .190 ;altura binaria= 112
retlw .190 ;altura binaria= 113
retlw .191 ;altura binaria= 114
retlw .191 ;altura binaria= 115
retlw .191 ;altura binaria= 116
retlw .191 ;altura binaria= 117
retlw .192 ;altura binaria= 118
retlw .192 ;altura binaria= 119
retlw .192 ;altura binaria= 120
retlw .192 ;altura binaria= 121
retlw .193 ;altura binaria= 122
retlw .193 ;altura binaria= 123
retlw .193 ;altura binaria= 124
retlw .193 ;altura binaria= 125
retlw .194 ;altura binaria= 126
retlw .194 ;altura binaria= 127
retlw .194 ;altura binaria= 128
retlw .194 ;altura binaria= 129
retlw .194 ;altura binaria= 130
retlw .195 ;altura binaria= 131
retlw .195 ;altura binaria= 132
retlw .195 ;altura binaria= 133
retlw .195 ;altura binaria= 134
retlw .195 ;altura binaria= 135
retlw .196 ;altura binaria= 136
retlw .196 ;altura binaria= 137
retlw .196 ;altura binaria= 138
retlw .196 ;altura binaria= 139
retlw .196 ;altura binaria= 140
retlw .196 ;altura binaria= 141
retlw .197 ;altura binaria= 142
retlw .197 ;altura binaria= 143
retlw .197 ;altura binaria= 144
retlw .197 ;altura binaria= 145
retlw .197 ;altura binaria= 146
retlw .197 ;altura binaria= 147
retlw .197 ;altura binaria= 148
retlw .198 ;altura binaria= 149
retlw .198 ;altura binaria= 150
retlw .198 ;altura binaria= 151
retlw .198 ;altura binaria= 152
retlw .198 ;altura binaria= 153
retlw .198 ;altura binaria= 154
retlw .198 ;altura binaria= 155
retlw .198 ;altura binaria= 156

retlw .198 ;altura binaria= 157
retlw .199 ;altura binaria= 158
retlw .199 ;altura binaria= 159
retlw .199 ;altura binaria= 160
retlw .199 ;altura binaria= 161
retlw .199 ;altura binaria= 162
retlw .199 ;altura binaria= 163
retlw .199 ;altura binaria= 164
retlw .199 ;altura binaria= 165
retlw .199 ;altura binaria= 166
retlw .199 ;altura binaria= 167
retlw .200 ;altura binaria= 168
retlw .200 ;altura binaria= 169
retlw .200 ;altura binaria= 170
retlw .200 ;altura binaria= 171
retlw .200 ;altura binaria= 172
retlw .200 ;altura binaria= 173
retlw .200 ;altura binaria= 174
retlw .200 ;altura binaria= 175
retlw .200 ;altura binaria= 176
retlw .200 ;altura binaria= 177
retlw .200 ;altura binaria= 178
retlw .201 ;altura binaria= 179
retlw .201 ;altura binaria= 180
retlw .201 ;altura binaria= 181
retlw .201 ;altura binaria= 182
retlw .201 ;altura binaria= 183
retlw .201 ;altura binaria= 184
retlw .201 ;altura binaria= 185
retlw .201 ;altura binaria= 186
retlw .201 ;altura binaria= 187
retlw .201 ;altura binaria= 188
retlw .201 ;altura binaria= 189
retlw .201 ;altura binaria= 190
retlw .201 ;altura binaria= 191
retlw .201 ;altura binaria= 192
retlw .201 ;altura binaria= 193
retlw .202 ;altura binaria= 194
retlw .202 ;altura binaria= 195
retlw .202 ;altura binaria= 196
retlw .202 ;altura binaria= 197
retlw .202 ;altura binaria= 198
retlw .202 ;altura binaria= 199
retlw .202 ;altura binaria= 200
retlw .202 ;altura binaria= 201
retlw .202 ;altura binaria= 202
retlw .202 ;altura binaria= 203
retlw .202 ;altura binaria= 204
retlw .202 ;altura binaria= 205
retlw .202 ;altura binaria= 206
retlw .202 ;altura binaria= 207
retlw .202 ;altura binaria= 208
retlw .202 ;altura binaria= 209

retlw .202 ;altura binaria= 210
retlw .202 ;altura binaria= 211
retlw .203 ;altura binaria= 212
retlw .203 ;altura binaria= 213
retlw .203 ;altura binaria= 214
retlw .203 ;altura binaria= 215
retlw .203 ;altura binaria= 216
retlw .203 ;altura binaria= 217
retlw .203 ;altura binaria= 218
retlw .203 ;altura binaria= 219
retlw .203 ;altura binaria= 220
retlw .203 ;altura binaria= 221
retlw .203 ;altura binaria= 222
retlw .203 ;altura binaria= 223
retlw .203 ;altura binaria= 224
retlw .203 ;altura binaria= 225
retlw .203 ;altura binaria= 226
retlw .203 ;altura binaria= 227
retlw .203 ;altura binaria= 228
retlw .203 ;altura binaria= 229
retlw .203 ;altura binaria= 230
retlw .203 ;altura binaria= 231
retlw .203 ;altura binaria= 232
retlw .203 ;altura binaria= 233
retlw .203 ;altura binaria= 234
retlw .204 ;altura binaria= 235
retlw .204 ;altura binaria= 236
retlw .204 ;altura binaria= 237
retlw .204 ;altura binaria= 238
retlw .204 ;altura binaria= 239
retlw .204 ;altura binaria= 240
retlw .204 ;altura binaria= 241
retlw .204 ;altura binaria= 242
retlw .204 ;altura binaria= 243
retlw .204 ;altura binaria= 244
retlw .204 ;altura binaria= 245
retlw .204 ;altura binaria= 246
retlw .204 ;altura binaria= 247
retlw .204 ;altura binaria= 248
retlw .204 ;altura binaria= 249
retlw .204 ;altura binaria= 250
retlw .204 ;altura binaria= 251
retlw .204 ;altura binaria= 252
retlw .204 ;altura binaria= 253
retlw .204 ;altura binaria= 254

ORG 0x0B00
Tabla_Formula_0_55
addwf PCL,F

; Esta tabla implementa la formula $0.55*(Maximo-73)+73$
; que es el valor con el que se van a comparar los otros picos que
; no son el Maximo, para deducir cual es el primero que corresponde
; a un 55 por ciento o menos de la amplitud de la oscilacion.

retlw .73 ;para el valor del Maximo de 0
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 1
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 2
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 3
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 4
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 5
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 6
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 7
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 8
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 9
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 10
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 11
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 12
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 13
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 14
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 15
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 16
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 17
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 18
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 19
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 20
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 21
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 22
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 23
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 24
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 25
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 26
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 27
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 28
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 29
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 30
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 31
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 32
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 33
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 34
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 35
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 36
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 37
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 38
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 39
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 40
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 41
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 42
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 43
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 44
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 45
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 46
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 47
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 48

retlw .73 ;para el valor del Maximo de 49
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 50
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 51
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 52
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 53
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 54
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 55
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 56
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 57
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 58
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 59
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 60
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 61
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 62
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 63
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 64
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 65
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 66
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 67
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 68
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 69
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 70
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 71
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 72
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 73
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 74
retlw .74 ;para el valor del Maximo de 75
retlw .74 ;para el valor del Maximo de 76
retlw .75 ;para el valor del Maximo de 77
retlw .75 ;para el valor del Maximo de 78
retlw .76 ;para el valor del Maximo de 79
retlw .76 ;para el valor del Maximo de 80
retlw .77 ;para el valor del Maximo de 81
retlw .77 ;para el valor del Maximo de 82
retlw .78 ;para el valor del Maximo de 83
retlw .79 ;para el valor del Maximo de 84
retlw .79 ;para el valor del Maximo de 85
retlw .80 ;para el valor del Maximo de 86
retlw .80 ;para el valor del Maximo de 87
retlw .81 ;para el valor del Maximo de 88
retlw .81 ;para el valor del Maximo de 89
retlw .82 ;para el valor del Maximo de 90
retlw .82 ;para el valor del Maximo de 91
retlw .83 ;para el valor del Maximo de 92
retlw .84 ;para el valor del Maximo de 93
retlw .84 ;para el valor del Maximo de 94
retlw .85 ;para el valor del Maximo de 95
retlw .85 ;para el valor del Maximo de 96
retlw .86 ;para el valor del Maximo de 97
retlw .86 ;para el valor del Maximo de 98
retlw .87 ;para el valor del Maximo de 99
retlw .87 ;para el valor del Maximo de 100
retlw .88 ;para el valor del Maximo de 101

retlw .88 ;para el valor del Maximo de 102
retlw .89 ;para el valor del Maximo de 103
retlw .90 ;para el valor del Maximo de 104
retlw .90 ;para el valor del Maximo de 105
retlw .91 ;para el valor del Maximo de 106
retlw .91 ;para el valor del Maximo de 107
retlw .92 ;para el valor del Maximo de 108
retlw .92 ;para el valor del Maximo de 109
retlw .93 ;para el valor del Maximo de 110
retlw .93 ;para el valor del Maximo de 111
retlw .94 ;para el valor del Maximo de 112
retlw .95 ;para el valor del Maximo de 113
retlw .95 ;para el valor del Maximo de 114
retlw .96 ;para el valor del Maximo de 115
retlw .96 ;para el valor del Maximo de 116
retlw .97 ;para el valor del Maximo de 117
retlw .97 ;para el valor del Maximo de 118
retlw .98 ;para el valor del Maximo de 119
retlw .98 ;para el valor del Maximo de 120
retlw .99 ;para el valor del Maximo de 121
retlw .99 ;para el valor del Maximo de 122
retlw .100 ;para el valor del Maximo de 123
retlw .101 ;para el valor del Maximo de 124
retlw .101 ;para el valor del Maximo de 125
retlw .102 ;para el valor del Maximo de 126
retlw .102 ;para el valor del Maximo de 127
retlw .103 ;para el valor del Maximo de 128
retlw .103 ;para el valor del Maximo de 129
retlw .104 ;para el valor del Maximo de 130
retlw .104 ;para el valor del Maximo de 131
retlw .105 ;para el valor del Maximo de 132
retlw .106 ;para el valor del Maximo de 133
retlw .106 ;para el valor del Maximo de 134
retlw .107 ;para el valor del Maximo de 135
retlw .107 ;para el valor del Maximo de 136
retlw .108 ;para el valor del Maximo de 137
retlw .108 ;para el valor del Maximo de 138
retlw .109 ;para el valor del Maximo de 139
retlw .109 ;para el valor del Maximo de 140
retlw .110 ;para el valor del Maximo de 141
retlw .110 ;para el valor del Maximo de 142
retlw .111 ;para el valor del Maximo de 143
retlw .112 ;para el valor del Maximo de 144
retlw .112 ;para el valor del Maximo de 145
retlw .113 ;para el valor del Maximo de 146
retlw .113 ;para el valor del Maximo de 147
retlw .114 ;para el valor del Maximo de 148
retlw .114 ;para el valor del Maximo de 149
retlw .115 ;para el valor del Maximo de 150
retlw .115 ;para el valor del Maximo de 151
retlw .116 ;para el valor del Maximo de 152
retlw .117 ;para el valor del Maximo de 153
retlw .117 ;para el valor del Maximo de 154

retlw .118 ;para el valor del Maximo de 155
retlw .118 ;para el valor del Maximo de 156
retlw .119 ;para el valor del Maximo de 157
retlw .119 ;para el valor del Maximo de 158
retlw .120 ;para el valor del Maximo de 159
retlw .120 ;para el valor del Maximo de 160
retlw .121 ;para el valor del Maximo de 161
retlw .121 ;para el valor del Maximo de 162
retlw .122 ;para el valor del Maximo de 163
retlw .123 ;para el valor del Maximo de 164
retlw .123 ;para el valor del Maximo de 165
retlw .124 ;para el valor del Maximo de 166
retlw .124 ;para el valor del Maximo de 167
retlw .125 ;para el valor del Maximo de 168
retlw .125 ;para el valor del Maximo de 169
retlw .126 ;para el valor del Maximo de 170
retlw .126 ;para el valor del Maximo de 171
retlw .127 ;para el valor del Maximo de 172
retlw .128 ;para el valor del Maximo de 173
retlw .128 ;para el valor del Maximo de 174
retlw .129 ;para el valor del Maximo de 175
retlw .129 ;para el valor del Maximo de 176
retlw .130 ;para el valor del Maximo de 177
retlw .130 ;para el valor del Maximo de 178
retlw .131 ;para el valor del Maximo de 179
retlw .131 ;para el valor del Maximo de 180
retlw .132 ;para el valor del Maximo de 181
retlw .132 ;para el valor del Maximo de 182
retlw .133 ;para el valor del Maximo de 183
retlw .134 ;para el valor del Maximo de 184
retlw .134 ;para el valor del Maximo de 185
retlw .135 ;para el valor del Maximo de 186
retlw .135 ;para el valor del Maximo de 187
retlw .136 ;para el valor del Maximo de 188
retlw .136 ;para el valor del Maximo de 189
retlw .137 ;para el valor del Maximo de 190
retlw .137 ;para el valor del Maximo de 191
retlw .138 ;para el valor del Maximo de 192
retlw .139 ;para el valor del Maximo de 193
retlw .139 ;para el valor del Maximo de 194
retlw .140 ;para el valor del Maximo de 195
retlw .140 ;para el valor del Maximo de 196
retlw .141 ;para el valor del Maximo de 197
retlw .141 ;para el valor del Maximo de 198
retlw .142 ;para el valor del Maximo de 199
retlw .142 ;para el valor del Maximo de 200
retlw .143 ;para el valor del Maximo de 201
retlw .143 ;para el valor del Maximo de 202
retlw .144 ;para el valor del Maximo de 203
retlw .145 ;para el valor del Maximo de 204
retlw .145 ;para el valor del Maximo de 205
retlw .146 ;para el valor del Maximo de 206
retlw .146 ;para el valor del Maximo de 207

retlw .147 ;para el valor del Maximo de 208
retlw .147 ;para el valor del Maximo de 209
retlw .148 ;para el valor del Maximo de 210
retlw .148 ;para el valor del Maximo de 211
retlw .149 ;para el valor del Maximo de 212
retlw .150 ;para el valor del Maximo de 213
retlw .150 ;para el valor del Maximo de 214
retlw .151 ;para el valor del Maximo de 215
retlw .151 ;para el valor del Maximo de 216
retlw .152 ;para el valor del Maximo de 217
retlw .152 ;para el valor del Maximo de 218
retlw .153 ;para el valor del Maximo de 219
retlw .153 ;para el valor del Maximo de 220
retlw .154 ;para el valor del Maximo de 221
retlw .154 ;para el valor del Maximo de 222
retlw .155 ;para el valor del Maximo de 223
retlw .156 ;para el valor del Maximo de 224
retlw .156 ;para el valor del Maximo de 225
retlw .157 ;para el valor del Maximo de 226
retlw .157 ;para el valor del Maximo de 227
retlw .158 ;para el valor del Maximo de 228
retlw .158 ;para el valor del Maximo de 229
retlw .159 ;para el valor del Maximo de 230
retlw .159 ;para el valor del Maximo de 231
retlw .160 ;para el valor del Maximo de 232
retlw .161 ;para el valor del Maximo de 233
retlw .161 ;para el valor del Maximo de 234
retlw .162 ;para el valor del Maximo de 235
retlw .162 ;para el valor del Maximo de 236
retlw .163 ;para el valor del Maximo de 237
retlw .163 ;para el valor del Maximo de 238
retlw .164 ;para el valor del Maximo de 239
retlw .164 ;para el valor del Maximo de 240
retlw .165 ;para el valor del Maximo de 241
retlw .165 ;para el valor del Maximo de 242
retlw .166 ;para el valor del Maximo de 243
retlw .167 ;para el valor del Maximo de 244
retlw .167 ;para el valor del Maximo de 245
retlw .168 ;para el valor del Maximo de 246
retlw .168 ;para el valor del Maximo de 247
retlw .169 ;para el valor del Maximo de 248
retlw .169 ;para el valor del Maximo de 249
retlw .170 ;para el valor del Maximo de 250
retlw .170 ;para el valor del Maximo de 251
retlw .171 ;para el valor del Maximo de 252
retlw .172 ;para el valor del Maximo de 253
retlw .172 ;para el valor del Maximo de 254

ORG 0x0C00

Tabla_Formula_0_85

addwf PCL,F

; Esta tabla implementa la fórmula $0.85 * (\text{Maximo} - 73) + 73$
; que es el valor con el que se van a comparar los otros picos que
; no son el Maximo, para deducir cual es el primero que corresponde
; a un 85 por ciento o menos de la amplitud de la oscilacion.

retlw .73 ;para el valor del Maximo de 0
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 1
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 2
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 3
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 4
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 5
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 6
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 7
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 8
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 9
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 10
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 11
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 12
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 13
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 14
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 15
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 16
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 17
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 18
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 19
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 20
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 21
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 22
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 23
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 24
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 25
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 26
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 27
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 28
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 29
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 30
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 31
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 32
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 33
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 34
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 35
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 36
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 37
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 38
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 39
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 40
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 41
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 42
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 43
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 44
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 45
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 46

retlw .73 ;para el valor del Maximo de 47
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 48
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 49
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 50
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 51
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 52
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 53
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 54
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 55
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 56
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 57
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 58
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 59
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 60
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 61
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 62
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 63
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 64
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 65
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 66
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 67
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 68
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 69
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 70
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 71
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 72
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 73
retlw .73 ;para el valor del Maximo de 74
retlw .74 ;para el valor del Maximo de 75
retlw .75 ;para el valor del Maximo de 76
retlw .76 ;para el valor del Maximo de 77
retlw .77 ;para el valor del Maximo de 78
retlw .78 ;para el valor del Maximo de 79
retlw .78 ;para el valor del Maximo de 80
retlw .79 ;para el valor del Maximo de 81
retlw .80 ;para el valor del Maximo de 82
retlw .81 ;para el valor del Maximo de 83
retlw .82 ;para el valor del Maximo de 84
retlw .83 ;para el valor del Maximo de 85
retlw .84 ;para el valor del Maximo de 86
retlw .84 ;para el valor del Maximo de 87
retlw .85 ;para el valor del Maximo de 88
retlw .86 ;para el valor del Maximo de 89
retlw .87 ;para el valor del Maximo de 90
retlw .88 ;para el valor del Maximo de 91
retlw .89 ;para el valor del Maximo de 92
retlw .90 ;para el valor del Maximo de 93
retlw .90 ;para el valor del Maximo de 94
retlw .91 ;para el valor del Maximo de 95
retlw .92 ;para el valor del Maximo de 96
retlw .93 ;para el valor del Maximo de 97
retlw .94 ;para el valor del Maximo de 98
retlw .95 ;para el valor del Maximo de 99

retlw .95 ;para el valor del Maximo de 100
retlw .96 ;para el valor del Maximo de 101
retlw .97 ;para el valor del Maximo de 102
retlw .98 ;para el valor del Maximo de 103
retlw .99 ;para el valor del Maximo de 104
retlw .100 ;para el valor del Maximo de 105
retlw .101 ;para el valor del Maximo de 106
retlw .101 ;para el valor del Maximo de 107
retlw .102 ;para el valor del Maximo de 108
retlw .103 ;para el valor del Maximo de 109
retlw .104 ;para el valor del Maximo de 110
retlw .105 ;para el valor del Maximo de 111
retlw .106 ;para el valor del Maximo de 112
retlw .107 ;para el valor del Maximo de 113
retlw .107 ;para el valor del Maximo de 114
retlw .108 ;para el valor del Maximo de 115
retlw .109 ;para el valor del Maximo de 116
retlw .110 ;para el valor del Maximo de 117
retlw .111 ;para el valor del Maximo de 118
retlw .112 ;para el valor del Maximo de 119
retlw .112 ;para el valor del Maximo de 120
retlw .113 ;para el valor del Maximo de 121
retlw .114 ;para el valor del Maximo de 122
retlw .115 ;para el valor del Maximo de 123
retlw .116 ;para el valor del Maximo de 124
retlw .117 ;para el valor del Maximo de 125
retlw .118 ;para el valor del Maximo de 126
retlw .118 ;para el valor del Maximo de 127
retlw .119 ;para el valor del Maximo de 128
retlw .120 ;para el valor del Maximo de 129
retlw .121 ;para el valor del Maximo de 130
retlw .122 ;para el valor del Maximo de 131
retlw .123 ;para el valor del Maximo de 132
retlw .124 ;para el valor del Maximo de 133
retlw .124 ;para el valor del Maximo de 134
retlw .125 ;para el valor del Maximo de 135
retlw .126 ;para el valor del Maximo de 136
retlw .127 ;para el valor del Maximo de 137
retlw .128 ;para el valor del Maximo de 138
retlw .129 ;para el valor del Maximo de 139
retlw .129 ;para el valor del Maximo de 140
retlw .130 ;para el valor del Maximo de 141
retlw .131 ;para el valor del Maximo de 142
retlw .132 ;para el valor del Maximo de 143
retlw .133 ;para el valor del Maximo de 144
retlw .134 ;para el valor del Maximo de 145
retlw .135 ;para el valor del Maximo de 146
retlw .135 ;para el valor del Maximo de 147
retlw .136 ;para el valor del Maximo de 148
retlw .137 ;para el valor del Maximo de 149
retlw .138 ;para el valor del Maximo de 150
retlw .139 ;para el valor del Maximo de 151
retlw .140 ;para el valor del Maximo de 152

retlw .141 ;para el valor del Maximo de 153
retlw .141 ;para el valor del Maximo de 154
retlw .142 ;para el valor del Maximo de 155
retlw .143 ;para el valor del Maximo de 156
retlw .144 ;para el valor del Maximo de 157
retlw .145 ;para el valor del Maximo de 158
retlw .146 ;para el valor del Maximo de 159
retlw .146 ;para el valor del Maximo de 160
retlw .147 ;para el valor del Maximo de 161
retlw .148 ;para el valor del Maximo de 162
retlw .149 ;para el valor del Maximo de 163
retlw .150 ;para el valor del Maximo de 164
retlw .151 ;para el valor del Maximo de 165
retlw .152 ;para el valor del Maximo de 166
retlw .152 ;para el valor del Maximo de 167
retlw .153 ;para el valor del Maximo de 168
retlw .154 ;para el valor del Maximo de 169
retlw .155 ;para el valor del Maximo de 170
retlw .156 ;para el valor del Maximo de 171
retlw .157 ;para el valor del Maximo de 172
retlw .158 ;para el valor del Maximo de 173
retlw .158 ;para el valor del Maximo de 174
retlw .159 ;para el valor del Maximo de 175
retlw .160 ;para el valor del Maximo de 176
retlw .161 ;para el valor del Maximo de 177
retlw .162 ;para el valor del Maximo de 178
retlw .163 ;para el valor del Maximo de 179
retlw .163 ;para el valor del Maximo de 180
retlw .164 ;para el valor del Maximo de 181
retlw .165 ;para el valor del Maximo de 182
retlw .166 ;para el valor del Maximo de 183
retlw .167 ;para el valor del Maximo de 184
retlw .168 ;para el valor del Maximo de 185
retlw .169 ;para el valor del Maximo de 186
retlw .169 ;para el valor del Maximo de 187
retlw .170 ;para el valor del Maximo de 188
retlw .171 ;para el valor del Maximo de 189
retlw .172 ;para el valor del Maximo de 190
retlw .173 ;para el valor del Maximo de 191
retlw .174 ;para el valor del Maximo de 192
retlw .175 ;para el valor del Maximo de 193
retlw .175 ;para el valor del Maximo de 194
retlw .176 ;para el valor del Maximo de 195
retlw .177 ;para el valor del Maximo de 196
retlw .178 ;para el valor del Maximo de 197
retlw .179 ;para el valor del Maximo de 198
retlw .180 ;para el valor del Maximo de 199
retlw .180 ;para el valor del Maximo de 200
retlw .181 ;para el valor del Maximo de 201
retlw .182 ;para el valor del Maximo de 202
retlw .183 ;para el valor del Maximo de 203
retlw .184 ;para el valor del Maximo de 204
retlw .185 ;para el valor del Maximo de 205

retlw .186 ;para el valor del Maximo de 206
retlw .186 ;para el valor del Maximo de 207
retlw .187 ;para el valor del Maximo de 208
retlw .188 ;para el valor del Maximo de 209
retlw .189 ;para el valor del Maximo de 210
retlw .190 ;para el valor del Maximo de 211
retlw .191 ;para el valor del Maximo de 212
retlw .192 ;para el valor del Maximo de 213
retlw .192 ;para el valor del Maximo de 214
retlw .193 ;para el valor del Maximo de 215
retlw .194 ;para el valor del Maximo de 216
retlw .195 ;para el valor del Maximo de 217
retlw .196 ;para el valor del Maximo de 218
retlw .197 ;para el valor del Maximo de 219
retlw .197 ;para el valor del Maximo de 220
retlw .198 ;para el valor del Maximo de 221
retlw .199 ;para el valor del Maximo de 222
retlw .200 ;para el valor del Maximo de 223
retlw .201 ;para el valor del Maximo de 224
retlw .202 ;para el valor del Maximo de 225
retlw .203 ;para el valor del Maximo de 226
retlw .203 ;para el valor del Maximo de 227
retlw .204 ;para el valor del Maximo de 228
retlw .205 ;para el valor del Maximo de 229
retlw .206 ;para el valor del Maximo de 230
retlw .207 ;para el valor del Maximo de 231
retlw .208 ;para el valor del Maximo de 232
retlw .209 ;para el valor del Maximo de 233
retlw .209 ;para el valor del Maximo de 234
retlw .210 ;para el valor del Maximo de 235
retlw .211 ;para el valor del Maximo de 236
retlw .212 ;para el valor del Maximo de 237
retlw .213 ;para el valor del Maximo de 238
retlw .214 ;para el valor del Maximo de 239
retlw .214 ;para el valor del Maximo de 240
retlw .215 ;para el valor del Maximo de 241
retlw .216 ;para el valor del Maximo de 242
retlw .217 ;para el valor del Maximo de 243
retlw .218 ;para el valor del Maximo de 244
retlw .219 ;para el valor del Maximo de 245
retlw .220 ;para el valor del Maximo de 246
retlw .220 ;para el valor del Maximo de 247
retlw .221 ;para el valor del Maximo de 248
retlw .222 ;para el valor del Maximo de 249
retlw .223 ;para el valor del Maximo de 250
retlw .224 ;para el valor del Maximo de 251
retlw .225 ;para el valor del Maximo de 252
retlw .226 ;para el valor del Maximo de 253
retlw .226 ;para el valor del Maximo de 254

ORG 0x0D00

Tabla_Presion_mmHg

addwf PCL,F

; Esta tabla implementa la formula $50*(5*V_{bin} - 51) / 153 + 10$

; que convierte el voltaje en binario a Presion en milimetros

; de Mercurio (mmHg).

retlw .0 ;para el valor de presion binario de 0

retlw .0 ;para el valor de presion binario de 1

retlw .0 ;para el valor de presion binario de 2

retlw .0 ;para el valor de presion binario de 3

retlw .0 ;para el valor de presion binario de 4

retlw .1 ;para el valor de presion binario de 5

retlw .3 ;para el valor de presion binario de 6

retlw .4 ;para el valor de presion binario de 7

retlw .6 ;para el valor de presion binario de 8

retlw .8 ;para el valor de presion binario de 9

retlw .9 ;para el valor de presion binario de 10

retlw .11 ;para el valor de presion binario de 11

retlw .12 ;para el valor de presion binario de 12

retlw .14 ;para el valor de presion binario de 13

retlw .16 ;para el valor de presion binario de 14

retlw .17 ;para el valor de presion binario de 15

retlw .19 ;para el valor de presion binario de 16

retlw .21 ;para el valor de presion binario de 17

retlw .22 ;para el valor de presion binario de 18

retlw .24 ;para el valor de presion binario de 19

retlw .26 ;para el valor de presion binario de 20

retlw .27 ;para el valor de presion binario de 21

retlw .29 ;para el valor de presion binario de 22

retlw .30 ;para el valor de presion binario de 23

retlw .32 ;para el valor de presion binario de 24

retlw .34 ;para el valor de presion binario de 25

retlw .35 ;para el valor de presion binario de 26

retlw .37 ;para el valor de presion binario de 27

retlw .39 ;para el valor de presion binario de 28

retlw .40 ;para el valor de presion binario de 29

retlw .42 ;para el valor de presion binario de 30

retlw .43 ;para el valor de presion binario de 31

retlw .45 ;para el valor de presion binario de 32

retlw .47 ;para el valor de presion binario de 33

retlw .48 ;para el valor de presion binario de 34

retlw .50 ;para el valor de presion binario de 35

retlw .52 ;para el valor de presion binario de 36

retlw .53 ;para el valor de presion binario de 37

retlw .55 ;para el valor de presion binario de 38

retlw .57 ;para el valor de presion binario de 39

retlw .58 ;para el valor de presion binario de 40

retlw .60 ;para el valor de presion binario de 41

retlw .61 ;para el valor de presion binario de 42

retlw .63 ;para el valor de presion binario de 43

retlw .65 ;para el valor de presion binario de 44

retlw .66 ;para el valor de presion binario de 45

retlw .68 ;para el valor de presion binario de 46
retlw .70 ;para el valor de presion binario de 47
retlw .71 ;para el valor de presion binario de 48
retlw .73 ;para el valor de presion binario de 49
retlw .75 ;para el valor de presion binario de 50
retlw .76 ;para el valor de presion binario de 51
retlw .78 ;para el valor de presion binario de 52
retlw .79 ;para el valor de presion binario de 53
retlw .81 ;para el valor de presion binario de 54
retlw .83 ;para el valor de presion binario de 55
retlw .84 ;para el valor de presion binario de 56
retlw .86 ;para el valor de presion binario de 57
retlw .88 ;para el valor de presion binario de 58
retlw .89 ;para el valor de presion binario de 59
retlw .91 ;para el valor de presion binario de 60
retlw .93 ;para el valor de presion binario de 61
retlw .94 ;para el valor de presion binario de 62
retlw .96 ;para el valor de presion binario de 63
retlw .97 ;para el valor de presion binario de 64
retlw .99 ;para el valor de presion binario de 65
retlw .101 ;para el valor de presion binario de 66
retlw .102 ;para el valor de presion binario de 67
retlw .104 ;para el valor de presion binario de 68
retlw .106 ;para el valor de presion binario de 69
retlw .107 ;para el valor de presion binario de 70
retlw .109 ;para el valor de presion binario de 71
retlw .110 ;para el valor de presion binario de 72
retlw .112 ;para el valor de presion binario de 73
retlw .114 ;para el valor de presion binario de 74
retlw .115 ;para el valor de presion binario de 75
retlw .117 ;para el valor de presion binario de 76
retlw .119 ;para el valor de presion binario de 77
retlw .120 ;para el valor de presion binario de 78
retlw .122 ;para el valor de presion binario de 79
retlw .124 ;para el valor de presion binario de 80
retlw .125 ;para el valor de presion binario de 81
retlw .127 ;para el valor de presion binario de 82
retlw .128 ;para el valor de presion binario de 83
retlw .130 ;para el valor de presion binario de 84
retlw .132 ;para el valor de presion binario de 85
retlw .133 ;para el valor de presion binario de 86
retlw .135 ;para el valor de presion binario de 87
retlw .137 ;para el valor de presion binario de 88
retlw .138 ;para el valor de presion binario de 89
retlw .140 ;para el valor de presion binario de 90
retlw .142 ;para el valor de presion binario de 91
retlw .143 ;para el valor de presion binario de 92
retlw .145 ;para el valor de presion binario de 93
retlw .146 ;para el valor de presion binario de 94
retlw .148 ;para el valor de presion binario de 95
retlw .150 ;para el valor de presion binario de 96
retlw .151 ;para el valor de presion binario de 97
retlw .153 ;para el valor de presion binario de 98

retlw .155 ;para el valor de presion binario de 99
retlw .156 ;para el valor de presion binario de 100
retlw .158 ;para el valor de presion binario de 101
retlw .160 ;para el valor de presion binario de 102
retlw .161 ;para el valor de presion binario de 103
retlw .163 ;para el valor de presion binario de 104
retlw .164 ;para el valor de presion binario de 105
retlw .166 ;para el valor de presion binario de 106
retlw .168 ;para el valor de presion binario de 107
retlw .169 ;para el valor de presion binario de 108
retlw .171 ;para el valor de presion binario de 109
retlw .173 ;para el valor de presion binario de 110
retlw .174 ;para el valor de presion binario de 111
retlw .176 ;para el valor de presion binario de 112
retlw .177 ;para el valor de presion binario de 113
retlw .179 ;para el valor de presion binario de 114
retlw .181 ;para el valor de presion binario de 115
retlw .182 ;para el valor de presion binario de 116
retlw .184 ;para el valor de presion binario de 117
retlw .186 ;para el valor de presion binario de 118
retlw .187 ;para el valor de presion binario de 119
retlw .189 ;para el valor de presion binario de 120
retlw .191 ;para el valor de presion binario de 121
retlw .192 ;para el valor de presion binario de 122
retlw .194 ;para el valor de presion binario de 123
retlw .195 ;para el valor de presion binario de 124
retlw .197 ;para el valor de presion binario de 125
retlw .199 ;para el valor de presion binario de 126
retlw .200 ;para el valor de presion binario de 127
retlw .202 ;para el valor de presion binario de 128
retlw .204 ;para el valor de presion binario de 129
retlw .205 ;para el valor de presion binario de 130
retlw .207 ;para el valor de presion binario de 131
retlw .209 ;para el valor de presion binario de 132
retlw .210 ;para el valor de presion binario de 133
retlw .212 ;para el valor de presion binario de 134
retlw .213 ;para el valor de presion binario de 135
retlw .215 ;para el valor de presion binario de 136
retlw .217 ;para el valor de presion binario de 137
retlw .218 ;para el valor de presion binario de 138
retlw .220 ;para el valor de presion binario de 139
retlw .222 ;para el valor de presion binario de 140
retlw .223 ;para el valor de presion binario de 141
retlw .225 ;para el valor de presion binario de 142
retlw .226 ;para el valor de presion binario de 143
retlw .228 ;para el valor de presion binario de 144
retlw .230 ;para el valor de presion binario de 145
retlw .231 ;para el valor de presion binario de 146
retlw .233 ;para el valor de presion binario de 147
retlw .235 ;para el valor de presion binario de 148
retlw .236 ;para el valor de presion binario de 149
retlw .238 ;para el valor de presion binario de 150
retlw .240 ;para el valor de presion binario de 151

;Lo que viene son las subrutinas que controlan el proceso de la impresion:
org 0x1000

Realizar_Proceso_Impresion

;Enviar mensaje "Imprimiendo...":

call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.

movlw A'I'

call LCD_DATO1

movlw A'm'

call LCD_DATO1

movlw A'p'

call LCD_DATO1

movlw A'r'

call LCD_DATO1

movlw A'i'

call LCD_DATO1

movlw A'm'

call LCD_DATO1

movlw A'i'

call LCD_DATO1

movlw A'e'

call LCD_DATO1

movlw A'n'

call LCD_DATO1

movlw A'd'

call LCD_DATO1

movlw A'o'

call LCD_DATO1

movlw A'.'

call LCD_DATO1

movlw A'.'

call LCD_DATO1

movlw A'.'

call LCD_DATO1

call Inicializa_Impresora

call Retardo_Tercio_Seg1

call Retardo_Tercio_Seg1

call Retardo_Tercio_Seg1

call Retardo_Tercio_Seg1

call Retardo_Tercio_Seg1

call Retardo_Tercio_Seg1

;Enviar a la impresora unas cuantas líneas de espacios en blanco para crear
;un margen superior dentro de la página:

movlw .0

movwf Contador1

Label121

movlw .32 ;Espacio en blanco.

call Envia_Caracter_a_Impresora

movlw .13 ;Enter.

call Envia_Caracter_a_Impresora

movlw .10 ;Carriage return.

call Envia_Caracter_a_Impresora

```

incf Contador1, 1
movlw .5
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label121

```

;Procedimiento que imprime un caracter ENTER, seguido de un caracter CARRIAGE RETURN
;y finalmente unos cuantos espacios en blanco para crear un margen del lado izquierdo
;de la página a imprimir:

```

call Margen_Izquierda
movlw .218 ;Caracter "Esquina superior izquierda".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .63 ;Cantidad de caracteres "Línea horizontal" a imprimir.
call Imprime_caracter_linea_horizontal
movlw .191 ;Caracter "Esquina superior derecha".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .11 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
;Enviar mensaje "ESCUELA..."
movlw .0
movwf Contador1
Label131
movlw HIGH Tabla_Mensajes ;Obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;Prepara bits correctos de página para lectura de tabla,
movfw Contador1 ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Mensajes ;Obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf TEMP ;En esta variable esta el caracter a imprimir.
movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;Restablece página para PCLATH correctos para
movwf PCLATH ;la ejecución correcta de GOTO y CALL.
movfw TEMP
call Envia_Caracter_a_Impresora ;Enviar contenido de registro W a impresora.
incf Contador1, 1
movlw .40
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label131
movlw .12 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora

```

```

movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .5 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
;Enviar mensaje "FACULTAD..."
movlw .40
movwf Contador1
Label132
    movlw HIGH Tabla_Mensajes ;Obtiene página correcta para PCLATH.
    movwf PCLATH ;Prepara bits correctos de página para lectura de tabla,
    movfw Contador1 ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
    call Tabla_Mensajes ;Obtener el valor correspondiente de la tabla.
    movwf TEMP ;En esta variable esta el caracter a imprimir.
    movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;Restablece página para PCLATH correctos
para
    movwf PCLATH ;la ejecución correcta de GOTO y CALL.
    movfw TEMP
    call Envía_Caracter_a_Impresora ;Enviar contenido de registro W a impresora.
    incf Contador1, 1
    movlw .92
    subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
    btfs STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
    goto Label132
    movlw .6 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envía_Caracter_a_Impresora
    call Margen_Izquierda
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envía_Caracter_a_Impresora
    movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envía_Caracter_a_Impresora
    call Margen_Izquierda
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envía_Caracter_a_Impresora
    movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envía_Caracter_a_Impresora
    call Margen_Izquierda
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envía_Caracter_a_Impresora
    movlw .10 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    ;Enviar mensaje "TOPICO..."
    movlw .92

```

```

    movwf Contador1
Label133
movlw HIGH Tabla_Mensajes ;Obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;Prepara bits correctos de página para lectura de tabla,
movfw Contador1 ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Mensajes ;Obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf TEMP ;En esta variable esta el caracter a imprimir.
movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;Restablece página para PCLATH correctos para
movwf PCLATH ;la ejecución correcta de GOTO y CALL.
    movfw TEMP
    call Envia_Caracter_a_Impresora ;Enviar contenido de registro W a impresora.
    incf Contador1, 1
    movlw .134
    subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
    btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
    goto Label133
    movlw .11 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envia_Caracter_a_Impresora
    call Margen_Izquierda
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envia_Caracter_a_Impresora
    movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envia_Caracter_a_Impresora
    call Margen_Izquierda
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
    call Envia_Caracter_a_Impresora
    movlw .21 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    ;Enviar mensaje "UNIDAD..."
    movlw .134
    movwf Contador1
Label134
    movlw HIGH Tabla_Mensajes ;Obtiene página correcta para PCLATH.
    movwf PCLATH ;Prepara bits correctos de página para lectura de tabla,
    movfw Contador1 ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
    call Tabla_Mensajes ;Obtener el valor correspondiente de la tabla.
    movwf TEMP ;En esta variable esta el caracter a imprimir.
    movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;Restablece página para PCLATH correctos para
    movwf PCLATH ;la ejecución correcta de GOTO y CALL.
    movfw TEMP
    call Envia_Caracter_a_Impresora ;Enviar contenido de registro W a impresora.
    incf Contador1, 1
    movlw .154
    subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
    btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
    goto Label134
    movlw .22 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
    call Imprime_espacios_en_blanco
    movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".

```

```
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .195 ;Caracter "Línea vertical con derivacion a la derecha".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de caracteres "Línea horizontal" a imprimir.
call Imprime_caracter_línea_horizontal
movlw .194 ;Caracter "Línea horizontal con derivacion hacia abajo".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de caracteres "Línea horizontal" a imprimir.
call Imprime_caracter_línea_horizontal
movlw .180 ;Caracter "Línea vertical con derivacion a la izquierda".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
```

```

movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'P'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .13
movwf Contador1 ;Carga W en Contador1.
Label125
movlw A'.' ;Caracter Punto.
call Envía_Caracter_a_Impresora
    decfsz Contador1,1
    goto Label125
;Enviar a la impresora los 3 dígitos del Peso:
bsf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 1
movfw PESO_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 0
call Envía_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 1
movfw PESO_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 0
call Envía_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 1
movfw PESO_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Selección del Banco 0
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'.'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'b'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'.'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .8 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'R'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'A'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'N'

```



```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'G'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'O'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'S'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'N'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'O'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'R'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'M'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'A'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'L'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'E'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'S'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .8 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'E'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'u'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .9
movwf Contador1 ;Carga W en Contador1.
Label126

```

```

movlw A!'      ;Caracter Punto.
call Envia_Caracter_a_Impresora
    decfsz Contador1,1
    goto Label126
;Enviar a la impresora los 3 digitos de la ALTURA:
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw ALTURA_Digito1
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw ALTURA_Digito2
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw ALTURA_Digito3
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'.'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .1 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'P'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'

```

```
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'S'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'u'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A('('
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'H'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A')'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .6 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'P'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
```

```
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'A'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .13 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'S'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .6
movwf Contador1 ;Carga W en Contador1.
Label127
movlw A'.' ;Caracter Punto.
call Envia_Caracter_a_Impresora
decfsz Contador1,1
goto Label127
;Enviar a la impresora los 3 digitos de la Pres.:
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw PRES_SIST_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
;La presion sistolica puede salir un número menor que 100, entonces como el número
;a imprimir tiene 3 digitos, si el primer digito es un cero, en lugar de eso se
;imprime un caracter Punto [.]
movwf TEMP ;Protege el contenido de W, lo guarda en TEMP.
movlw .48 ;Codigo ascii del número cero.
subwf TEMP, 0 ;Resta F - W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica si TEMP es igual a W.
goto Label128c
movlw A'.'
movwf TEMP
Label128c
movfw TEMP
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw PRES_SIST_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw PRES_SIST_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'H'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora

movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .15 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.

```

```
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'M'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'x'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'M'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .32
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'D'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .5
movwf Contador1 ;Carga W en Contador1.

```

Label130

```

movlw A'.' ;Caracter Punto.
call Envia_Caracter_a_Impresora
decfsz Contador1,1
goto Label130
;Enviar a la impresora los 3 digitos de la Pres.:
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw PRES_DIAS_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0

```

;La presion diastolica puede salir un número menor que 100, entonces como el número
;a imprimir tiene 3 digitos, si el primer digito es un cero, en lugar de eso se
;imprime un caracter Punto [.]

```

movwf TEMP ;Protege el contenido de W, lo guarda en TEMP.
movlw .48 ;Codigo ascii del número cero.
subwf TEMP, 0 ;Resta F - W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica si TEMP es igual a W.
goto Label128
movlw A'.'
movwf TEMP

```

Label128

```

movfw TEMP
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw PRES_DIAS_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw PRES_DIAS_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'H'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".

```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .1 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'N'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .8 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'4'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'0'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .6 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'9'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'0'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .5 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .1 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'A'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .10 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'l'

```



```
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'4'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'-'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'5'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'9'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'9'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'-'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'9'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'4'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'F'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'u'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
```

```
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .10 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .1 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'H'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A+'
call Envia_Caracter_a_Impresora
```

```

movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'6'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'0'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A+'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'9'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'5'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .19 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
;Enviar a la impresora los 3 digitos de la Frecuencia Cardiaca:
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw FRECUENCIA_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
;La FRECUENCIA CARDIACA puede salir un número menor que 100, entonces como el número
;a imprimir tiene 3 digitos, si el primer digito es un cero, en lugar de eso se
;imprime un caracter ESPACIO EN BLANCO.
movwf TEMP ;Protege el contenido de W, lo guarda en TEMP.
movlw .48 ;Codigo ascii del número cero.
subwf TEMP, 0 ;Resta F - W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica si TEMP es igual a W.
goto Label128b
movlw A''
movwf TEMP
Label128b
movfw TEMP
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1

```

```

movfw FRECUENCIA_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw FRECUENCIA_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'b'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .4 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .1 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'P'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'

```

```
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A '('
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'I'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'b'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A')'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .13 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'I'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'M'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'C'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .6 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .15 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'A'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'x'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'.'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
;Enviar a la impresora los 3 digitos de la ALTURA:
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw ALTURA_Digito1
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw ALTURA_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw ALTURA_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .6 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".

```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .17 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
;Enviar a la impresora los 4 digitos del IMC:
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw IMC_Digito2
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw IMC_Digito3
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw IMC_Digito4
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
bsf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 1
movfw IMC_Digito5
bcf STATUS, RP0 ;Seleccion del Banco 0
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'k'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'/'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .253 ;Caracter exponente cuadrado.
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .3 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.

```

```
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw .1 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'T'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'M'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'C'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envía_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
```



```
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A '('
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'k'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'/'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'm'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .253 ;Exponente.
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A')'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .15 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'E'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A't'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'2'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'0'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'y'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A' '
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'2'
```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'4'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'.'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'9'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Línea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .195 ;Caracter "Línea vertical con derivacion a la derecha".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de caracteres "Línea horizontal" a imprimir.
call Imprime_caracter_linea_horizontal
movlw .193 ;Caracter "Línea horizontal con derivacion hacia arriba".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .31 ;Cantidad de caracteres "Línea horizontal" a imprimir.
call Imprime_caracter_linea_horizontal
movlw .180 ;Caracter "Linea vertical con derivacion a la izquierda".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora

movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda

```

```

movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
;Enviar mensaje "-Favor..."
movlw .154
movwf Contador1
Label135
movlw HIGH Tabla_Mensajes ;Obtiene página correcta para PCLATH.
movwf PCLATH ;Prepara bits correctos de página para lectura de tabla,
movfw Contador1 ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
call Tabla_Mensajes ;Obtener el valor correspondiente de la tabla.
movwf TEMP ;En esta variable esta el caracter a imprimir.
movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;Restablece página para PCLATH correctos para
movwf PCLATH ;la ejecución correcta de GOTO y CALL.
movfw TEMP
call Envia_Caracter_a_Impresora ;Enviar contenido de registro W a impresora.
incf Contador1, 1
movlw .198
subwf Contador1, 0 ;Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label135
movlw .17 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A'-'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'L'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'v'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'l'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora

```

```
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'o'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A's'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'g'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'u'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'y'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'f'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
```

```
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'u'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'c'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .6 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'p'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'u'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'd'
```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'e'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'n'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A''
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'v'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'i'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'a'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'r'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw A'.'
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .46 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .2 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
;Enviar mensaje "-El presente..."
movlw .198
movwf Contador1
Label136
    movlw HIGH Tabla_Mensajes ;Obtiene página correcta para PCLATH.
    movwf PCLATH ;Prepara bits correctos de página para lectura de tabla,
    movfw Contador1 ;debe ser un valor entre 0 y 254, se carga en w.
    call Tabla_Mensajes ;Obtener el valor correspondiente de la tabla.
    movwf TEMP ;En esta variable esta el caracter a imprimir.
    movlw HIGH Realizar_Proceso_Impresion ;Restablece página para PCLATH correctos para
    movwf PCLATH ;la ejecución correcta de GOTO y CALL.
    movfw TEMP
    call Envia_Caracter_a_Impresora ;Enviar contenido de registro W a impresora.
    incf Contador1, 1
    movlw .246
    subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
    btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
    goto Label136

movlw .13 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".

```

```

call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .63 ;Cantidad de espacios en blanco a imprimir.
call Imprime_espacios_en_blanco
movlw .179 ;Caracter "Linea vertical".
call Envia_Caracter_a_Impresora
call Margen_Izquierda
movlw .192 ;Caracter "Esquina inferior izquierda".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .0
movwf Contador1
Label129
movlw .196 ;Caracter "Linea horizontal".
call Envia_Caracter_a_Impresora
incf Contador1, 1
movlw .63
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label129
movlw .217 ;Caracter "Esquina inferior derecha".
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .13
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .10
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .12
call Envia_Caracter_a_Impresora
;Luego de haber enviado todos los bytes que hay que imprimir hacia la impresora,
;se entra en un lazo que se repite durante 30 segundos (aprox),
;donde se revisa continuamente el status de la impresora, y si no se detecta
;error de impresion durante 30 seg. (aprox) se declara FIN DE IMPRESION.
clrf Contador3
Label98
call Revisa_Status_Impresora
call Retardo_Tercio_Seg1
call Retardo_Tercio_Seg1
incf Contador3, 1
movlw .250
subwf Contador3, 0 ; Resta Contador3 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador3 es igual a W.
goto Label98
call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
movlw A'F'
call LCD_DATO1
movlw A'I'
call LCD_DATO1
movlw A'N'
call LCD_DATO1
movlw A' '
call LCD_DATO1
movlw A'D'

```

```

call LCD_DATO1
movlw A'E'
call LCD_DATO1
movlw A' '
call LCD_DATO1
movlw A'T'
call LCD_DATO1
movlw A'M'
call LCD_DATO1
movlw A'P'
call LCD_DATO1
movlw A'R'
call LCD_DATO1
movlw A'E'
call LCD_DATO1
movlw A'S'
call LCD_DATO1
movlw A'T'
call LCD_DATO1
movlw A'O'
call LCD_DATO1
movlw A'N'
call LCD_DATO1
return ;FIN DEL PROCEDIMIENTO QUE CONTROLA EL PROCESO DE LA IMPRESION.

```

Margen_Izquierda

```

movlw .13
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .10
call Envia_Caracter_a_Impresora
movlw .0
movwf Contador1

```

Label97

```

movlw .32 ;Espacio en blanco.
call Envia_Caracter_a_Impresora
incf Contador1, 1
movlw .9
subwf Contador1, 0 ; Resta Contador1 menos W, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica si Contador1 es igual a W.
goto Label97
return

```

;Procedimiento que imprime tantos espacios en blanco como lo indica el registro W:

Imprime_espacios_en_blanco

```

movwf Contador1 ;Carga W en Contador1.

```

Label122

```

movlw .32 ;Espacio en blanco.
call Envia_Caracter_a_Impresora
decfsz Contador1,1
goto Label122
return

```

;Procedimiento que imprime el caracter "Linea horizontal" tantas veces como lo indica W.

Imprime_caracter_linea_horizontal

```

movwf Contador1 ;Carga W en Contador1.

```



```

Label123
    movlw .196 ;Caracter "Linea horizontal".
    call Envia_Caracter_a_Impresora
        decfsz Contador1,1
        goto Label123
    return

```

```

Inicializa_Impresora
    bcf PORTD, 2 ;Pone RD2 en bajo.
    movlw .255
    movwf TEMP3

```

```

Label124
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    nop
    decfsz TEMP3,1
    goto Label124
    bsf PORTD, 2 ;Regresa RD2 a alto.
    return

```

;El siguiente procedimiento revisa unos 3 bits que vienen de la impresora que indican
;si hay algun error en el proceso de impresion, tal como falta de papel, etc:

```

Revisa_Status_Impresora
    ;Limpia variable TEMP2 que se va a utilizar como bandera para que en el siguiente
    ;lazo solamente se envie al LCD el mensaje de error respectivo solamente 1 vez,
    ;(en caso de que se detecte un error en la impresion, como falta de papel, etc.):
    clrf TEMP2

```

```

Label102
    ;Revisa el bit de Status de la Impresora que indica si hay papel en la impresora:
    btfss PORTC, 2 ;Lee pin RC2, si esta en bajo, todo esta bien.
    goto Label99
    ;Aqui se llega si no hay papel en la impresora:
    ;Si TEMP2 vale cero, envia el mensaje "NO HAY PAPEL" al LCD:
    movlw .0
    subwf TEMP2, 0 ; Resta f-w, resultado se guarda en W.
    btfss STATUS, Z ; Zero flag indica IGUALDAD.
    goto Label100
    clrf Contador3 ;Limpia esta variable que cuenta el número de veces que se
        ;repite un lazo en el procedimiento "Realizar_Proceso_Impresion"
        ;Este lazo termina si Contador3 llega a un determinado valor
        ;indicando que no se detecto ningun error en
        ;la impresion durante 30 segundos consecutivos (aproximadamente),
        ;y se declara FIN DE LA IMPRESION.

```

```

    call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
    movlw A'N'
    call LCD_DATO1
    movlw A'O'
    call LCD_DATO1

```

```

movlw A''
call LCD_DATO1
movlw A'H'
call LCD_DATO1
movlw A'A'
call LCD_DATO1
movlw A'Y'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A'P'
call LCD_DATO1
movlw A'A'
call LCD_DATO1
movlw A'P'
call LCD_DATO1
movlw A'E'
call LCD_DATO1
movlw A'L'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A''
call LCD_DATO1
;Setea la variable TEMP2 en 1 para no volver a enviar el mismo mensaje de error
;al LCD conforme se va repitiendo el lazo.
movlw .1
movwf TEMP2
Label100
;Hacer un pequeño retardo utilizando la variable TEMP3:
movlw .30
movwf TEMP3
Label101
nop
decfsz TEMP3,1
goto Label101
goto Label102 ;Repite el lazo mientras el bit de status de la impresora marque error.
Label99
;Aqui se llega si hay papel en la impresora (lo normal):
;Si TEMP2 vale 1 se envia el mensaje "Imprimiendo..." al LCD:
movlw .0
subwf TEMP2, 0 ; Resta f-w, resultado se guarda en W.
btfsc STATUS, Z ; Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label103
call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
movlw A'I'
call LCD_DATO1
movlw A'm'
call LCD_DATO1
movlw A'p'
call LCD_DATO1
movlw A'r'
call LCD_DATO1

```

```

movlw A'i'
call LCD_DATO1
movlw A'm'
call LCD_DATO1
movlw A'i'
call LCD_DATO1
movlw A'e'
call LCD_DATO1
movlw A'n'
call LCD_DATO1
movlw A'd'
call LCD_DATO1
movlw A'o'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1

```

Label103

```

;Limpia variable TEMP2 que se va a utilizar como bandera para que en el siguiente
;lazo solamente se envíe al LCD el mensaje de error respectivo solamente 1 vez,
;(en caso de que se detecte un error en la impresión, como falta de papel, etc.):
clrf TEMP2

```

Label107

```

;Revisa el bit de Status de la Impresora que indica si la impresora esta ONLINE:
btfsc PORTC, 1 ;Lee pin RC1, si esta en ALTO, todo esta bien.

```

```
goto Label104
```

```
;Aqui se llega si la impresora NO ESTA ONLINE:
```

```
;Si TEMP2 vale cero, envia el mensaje "NO ESTA ONLINE" al LCD:
```

```
movlw .0
```

```
subwf TEMP2, 0 ; Resta f-w, resultado se guarda en W.
```

```
btfss STATUS, Z ; Zero flag indica IGUALDAD.
```

```
goto Label105
```

```
clrf Contador3 ;Limpia esta variable que cuenta el número de veces que se
```

```
;repite un lazo en el procedimiento "Realizar_Proceso_Impresion"
```

```
;Este lazo termina si Contador3 llega a un determinado valor
```

```
;indicando que no se detecto ningun error en
```

```
;la impresion durante 30 segundos consecutivos (aproximadamente),
```

```
;y se declara FIN DE LA IMPRESION.
```

```
call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
```

```
movlw A'N'
```

```
call LCD_DATO1
```

```
movlw A'O'
```

```
call LCD_DATO1
```

```
movlw A''
```

```
call LCD_DATO1
```

```
movlw A'E'
```

```
call LCD_DATO1
```

```
movlw A'S'
```

```
call LCD_DATO1
```

```
movlw A'T'
```

```

call LCD_DATO1
movlw A'A'
call LCD_DATO1
movlw A' '
call LCD_DATO1
movlw A'O'
call LCD_DATO1
movlw A'N'
call LCD_DATO1
movlw A'L'
call LCD_DATO1
movlw A'I'
call LCD_DATO1
movlw A'N'
call LCD_DATO1
movlw A'E'
call LCD_DATO1
;Setea la variable TEMP2 en 1 para no volver a enviar el mismo mensaje de error
;al LCD conforme se va repitiendo el lazo.
movlw .1
movwf TEMP2
Label105
;Hacer un pequeño retardo utilizando la variable TEMP3:
movlw .30
movwf TEMP3
Label106
nop
decfsz TEMP3,1
goto Label106
goto Label107 ;Repite el lazo mientras el bit de status de la impresora marque error.
Label104
;Aqui se llega si la impresora ESTA ONLINE (lo normal):
;Si TEMP2 vale 1 se envia el mensaje "Imprimiendo..." al LCD:
movlw .0
subwf TEMP2, 0 ; Resta f-w, resultado se guarda en W.
btfsc STATUS, Z ; Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label108
call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
movlw A'I'
call LCD_DATO1
movlw A'm'
call LCD_DATO1
movlw A'p'
call LCD_DATO1
movlw A'r'
call LCD_DATO1
movlw A'i'
call LCD_DATO1
movlw A'm'
call LCD_DATO1
movlw A'i'
call LCD_DATO1
movlw A'e'

```

```

call LCD_DATO1
movlw A'n'
call LCD_DATO1
movlw A'd'
call LCD_DATO1
movlw A'o'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
Label108
;Limpia variable TEMP2 que se va a utilizar como bandera para que en el siguiente
;lazo solamente se envíe al LCD el mensaje de error respectivo solamente 1 vez,
;(en caso de que se detecte un error en la impresión, como falta de papel, etc.):
clrf TEMP2
Label112
;Revisa el bit de Status de la Impresora que indica si hay ERROR EN IMPRESORA:
btfsc PORTC, 0 ;Lee pin RC0, si está en ALTO, todo está bien.
goto Label109
;Aquí se llega si HAY ERROR EN IMPRESORA:
;Si TEMP2 vale cero, envía el mensaje "ERROR EN IMPR." al LCD:
movlw .0
subwf TEMP2, 0 ;Resta f-w, resultado se guarda en W.
btfss STATUS, Z ;Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label110
clrf Contador3 ;Limpia esta variable que cuenta el número de veces que se
;repite un lazo en el procedimiento "Realizar_Proceso_Impresion"
;Este lazo termina si Contador3 llega a un determinado valor
;indicando que no se detectó ningún error en
;la impresión durante 30 segundos consecutivos (aproximadamente),
;y se declara FIN DE LA IMPRESION.

call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera línea.
movlw A'E'
call LCD_DATO1
movlw A'R'
call LCD_DATO1
movlw A'R'
call LCD_DATO1
movlw A'O'
call LCD_DATO1
movlw A'R'
call LCD_DATO1
movlw A''
call LCD_DATO1
movlw A'E'
call LCD_DATO1
movlw A'N'
call LCD_DATO1
movlw A''

```

```

call LCD_DATO1
movlw AT'
call LCD_DATO1
movlw A'M'
call LCD_DATO1
movlw A'P'
call LCD_DATO1
movlw A'R'
call LCD_DATO1
movlw A'.'
call LCD_DATO1
;Setea la variable TEMP2 en 1 para no volver a enviar el mismo mensaje de error
;al LCD conforme se va repitiendo el lazo.
movlw .1
movwf TEMP2
Label110
;Hacer un pequeño retardo utilizando la variable TEMP3:
movlw .30
movwf TEMP3
Label111
nop
decfsz TEMP3,1
goto Label111
goto Label112 ;Repite el lazo mientras el bit de status de la impresora marque error.
Label109
;Aqui se llega si la impresora NO ESTA EN ERROR (lo normal):
;Si TEMP2 vale 1 se envia el mensaje "Imprimiendo..." al LCD:
movlw .0
subwf TEMP2, 0 ; Resta f-w, resultado se guarda en W.
btfsz STATUS, Z ; Zero flag indica IGUALDAD.
goto Label113
call LCD_LINE11 ;ubicar el cursor del LCD en la primera linea.
movlw AT'
call LCD_DATO1
movlw A'm'
call LCD_DATO1
movlw A'p'
call LCD_DATO1
movlw A'r'
call LCD_DATO1
movlw A'i'
call LCD_DATO1
movlw A'm'
call LCD_DATO1
movlw A'i'
call LCD_DATO1
movlw A'e'
call LCD_DATO1
movlw A'n'
call LCD_DATO1
movlw A'd'
call LCD_DATO1
movlw A'o'

```

```

call LCD_DATO1
movlw A!'
call LCD_DATO1
movlw A!'
call LCD_DATO1
movlw A!'
call LCD_DATO1

```

Label113

```

return ;FIN DEL PROCEDIMIENTO "Revisa_Status_Impresora".
;El siguiente procedimiento envia un caracter a la impresora (para que se imprima),
;El byte a imprimir debe estar en el registro "w".

```

Envia_Caracter_a_Impresora

```

;Guarda el byte que se va a imprimir en la variable TEMP, para protegerlo:
movwf TEMP
;Revisa unos 3 bits que vienen de la impresora que indican si hay algun error
;en el proceso de impresion, tal como falta de papel, etc.
call Revisa_Status_Impresora
;Aqui se llega cuando ya se han revisado los 3 bits de status de la impresora
;y los 3 bits estan bien, entonces se procede a enviar el caracter a imprimir
;al puerto B del PIC (conectados con los 8 pines de datos de la impresora):
movfw TEMP
movwf PORTB
;Entra en un lazo que revisa el bit BUSY de la impresora hasta que este bit indique
;que la impresora no se encuentra ocupada:

```

Label114

```

;Revisa el bit de Status BUSY de la Impresora:
btfss PORTC, 4 ;Lee pin RC4, si esta en BAJO, todo esta bien.
goto Label115
;Aqui se llega si la impresora esta ocupada (BUSY):
movlw .30
movwf TEMP3

```

Label116

```

nop
decfsz TEMP3,1
goto Label116
goto Label114 ;Repite el lazo mientras el bit de BUSY este en alto.

```

Label115

```

;Ahora toca enviar un pulso negado de corta duracion por el pin RD0 del PIC,
;lo cual hara que el dato presente en los 8 pines de datos de la impresora
;ingresen a la misma para su posterior impresion.

```

```

bcf PORTD, 0 ;Pone RD0 en bajo.

```

```

movlw .250
movwf TEMP3

```

Label117

```

nop
decfsz TEMP3,1
goto Label117
bsf PORTD, 0 ;Regresa RD0 a alto.
return

```

;LCD_DATO1 es una rutina semejante a LCD_DATO pero definida en otra página de

;la memoria de programa para poder ser accesada sin problemas por la subrutina
;principal que controla la impresora y el proceso de impresion:

```
LCD_DATO1
  MODO_DATO
  ESCRIBIR
  Movwf  PORTB          ;Valor ASCII a sacar por PORTB
  ENABLE          ;Activa E
  nop
  nop
  DISABLE          ;Desactiva E
  movlw  .60
  movwf  TEMPO1
DELAY_40_3
  decfsz TEMPO1,1
  goto  DELAY_40_3
  return
```

;LCD_LINE11 es una rutina semejante a LCD_LINE1 pero definida en otra página de
;la memoria de programa para poder ser accesada sin problemas por la subrutina
;principal que controla la impresora y el proceso de impresion:

```
LCD_LINE11
  movlw  0x80  ;primera fila, primera columna
  MODO_COMANDO  ;Desactiva RS (modo comando)
  ESCRIBIR
  movwf  PORTB  ;Codigo de comando
  ENABLE  ;Activa E
  nop
  nop
  DISABLE  ;Desactiva E
  movlw  .60
  movwf  TEMPO1
DELAY_40_2
  decfsz TEMPO1,1
  goto  DELAY_40_2
  return
```

;La siguiente es una rutina semejante a Retardo_Tercio_Seg pero definida en otra página
;de la memoria de programa para poder ser accesada sin problemas por la subrutina
;principal que controla la impresora y el proceso de impresion:

```
Retardo_Tercio_Seg1
  ;Todo este procedimiento realiza un retardo de  $80*(4162+2)+2 = 333122$  us = 1/3 s.
  movlw  0x22  ; carga registro w con el valor 50H, o 28H si se quiere 1/6 s.
  movwf  TEMP4  ; carga TEMP4 con valor de w.
label118
  ;El siguiente sub-lazo realiza un retardo de  $208*20 + 2 = 4162$  us.
  movlw  0xd0  ; carga registro w con el valor 208.
  movwf  TEMP1  ; carga TEMP1 con valor de w.
label119
  nop
  nop
  nop
  nop
  nop
```



```

nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop
nop ;17 nops.
decfsz TEMP1, 1 ;toma 1 ciclo, excepto cuando salta si la condición se cumple.
goto label119 ;toma 2 ciclos.
decfsz TEMP4, 1 ;toma 1 ciclo, excepto cuando salta si la condición se cumple.
goto label118 ;toma 2 ciclos.
nop
return

```

```

org 0x1800
Tabla_Mensajes ;Se incluyen aqui mensajes de manera que ocupen todos casi 255 bytes:
    addwf PCL,F
    DT "ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"
    DT "FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACION"
    DT "TOPICO DE GRADUACION DE ELECTRONICA MEDICA"
    DT "UNIDAD BIOMEDICA RAI"
    DT "-Favor consultar con su médico de confianza."
    DT "-El presente recibo no es un certificado médico."

end

```

FEATURES

Easy to use

Gain set with one external resistor
(Gain range 1 to 10,000)

Wide power supply range (± 2.3 V to ± 18 V)

Higher performance than 3 op amp IA designs

Available in 8-lead DIP and SOIC packaging

Low power, 1.3 mA max supply current

Excellent dc performance (B grade)

50 μ V max, input offset voltage

0.6 μ V/ $^{\circ}$ C max, input offset drift

1.0 nA max, input bias current

100 dB min common-mode rejection ratio (G = 10)

Low noise

9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @ 1 kHz, input voltage noise

0.28 μ V p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)

Excellent ac specifications

120 kHz bandwidth (G = 100)

15 μ s settling time to 0.01%

APPLICATIONS

Weigh scales

ECG and medical instrumentation

Transducer interface

Data acquisition systems

Industrial process controls

Battery-powered and portable equipment

CONNECTION DIAGRAM

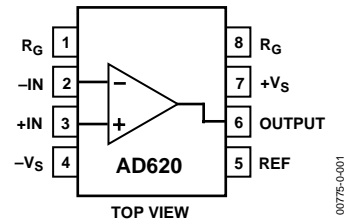


Figure 1. 8-Lead PDIP (N), CERDIP (Q), and SOIC (R) Packages

PRODUCT DESCRIPTION

The AD620 is a low cost, high accuracy instrumentation amplifier that requires only one external resistor to set gains of 1 to 10,000. Furthermore, the AD620 features 8-lead SOIC and DIP packaging that is smaller than discrete designs and offers lower power (only 1.3 mA max supply current), making it a good fit for battery-powered, portable (or remote) applications.

The AD620, with its high accuracy of 40 ppm maximum nonlinearity, low offset voltage of 50 μ V max, and offset drift of 0.6 μ V/ $^{\circ}$ C max, is ideal for use in precision data acquisition systems, such as weigh scales and transducer interfaces. Furthermore, the low noise, low input bias current, and low power of the AD620 make it well suited for medical applications, such as ECG and noninvasive blood pressure monitors.

The low input bias current of 1.0 nA max is made possible with the use of Superbeta processing in the input stage. The AD620 works well as a preamplifier due to its low input voltage noise of 9 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ at 1 kHz, 0.28 μ V p-p in the 0.1 Hz to 10 Hz band, and 0.1 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$ input current noise. Also, the AD620 is well suited for multiplexed applications with its settling time of 15 μ s to 0.01%, and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

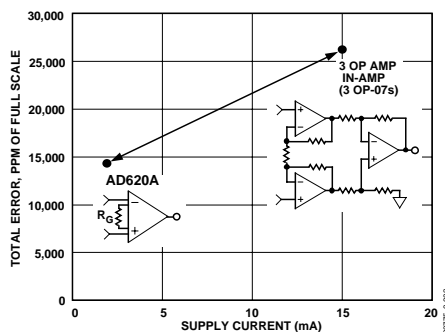


Figure 2. Three Op Amp IA Designs vs. AD620

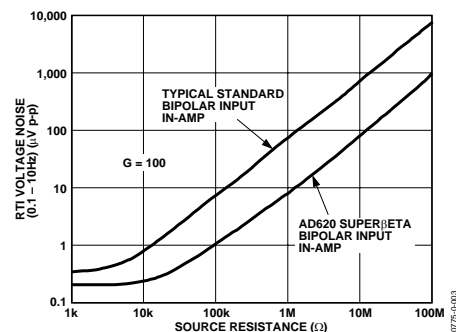


Figure 3. Total Voltage Noise vs. Source Resistance

Rev. G

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

TABLE OF CONTENTS

Specifications	3	Input Protection	16
Absolute Maximum Ratings	5	RF Interference	16
ESD Caution	5	Common-Mode Rejection.....	17
Typical Performance Characteristics	7	Grounding.....	17
Theory of Operation	13	Ground Returns for Input Bias Currents.....	18
Gain Selection.....	16	Outline Dimensions.....	19
Input and Output Offset Voltage	16	Ordering Guide	20
Reference Terminal	16		

REVISION HISTORY

12/04—Rev. F to Rev. G

Updated Format.....	Universal
Change to Features.....	1
Change to Product Description.....	1
Changes to Specifications.....	3
Added Metallization Photograph.....	4
Replaced Figure 4-Figure 6	6
Replaced Figure 15	7
Replaced Figure 33	10
Replaced Figure 34 and Figure 35	10
Replaced Figure 37	10
Changes to Table 3	13
Changes to Figure 41 and Figure 42	14
Changes to Figure 43	15
Change to Figure 44.....	17
Changes to Input Protection section	15
Deleted Figure 9.....	15
Changes to RF Interference section	15
Edit to Ground Returns for Input Bias Currents section.....	17
Added AD620CHIPS to Ordering Guide	19

7/03—Data Sheet changed from REV. E to REV. F

Edit to FEATURES.....	1
Changes to SPECIFICATIONS	2
Removed AD620CHIPS from ORDERING GUIDE	4
Removed METALLIZATION PHOTOGRAPH.....	4
Replaced TPCs 1–3	5
Replaced TPC 12	6
Replaced TPC 30	9
Replaced TPCs 31 and 32.....	10
Replaced Figure 4.....	10
Changes to Table I.....	11
Changes to Figures 6 and 7	12
Changes to Figure 8	13
Edited INPUT PROTECTION section.....	13
Added new Figure 9.....	13
Changes to RF INTERFACE section	14
Edit to GROUND RETURNS FOR INPUT BIAS CURRENTS section.....	15
Updated OUTLINE DIMENSIONS.....	16

SPECIFICATIONS

Typical @ 25°C, $V_S = \pm 15$ V, and $R_L = 2$ k Ω , unless otherwise noted.

Table 1.

Parameter	Conditions	AD620A			AD620B			AD620S ¹			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
GAIN	$G = 1 + (49.4 \text{ k}\Omega/R_G)$										
Gain Range		1		10,000	1		10,000	1		10,000	
Gain Error ²	$V_{OUT} = \pm 10$ V										
G = 1			0.03	0.10		0.01	0.02		0.03	0.10	%
G = 10			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 100			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 1000			0.40	0.70		0.35	0.50		0.40	0.70	%
Nonlinearity	$V_{OUT} = -10$ V to $+10$ V										
G = 1–1000	$R_L = 10$ k Ω		10	40		10	40		10	40	ppm
G = 1–100	$R_L = 2$ k Ω		10	95		10	95		10	95	ppm
Gain vs. Temperature											
G = 1				10			10			10	ppm/°C
Gain > 1 ²				–50			–50			–50	ppm/°C
VOLTAGE OFFSET	(Total RTI Error = $V_{OSI} + V_{OSO}/G$)										
Input Offset, V_{OSI}	$V_S = \pm 5$ V to ± 15 V		30	125		15	50		30	125	μ V
Overtemperature	$V_S = \pm 5$ V to ± 15 V			185			85			225	μ V
Average TC	$V_S = \pm 5$ V to ± 15 V		0.3	1.0		0.1	0.6		0.3	1.0	μ V/°C
Output Offset, V_{OSO}	$V_S = \pm 15$ V		400	1000		200	500		400	1000	μ V
Overtemperature	$V_S = \pm 5$ V to ± 15 V			1500			750			1500	μ V
Average TC	$V_S = \pm 5$ V to ± 15 V		5.0	15		2.5	7.0		5.0	15	μ V/°C
Offset Referred to the Input vs. Supply (PSR)	$V_S = \pm 2.3$ V to ± 18 V										
G = 1		80	100		80	100		80	100		dB
G = 10		95	120		100	120		95	120		dB
G = 100		110	140		120	140		110	140		dB
G = 1000		110	140		120	140		110	140		dB
INPUT CURRENT											
Input Bias Current			0.5	2.0		0.5	1.0		0.5	2	nA
Overtemperature				2.5			1.5			4	nA
Average TC			3.0			3.0			8.0		pA/°C
Input Offset Current			0.3	1.0		0.3	0.5		0.3	1.0	nA
Overtemperature				1.5			0.75			2.0	nA
Average TC			1.5			1.5			8.0		pA/°C
INPUT											
Input Impedance											
Differential			10||2			10||2			10||2		G Ω _pF
Common-Mode			10||2			10||2			10||2		G Ω _pF
Input Voltage Range ³	$V_S = \pm 2.3$ V to ± 5 V	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.2$	V
Overtemperature	$V_S = \pm 5$ V to ± 18 V	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.3$	V
Overtemperature		$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 1.9$		$+V_S - 1.4$	V
Overtemperature		$-V_S + 2.1$		$+V_S - 1.4$	$-V_S + 2.1$		$+V_S + 2.1$	$-V_S + 2.3$		$+V_S - 1.4$	V

AD620

Parameter	Conditions	AD620A			AD620B			AD620S ¹			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Common-Mode Rejection											
Ratio DC to 60 Hz with 1 k Ω Source Imbalance	$V_{CM} = 0\text{ V to } \pm 10\text{ V}$										
G = 1		73	90		80	90		73	90		dB
G = 10		93	110		100	110		93	110		dB
G = 100		110	130		120	130		110	130		dB
G = 1000		110	130		120	130		110	130		dB
OUTPUT											
Output Swing	$R_L = 10\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 2.3\text{ V}$ to $\pm 5\text{ V}$	$-V_S + 1.1$	$+V_S - 1.2$		$-V_S + 1.1$	$+V_S - 1.2$		$-V_S + 1.1$	$+V_S - 1.2$		V
Overtemperature		$-V_S + 1.4$	$+V_S - 1.3$		$-V_S + 1.4$	$+V_S - 1.3$		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.3$		V
Overtemperature	$V_S = \pm 5\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$	$-V_S + 1.2$	$+V_S - 1.4$		$-V_S + 1.2$	$+V_S - 1.4$		$-V_S + 1.2$	$+V_S - 1.4$		V
Short Circuit Current		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.5$		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.5$		$-V_S + 2.3$	$+V_S - 1.5$		V
		± 18			± 18			± 18			mA
DYNAMIC RESPONSE											
Small Signal -3 dB Bandwidth	10 V Step										
G = 1		1000			1000			1000			kHz
G = 10		800			800			800			kHz
G = 100		120			120			120			kHz
G = 1000		12			12			12			kHz
Slew Rate		0.75	1.2		0.75	1.2		0.75	1.2		V/ μ s
Settling Time to 0.01%											
G = 1-100		15			15			15			μ s
G = 1000		150			150			150			μ s
NOISE											
Voltage Noise, 1 kHz	$Total\ RTI\ Noise = \sqrt{(e_{ni}^2) + (e_{no}/G)^2}$										
Input, Voltage Noise, e_{ni}		9	13		9	13		9	13		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Output, Voltage Noise, e_{no}		72	100		72	100		72	100		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
RTI, 0.1 Hz to 10 Hz	$f = 1\text{ kHz}$										
G = 1		3.0			3.0 6.0			3.0 6.0			μ V p-p
G = 10		0.55			0.55 0.8			0.55 0.8			μ V p-p
G = 100-1000		0.28			0.28 0.4			0.28 0.4			μ V p-p
Current Noise		100			100			100			fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
0.1 Hz to 10 Hz		10			10			10			pA p-p
REFERENCE INPUT											
R_{IN}	$V_{IN+}, V_{REF} = 0$	20			20			20			k Ω
I_{IN}		50	60		50	60		50	60		μ A
Voltage Range		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.6$		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.6$		$-V_S + 1.6$	$+V_S - 1.6$		V
Gain to Output		1 ± 0.0001			1 ± 0.0001			1 ± 0.0001			
POWER SUPPLY											
Operating Range ⁴	$V_S = \pm 2.3\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$	± 2.3	± 18		± 2.3	± 18		± 2.3	± 18		V
Quiescent Current		0.9	1.3		0.9	1.3		0.9	1.3		mA
Overtemperature		1.1	1.6		1.1	1.6		1.1	1.6		mA
TEMPERATURE RANGE											
For Specified Performance		$-40\text{ to }+85$			$-40\text{ to }+85$			$-55\text{ to }+125$			$^{\circ}\text{C}$

¹ See Analog Devices military data sheet for 883B tested specifications.

² Does not include effects of external resistor R_G .

³ One input grounded. $G = 1$.

⁴ This is defined as the same supply range that is used to specify PSR.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Table 2.

Parameter	Rating
Supply Voltage	± 18 V
Internal Power Dissipation ¹	650 mW
Input Voltage (Common-Mode)	$\pm V_S$
Differential Input Voltage	25 V
Output Short-Circuit Duration	Indefinite
Storage Temperature Range (Q)	-65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range (N, R)	-65°C to $+125^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range	
AD620 (A, B)	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
AD620 (S)	-55°C to $+125^{\circ}\text{C}$
Lead Temperature Range (Soldering 10 seconds)	300°C

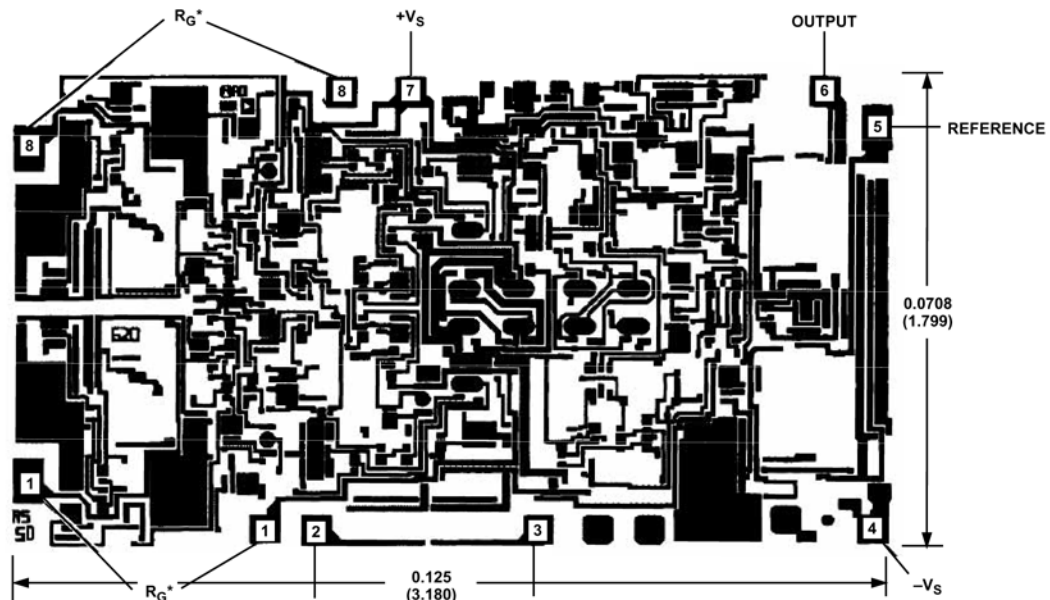
Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

¹ Specification is for device in free air:
 8-Lead Plastic Package: $\theta_{JA} = 95^{\circ}\text{C}$
 8-Lead CERDIP Package: $\theta_{JA} = 110^{\circ}\text{C}$
 8-Lead SOIC Package: $\theta_{JA} = 155^{\circ}\text{C}$

ESD CAUTION

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although this product features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.





*FOR CHIP APPLICATIONS: THE PADS 1R_G AND 8R_G MUST BE CONNECTED IN PARALLEL TO THE EXTERNAL GAIN REGISTER R_G. DO NOT CONNECT THEM IN SERIES TO R_G. FOR UNITY GAIN APPLICATIONS WHERE R_G IS NOT REQUIRED, THE PADS 1R_G MAY SIMPLY BE BONDED TOGETHER, AS WELL AS THE PADS 8R_G.

00775-0-004

Figure 4. Metallization Photograph.
Dimensions shown in inches and (mm).

Contact sales for latest dimensions.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

(@ 25°C, $V_s = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, unless otherwise noted.)

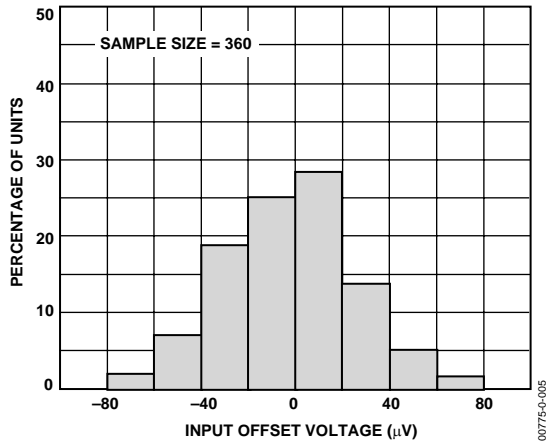


Figure 5. Typical Distribution of Input Offset Voltage

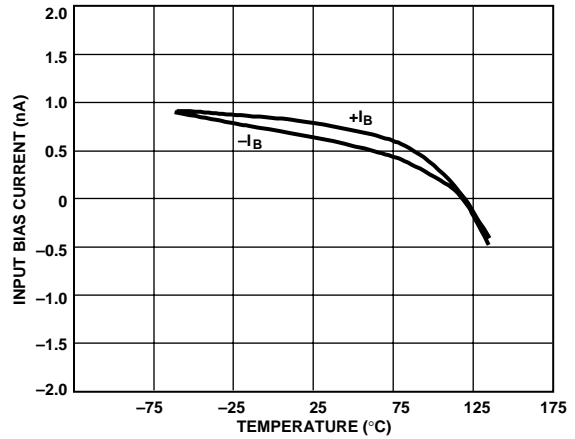


Figure 8. Input Bias Current vs. Temperature

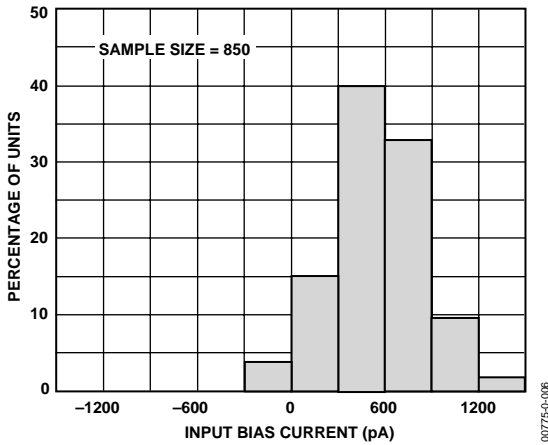


Figure 6. Typical Distribution of Input Bias Current

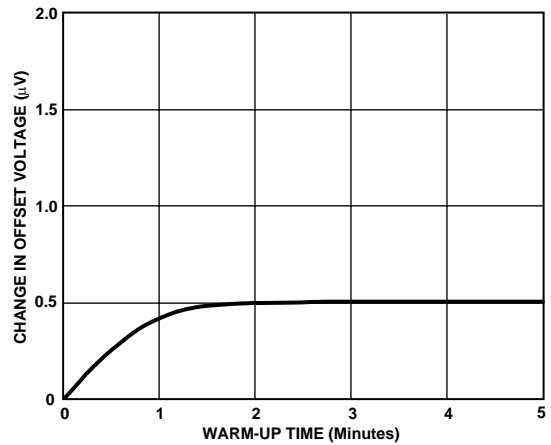


Figure 9. Change in Input Offset Voltage vs. Warm-Up Time

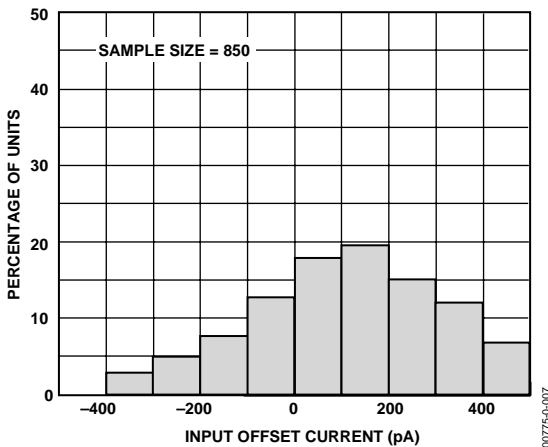


Figure 7. Typical Distribution of Input Offset Current

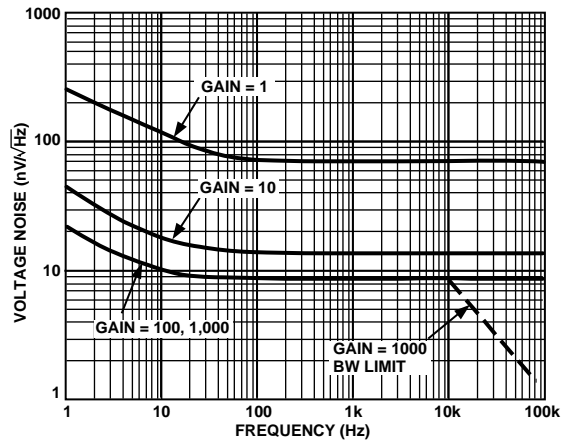


Figure 10. Voltage Noise Spectral Density vs. Frequency ($G = 1-1000$)

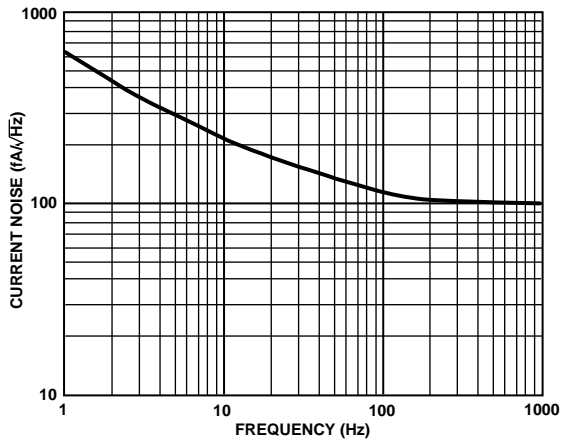


Figure 11. Current Noise Spectral Density vs. Frequency

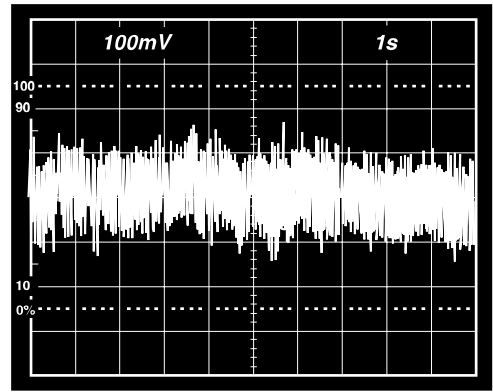


Figure 14. 0.1 Hz to 10 Hz Current Noise, 5 pA/Div

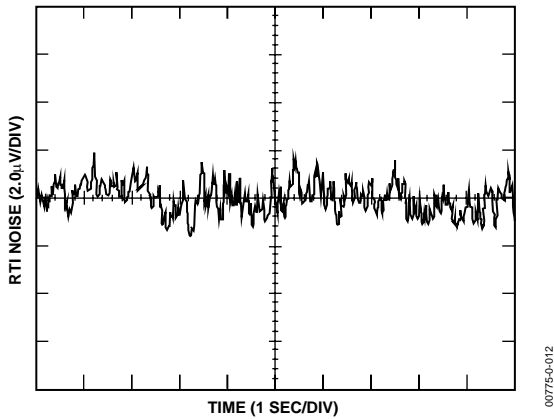


Figure 12. 0.1 Hz to 10 Hz RTI Voltage Noise ($G = 1$)

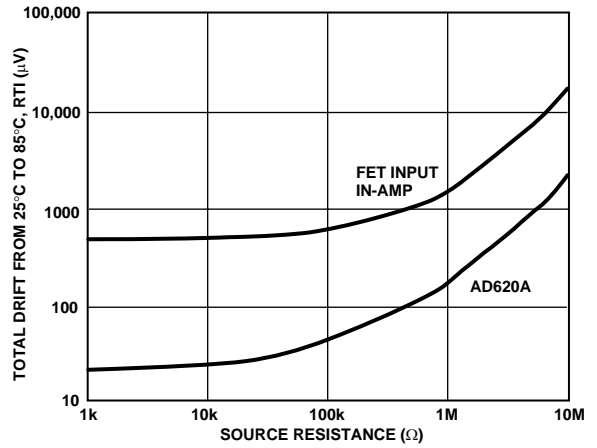


Figure 15. Total Drift vs. Source Resistance

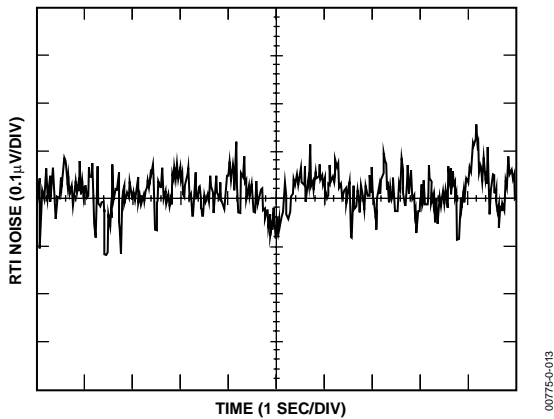


Figure 13. 0.1 Hz to 10 Hz RTI Voltage Noise ($G = 1000$)

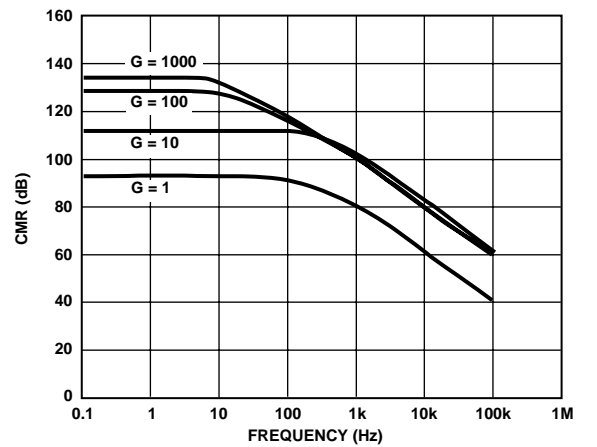


Figure 16. Typical CMR vs. Frequency, RTI, Zero to 1 kΩ Source Imbalance

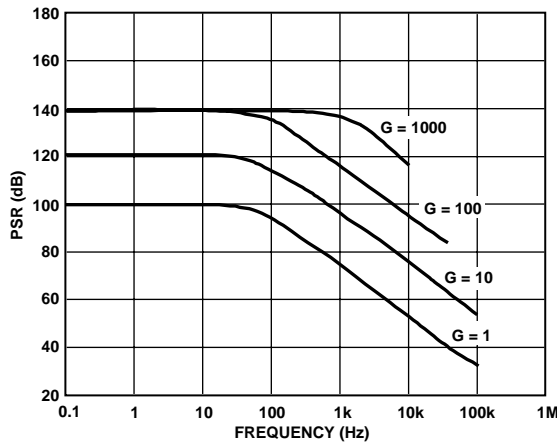


Figure 17. Positive PSR vs. Frequency, RTI (G = 1–1000)

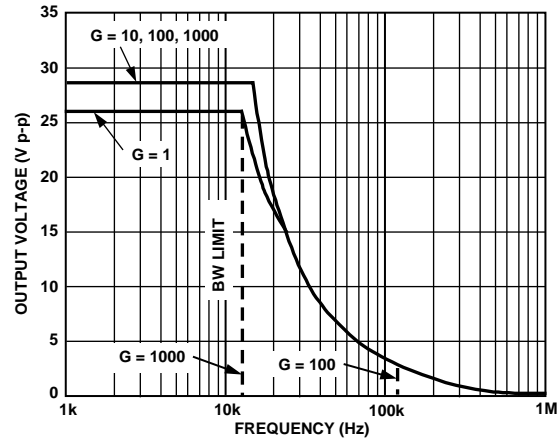


Figure 20. Large Signal Frequency Response

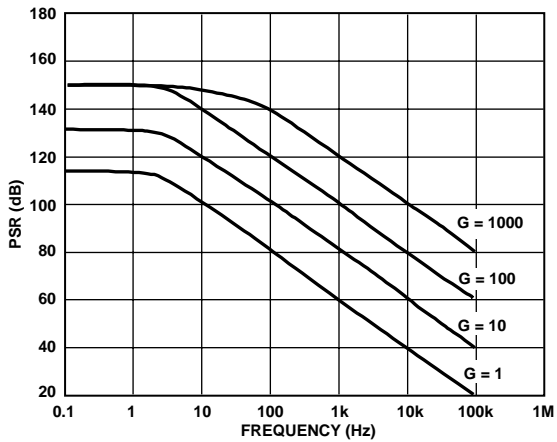


Figure 18. Negative PSR vs. Frequency, RTI (G = 1–1000)

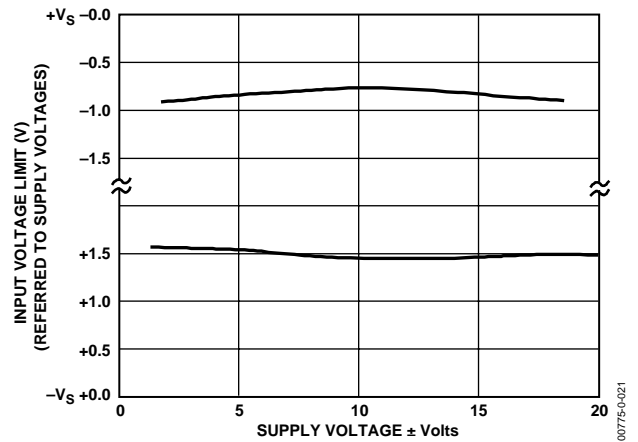


Figure 21. Input Voltage Range vs. Supply Voltage, G = 1

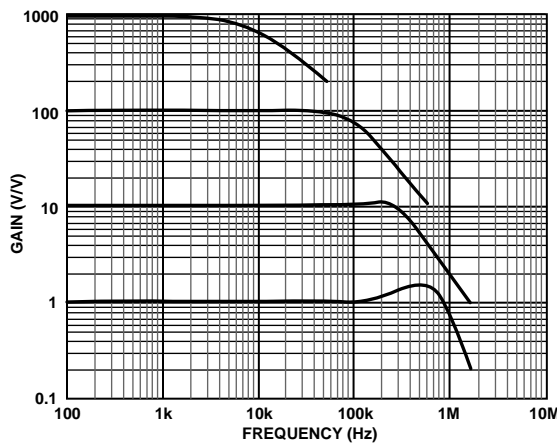


Figure 19. Gain vs. Frequency

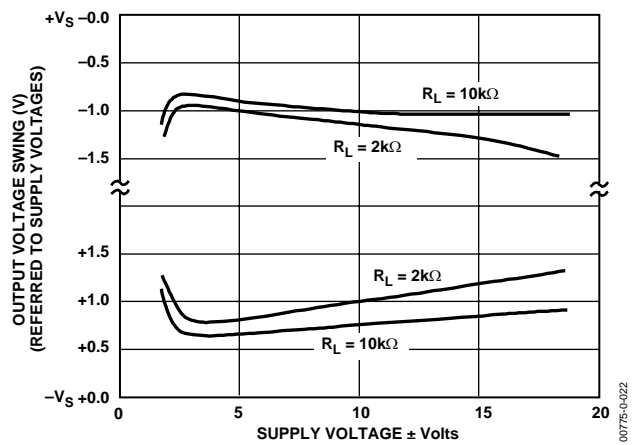


Figure 22. Output Voltage Swing vs. Supply Voltage, G = 10

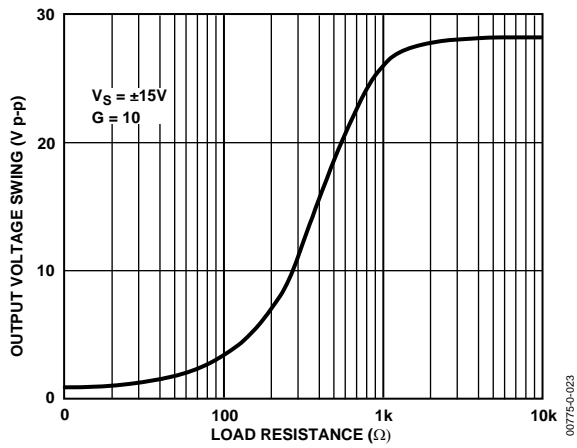


Figure 23. Output Voltage Swing vs. Load Resistance

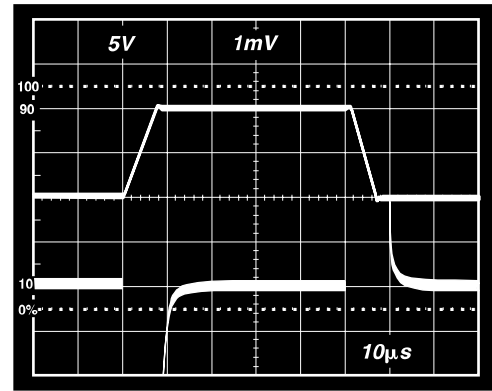


Figure 26. Large Signal Response and Settling Time, $G = 10$ ($0.5 \text{ mV} = 0.01\%$)

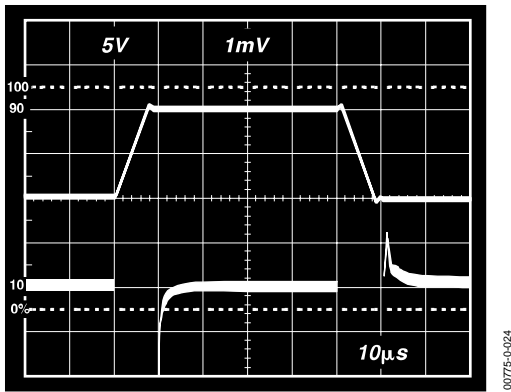


Figure 24. Large Signal Pulse Response and Settling Time $G = 1$ ($0.5 \text{ mV} = 0.01\%$)

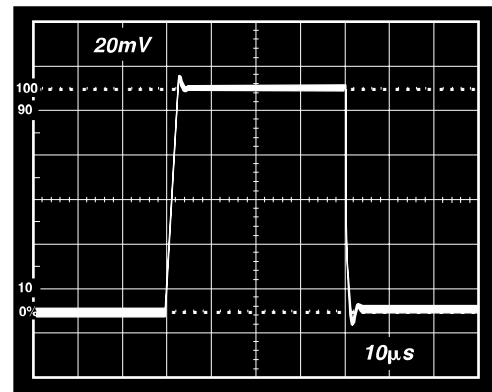


Figure 27. Small Signal Response, $G = 10$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$

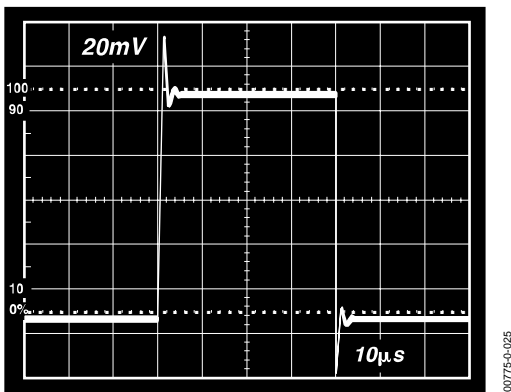


Figure 25. Small Signal Response, $G = 1$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$

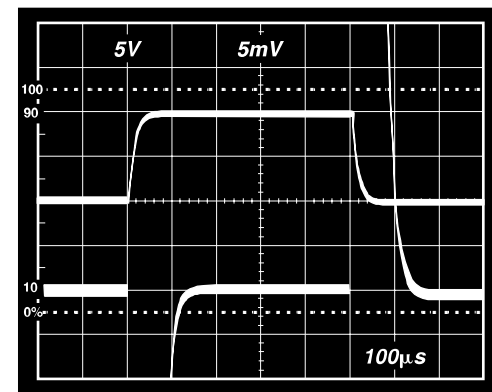


Figure 28. Large Signal Response and Settling Time, $G = 100$ ($0.5 \text{ mV} = 0.01\%$)

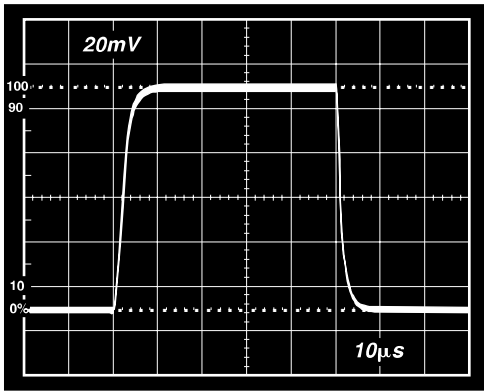


Figure 29. Small Signal Pulse Response, $G = 100$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$

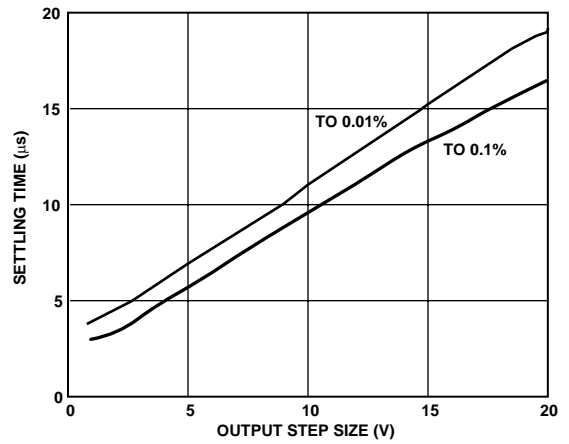


Figure 32. Settling Time vs. Step Size ($G = 1$)

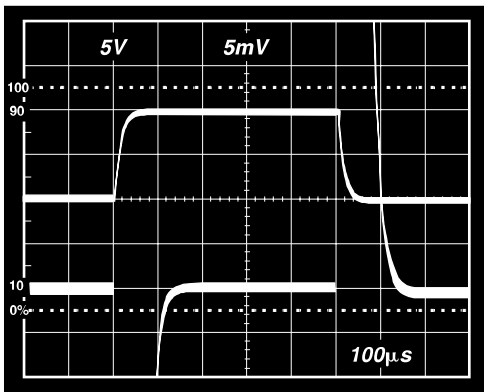


Figure 30. Large Signal Response and Settling Time, $G = 1000$ ($0.5 \text{ mV} = 0.01\%$)

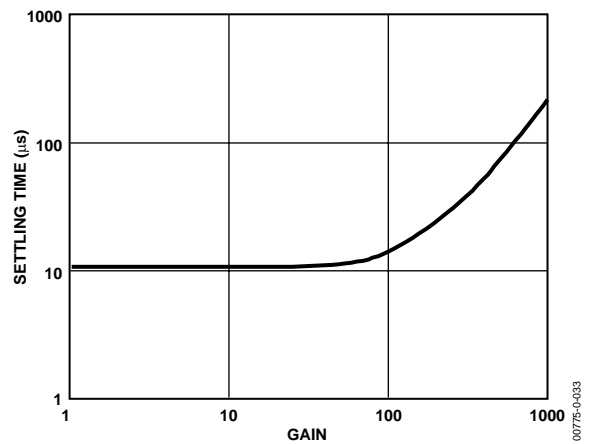


Figure 33. Settling Time to 0.01% vs. Gain, for a 10V Step

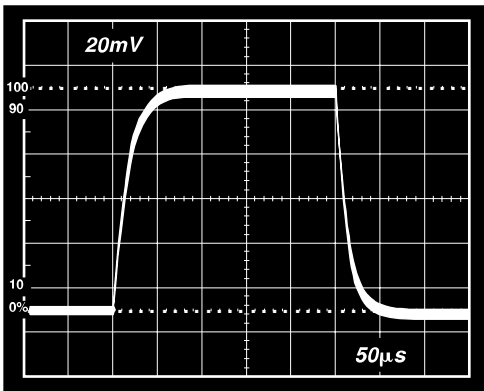


Figure 31. Small Signal Pulse Response, $G = 1000$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 100 \text{ pF}$

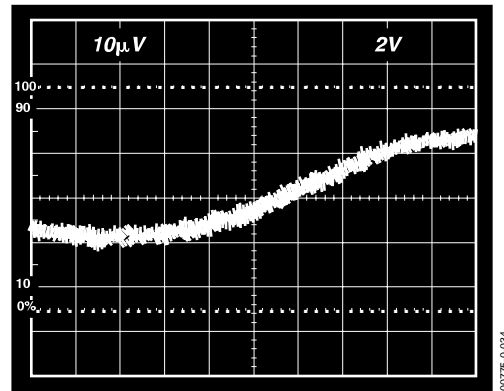
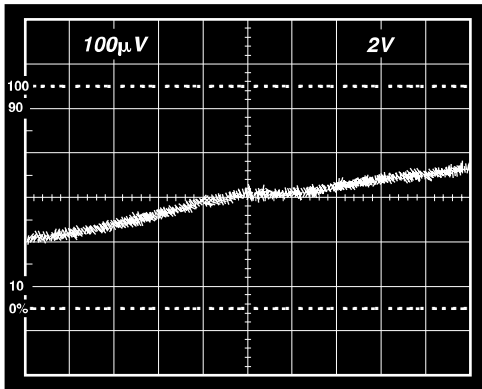


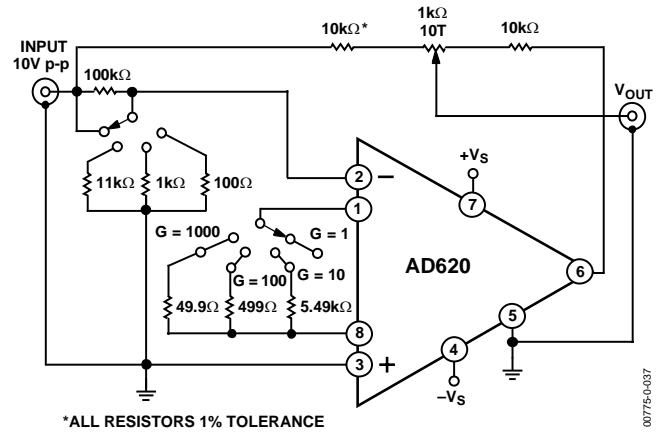
Figure 34. Gain Nonlinearity, $G = 1$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ ($10 \text{ }\mu\text{V} = 1 \text{ ppm}$)

AD620



00775-0-035

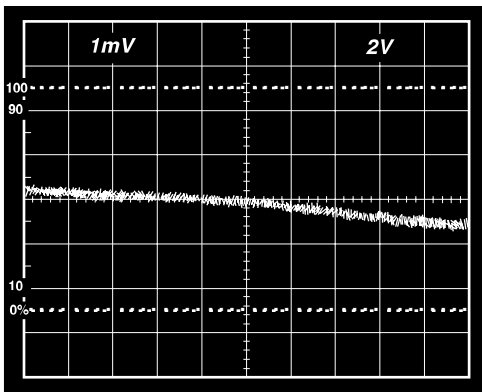
Figure 35. Gain Nonlinearity, $G = 100$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$
($100\ \mu\text{V} = 10\text{ ppm}$)



*ALL RESISTORS 1% TOLERANCE

00775-0-037

Figure 37. Settling Time Test Circuit



00775-0-036

Figure 36. Gain Nonlinearity, $G = 1000$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$
($1\text{ mV} = 100\text{ ppm}$)

THEORY OF OPERATION

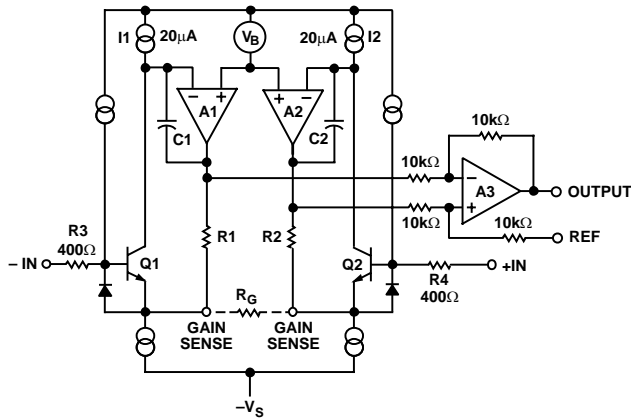


Figure 38. Simplified Schematic of AD620

The AD620 is a monolithic instrumentation amplifier based on a modification of the classic three op amp approach. Absolute value trimming allows the user to program gain *accurately* (to 0.15% at $G = 100$) with only one resistor. Monolithic construction and laser wafer trimming allow the tight matching and tracking of circuit components, thus ensuring the high level of performance inherent in this circuit.

The input transistors Q1 and Q2 provide a single differential-pair bipolar input for high precision (Figure 38), yet offer $10\times$ lower input bias current thanks to Superbeta processing. Feedback through the Q1-A1-R1 loop and the Q2-A2-R2 loop maintains constant collector current of the input devices Q1 and Q2, thereby impressing the input voltage across the external gain setting resistor R_G . This creates a differential gain from the inputs to the A1/A2 outputs given by $G = (R1 + R2)/R_G + 1$. The unity-gain subtractor, A3, removes any common-mode signal, yielding a single-ended output referred to the REF pin potential.

The value of R_G also determines the transconductance of the preamp stage. As R_G is reduced for larger gains, the transconductance increases asymptotically to that of the input transistors. This has three important advantages: (a) Open-loop gain is boosted for increasing programmed gain, thus reducing gain related errors. (b) The gain-bandwidth product (determined by C1 and C2 and the preamp transconductance) increases with programmed gain, thus optimizing frequency response. (c) The input voltage noise is reduced to a value of $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, determined mainly by the collector current and base resistance of the input devices.

The internal gain resistors, R1 and R2, are trimmed to an absolute value of 24.7 kΩ, allowing the gain to be programmed accurately with a single external resistor.

The gain equation is then

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

$$R_G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

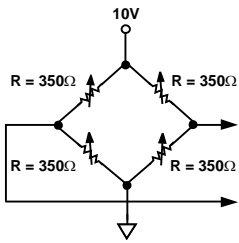
Make vs. Buy: a Typical Bridge Application Error Budget

The AD620 offers improved performance over “homebrew” three op amp IA designs, along with smaller size, fewer components, and $10\times$ lower supply current. In the typical application, shown in Figure 39, a gain of 100 is required to amplify a bridge output of 20 mV full-scale over the industrial temperature range of -40°C to $+85^\circ\text{C}$. Table 3 shows how to calculate the effect various error sources have on circuit accuracy.

AD620

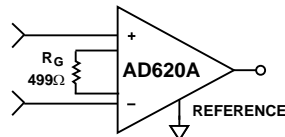
Regardless of the system in which it is being used, the AD620 provides greater accuracy at low power and price. In simple systems, absolute accuracy and drift errors are by far the most significant contributors to error. In more complex systems with an intelligent processor, an autogain/autozero cycle will remove all absolute accuracy and drift errors, leaving only the resolution errors of gain, nonlinearity, and noise, thus allowing full 14-bit accuracy.

Note that for the homebrew circuit, the OP07 specifications for input voltage offset and noise have been multiplied by $\sqrt{2}$. This is because a three op amp type in-amp has two op amps at its inputs, both contributing to the overall input error.



PRECISION BRIDGE TRANSDUCER

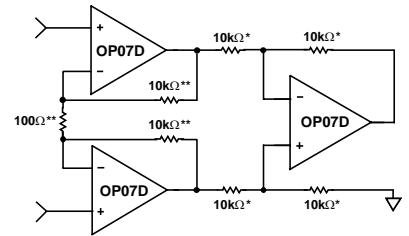
00775-0-039



AD620A MONOLITHIC INSTRUMENTATION AMPLIFIER, G = 100

SUPPLY CURRENT = 1.3mA MAX

00775-0-040



"HOMEBREW" IN-AMP, G = 100
 *0.02% RESISTOR MATCH, 3ppm/°C TRACKING
 **DISCRETE 1% RESISTOR, 100ppm/°C TRACKING
 SUPPLY CURRENT = 15mA MAX

00775-0-041

Figure 39. Make vs. Buy

Table 3. Make vs. Buy Error Budget

Error Source	AD620 Circuit Calculation	"Homebrew" Circuit Calculation	Error, ppm of Full Scale	
			AD620	Homebrew
ABSOLUTE ACCURACY at T_A = 25°C				
Input Offset Voltage, μV	125 $\mu\text{V}/20\text{ mV}$	$(150\ \mu\text{V} \times \sqrt{2})/20\text{ mV}$	6,250	10,607
Output Offset Voltage, μV	1000 $\mu\text{V}/100\text{ mV}/20\text{ mV}$	$((150\ \mu\text{V} \times 2)/100)/20\text{ mV}$	500	150
Input Offset Current, nA	2 nA $\times 350\ \Omega/20\text{ mV}$	$(6\text{ nA} \times 350\ \Omega)/20\text{ mV}$	18	53
CMR, dB	110 dB(3.16 ppm) $\times 5\text{ V}/20\text{ mV}$	$(0.02\% \text{ Match} \times 5\text{ V})/20\text{ mV}/100$	791	500
Total Absolute Error			7,559	11,310
DRIFT TO 85°C				
Gain Drift, ppm/°C	$(50\text{ ppm} + 10\text{ ppm}) \times 60^\circ\text{C}$	100 ppm/°C Track $\times 60^\circ\text{C}$	3,600	6,000
Input Offset Voltage Drift, $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	1 $\mu\text{V}/^\circ\text{C} \times 60^\circ\text{C}/20\text{ mV}$	$(2.5\ \mu\text{V}/^\circ\text{C} \times \sqrt{2} \times 60^\circ\text{C})/20\text{ mV}$	3,000	10,607
Output Offset Voltage Drift, $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	15 $\mu\text{V}/^\circ\text{C} \times 60^\circ\text{C}/100\text{ mV}/20\text{ mV}$	$(2.5\ \mu\text{V}/^\circ\text{C} \times 2 \times 60^\circ\text{C})/100\text{ mV}/20\text{ mV}$	450	150
Total Drift Error			7,050	16,757
RESOLUTION				
Gain Nonlinearity, ppm of Full Scale	40 ppm	40 ppm	40	40
Typ 0.1 Hz to 10 Hz Voltage Noise, $\mu\text{V p-p}$	0.28 $\mu\text{V p-p}/20\text{ mV}$	$(0.38\ \mu\text{V p-p} \times \sqrt{2})/20\text{ mV}$	14	27
Total Resolution Error			54	67
Grand Total Error			14,663	28,134

G = 100, V_s = $\pm 15\text{ V}$.

(All errors are min/max and referred to input.)

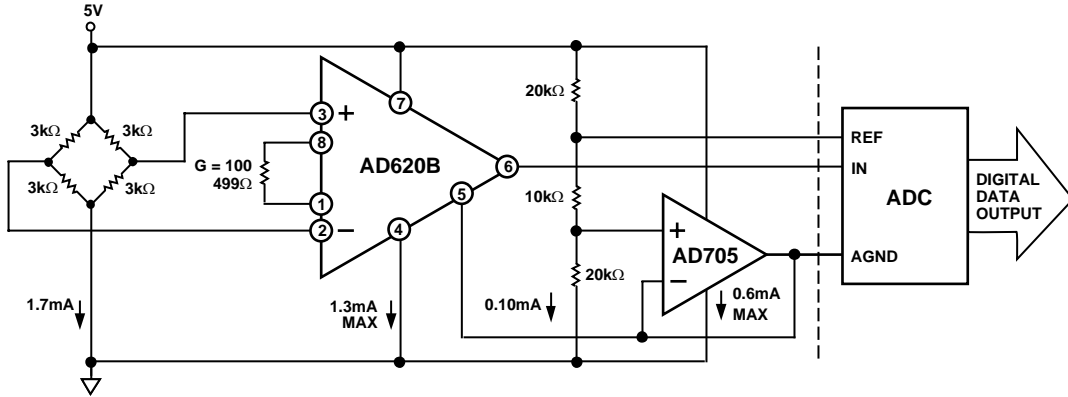


Figure 40. A Pressure Monitor Circuit that Operates on a 5 V Single Supply

00775-0-042

Pressure Measurement

Although useful in many bridge applications, such as weigh scales, the AD620 is especially suitable for higher resistance pressure sensors powered at lower voltages where small size and low power become more significant.

Figure 40 shows a 3 kΩ pressure transducer bridge powered from 5 V. In such a circuit, the bridge consumes only 1.7 mA. Adding the AD620 and a buffered voltage divider allows the signal to be conditioned for only 3.8 mA of total supply current.

Small size and low cost make the AD620 especially attractive for voltage output pressure transducers. Since it delivers low noise and drift, it will also serve applications such as diagnostic noninvasive blood pressure measurement.

Medical ECG

The low current noise of the AD620 allows its use in ECG monitors (Figure 41) where high source resistances of 1 MΩ or higher are not uncommon. The AD620's low power, low supply voltage requirements, and space-saving 8-lead mini-DIP and SOIC package offerings make it an excellent choice for battery-powered data recorders.

Furthermore, the low bias currents and low current noise, coupled with the low voltage noise of the AD620, improve the dynamic range for better performance.

The value of capacitor C1 is chosen to maintain stability of the right leg drive loop. Proper safeguards, such as isolation, must be added to this circuit to protect the patient from possible harm.

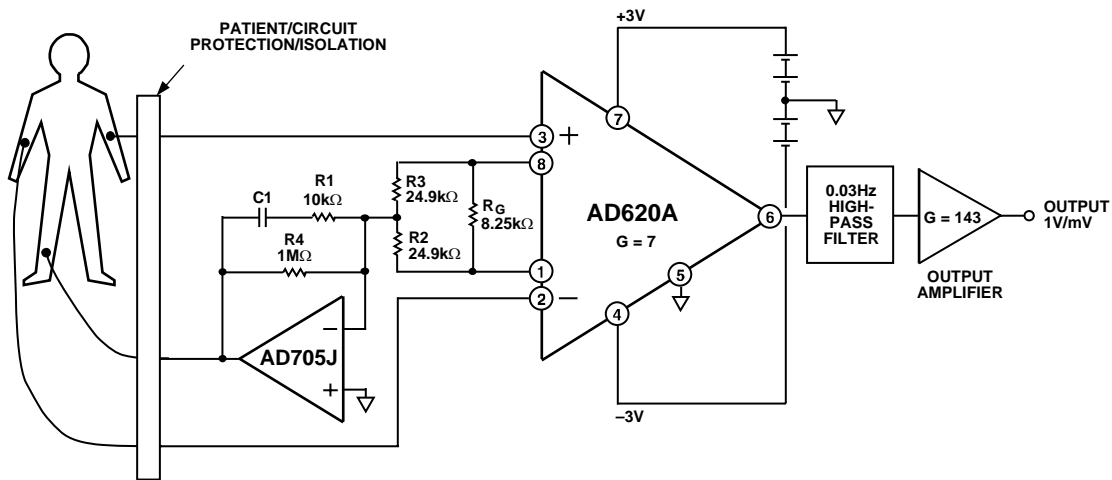


Figure 41. A Medical ECG Monitor Circuit

00775-0-043

AD620

Precision V-I Converter

The AD620, along with another op amp and two resistors, makes a precision current source (Figure 42). The op amp buffers the reference terminal to maintain good CMR. The output voltage, V_x , of the AD620 appears across R_1 , which converts it to a current. This current, less only the input bias current of the op amp, then flows out to the load.

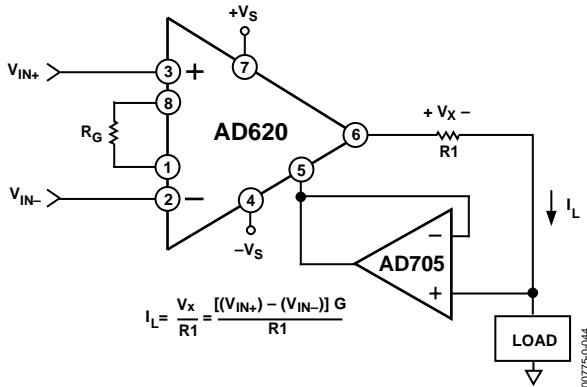


Figure 42. Precision Voltage-to-Current Converter (Operates on 1.8 mA, ± 3 V)

GAIN SELECTION

The AD620's gain is resistor-programmed by R_G , or more precisely, by whatever impedance appears between Pins 1 and 8. The AD620 is designed to offer accurate gains using 0.1% to 1% resistors. Table 4 shows required values of R_G for various gains. Note that for $G = 1$, the R_G pins are unconnected ($R_G = \infty$). For any arbitrary gain, R_G can be calculated by using the formula:

$$R_G = \frac{49.4k\Omega}{G - 1}$$

To minimize gain error, avoid high parasitic resistance in series with R_G ; to minimize gain drift, R_G should have a low TC—less than 10 ppm/ $^{\circ}$ C—for the best performance.

Table 4. Required Values of Gain Resistors

1% Std Table Value of $R_G(\Omega)$	Calculated Gain	0.1% Std Table Value of $R_G(\Omega)$	Calculated Gain
49.9 k	1.990	49.3 k	2.002
12.4 k	4.984	12.4 k	4.984
5.49 k	9.998	5.49 k	9.998
2.61 k	19.93	2.61 k	19.93
1.00 k	50.40	1.01 k	49.91
499	100.0	499	100.0
249	199.4	249	199.4
100	495.0	98.8	501.0
49.9	991.0	49.3	1,003.0

INPUT AND OUTPUT OFFSET VOLTAGE

The low errors of the AD620 are attributed to two sources, input and output errors. The output error is divided by G when referred to the input. In practice, the input errors dominate at high gains, and the output errors dominate at low gains. The total V_{OS} for a given gain is calculated as

$$\text{Total Error RTI} = \text{input error} + (\text{output error}/G)$$

$$\text{Total Error RTO} = (\text{input error} \times G) + \text{output error}$$

REFERENCE TERMINAL

The reference terminal potential defines the zero output voltage and is especially useful when the load does not share a precise ground with the rest of the system. It provides a direct means of injecting a precise offset to the output, with an allowable range of 2 V within the supply voltages. Parasitic resistance should be kept to a minimum for optimum CMR.

INPUT PROTECTION

The AD620 features 400 Ω of series thin film resistance at its inputs and will safely withstand input overloads of up to ± 15 V or ± 60 mA for several hours. This is true for all gains and power on and off, which is particularly important since the signal source and amplifier may be powered separately. For longer time periods, the current should not exceed 6 mA ($I_{IN} \leq V_{IN}/400 \Omega$). For input overloads beyond the supplies, clamping the inputs to the supplies (using a low leakage diode such as an FD333) will reduce the required resistance, yielding lower noise.

RF INTERFERENCE

All instrumentation amplifiers rectify small out of band signals. The disturbance may appear as a small dc voltage offset. High frequency signals can be filtered with a low pass R-C network placed at the input of the instrumentation amplifier. Figure 43 demonstrates such a configuration. The filter limits the input signal according to the following relationship:

$$\text{FilterFreq}_{DIFF} = \frac{1}{2\pi R(2C_D + C_C)}$$

$$\text{FilterFreq}_{CM} = \frac{1}{2\pi R C_C}$$

where $C_D \geq 10C_C$.

C_D affects the difference signal. C_C affects the common-mode signal. Any mismatch in $R \times C_C$ will degrade the AD620's CMRR. To avoid inadvertently reducing CMRR-bandwidth performance, make sure that C_C is at least one magnitude smaller than C_D . The effect of mismatched C_C s is reduced with a larger $C_D:C_C$ ratio.

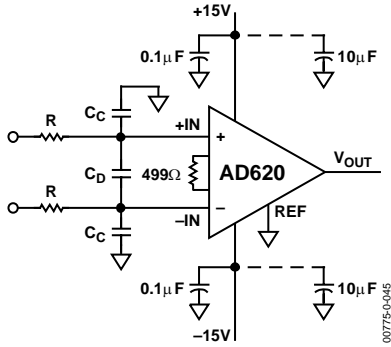


Figure 43. Circuit to Attenuate RF Interference

COMMON-MODE REJECTION

Instrumentation amplifiers, such as the AD620, offer high CMR, which is a measure of the change in output voltage when both inputs are changed by equal amounts. These specifications are usually given for a full-range input voltage change and a specified source imbalance.

For optimal CMR, the reference terminal should be tied to a low impedance point, and differences in capacitance and resistance should be kept to a minimum between the two inputs. In many applications, shielded cables are used to minimize noise; for best CMR over frequency, the shield should be properly driven. Figure 44 and Figure 45 show active data guards that are configured to improve ac common-mode rejections by “bootstrapping” the capacitances of input cable shields, thus minimizing the capacitance mismatch between the inputs.

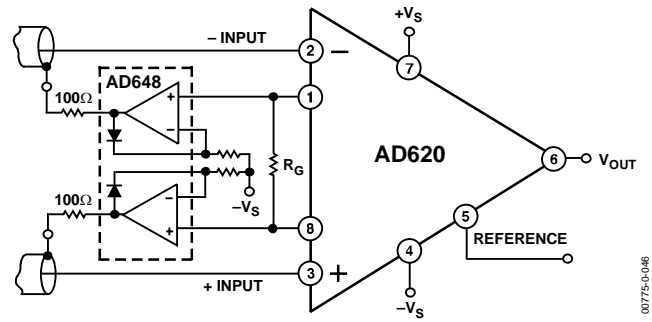


Figure 44. Differential Shield Driver

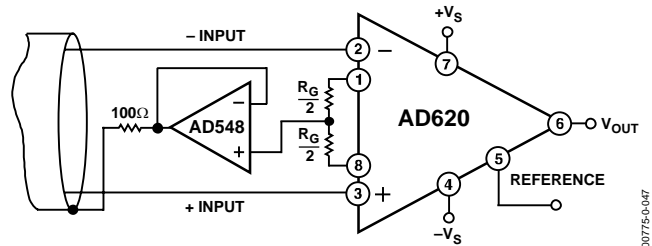


Figure 45. Common-Mode Shield Driver

GROUNDING

Since the AD620 output voltage is developed with respect to the potential on the reference terminal, it can solve many grounding problems by simply tying the REF pin to the appropriate “local ground.”

To isolate low level analog signals from a noisy digital environment, many data-acquisition components have separate analog and digital ground pins (Figure 46). It would be convenient to use a single ground line; however, current through ground wires and PC runs of the circuit card can cause hundreds of millivolts of error. Therefore, separate ground returns should be provided to minimize the current flow from the sensitive points to the system ground. These ground returns must be tied together at some point, usually best at the ADC package shown in Figure 46.

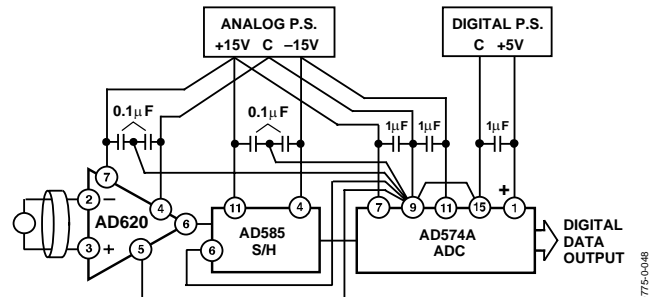


Figure 46. Basic Grounding Practice

AD620

GROUND RETURNS FOR INPUT BIAS CURRENTS

Input bias currents are those currents necessary to bias the input transistors of an amplifier. There must be a direct return path for these currents. Therefore, when amplifying “floating” input sources, such as transformers or ac-coupled sources, there must be a dc path from each input to ground, as shown in Figure 47, Figure 48, and Figure 49. Refer to *A Designer’s Guide to Instrumentation Amplifiers* (free from Analog Devices) for more information regarding in-amp applications.

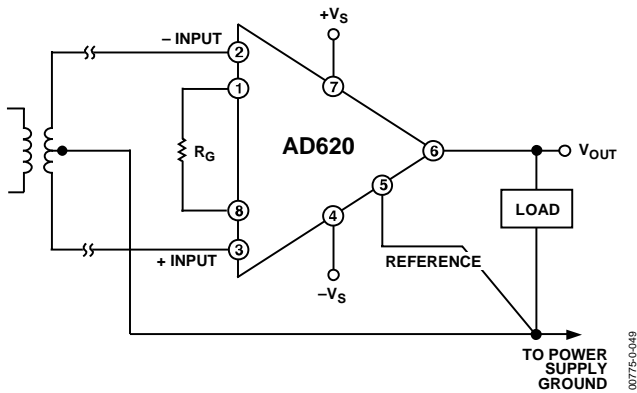


Figure 47. Ground Returns for Bias Currents with Transformer-Coupled Inputs

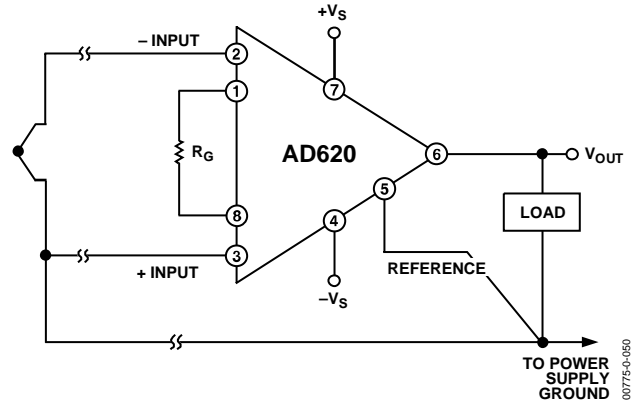


Figure 48. Ground Returns for Bias Currents with Thermocouple Inputs

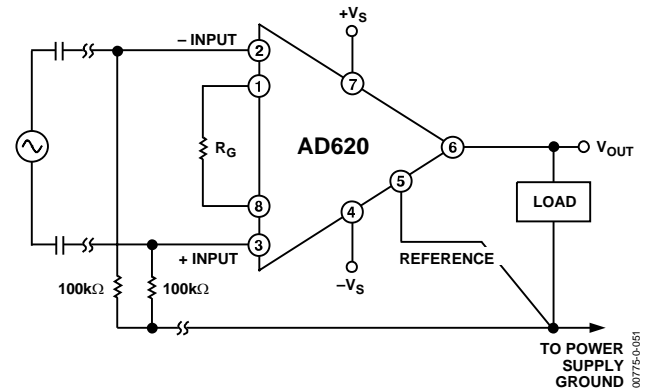
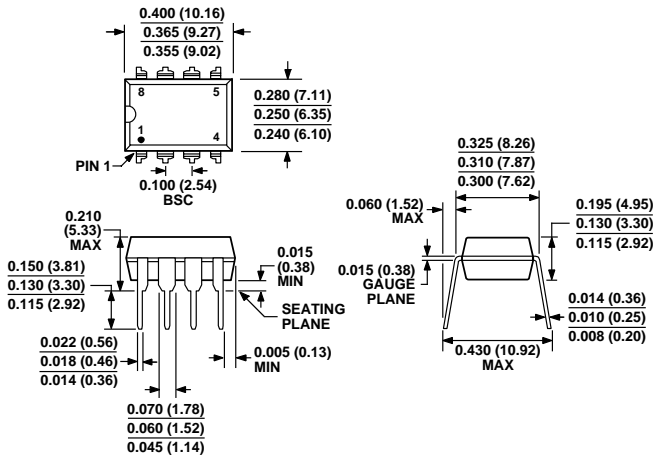


Figure 49. Ground Returns for Bias Currents with AC-Coupled Inputs

OUTLINE DIMENSIONS

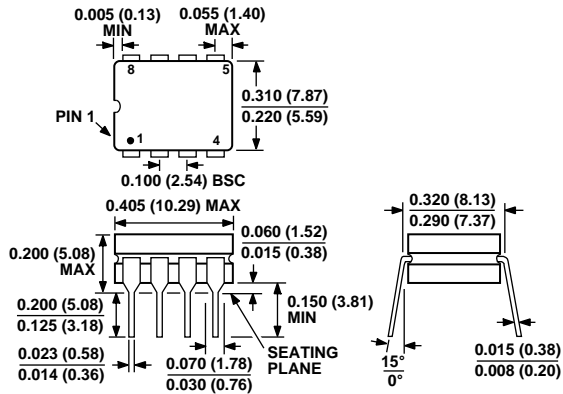


COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-001-BA
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN INCHES; MILLIMETER DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF INCH EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN. CORNER LEADS MAY BE CONFIGURED AS WHOLE OR HALF LEADS.

Figure 50. 8-Lead Plastic Dual In-Line Package [PDIP]

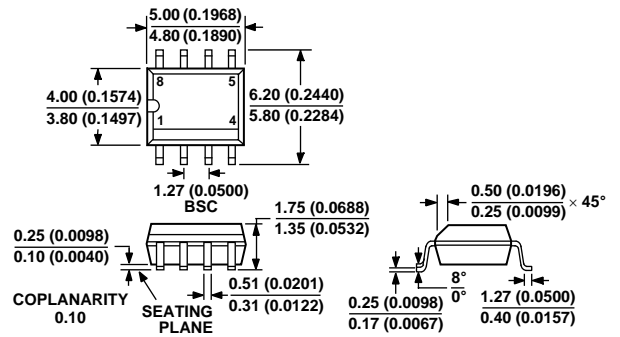
Narrow Body (N-8).

Dimensions shown in inches and (millimeters)



CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN INCHES; MILLIMETER DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF INCH EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN

Figure 51. 8-Lead Ceramic Dual In-Line Package [CERDIP] (Q-8)
 Dimensions shown in inches and (millimeters)



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MS-012AA
 CONTROLLING DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS; INCH DIMENSIONS (IN PARENTHESES) ARE ROUNDED-OFF MILLIMETER EQUIVALENTS FOR REFERENCE ONLY AND ARE NOT APPROPRIATE FOR USE IN DESIGN

Figure 52. 8-Lead Standard Small Outline Package [SOIC]

Narrow Body (R-8)

Dimensions shown in millimeters and (inches)

AD620

ORDERING GUIDE

Model	Temperature Range	Package Option ¹
AD620AN	-40°C to +85°C	N-8
AD620ANZ ²	-40°C to +85°C	N-8
AD620BN	-40°C to +85°C	N-8
AD620BNZ ²	-40°C to +85°C	N-8
AD620AR	-40°C to +85°C	R-8
AD620ARZ ²	-40°C to +85°C	R-8
AD620AR-REEL	-40°C to +85°C	13" REEL
AD620ARZ-REEL ²	-40°C to +85°C	13" REEL
AD620AR-REEL7	-40°C to +85°C	7" REEL
AD620ARZ-REEL7 ²	-40°C to +85°C	7" REEL
AD620BR	-40°C to +85°C	R-8
AD620BRZ ²	-40°C to +85°C	R-8
AD620BR-REEL	-40°C to +85°C	13" REEL
AD620BRZ-RL ²	-40°C to +85°C	13" REEL
AD620BR-REEL7	-40°C to +85°C	7" REEL
AD620BRZ-R7 ²	-40°C to +85°C	7" REEL
AD620ACHIPS	-40°C to +85°C	Die Form
AD620SQ/883B	-55°C to +125°C	Q-8

¹ N = Plastic DIP; Q = CERDIP; R = SOIC.

² Z = Pb-free part.

BJC-250

**USER'S
MANUAL**

Canon

Contents

1 <u>Introduction</u>	1.1
<u>Supplies and Accessories</u>	1.2
<u>BJ Cartridges</u>	1.2
<u>Canon Specialty Papers</u>	1.4
<u>Getting Help From Canon</u>	1.5
<u>Servicing the Printer</u>	1.6
2 <u>Using the Printer With Windows®</u>	2.1
<u>Installing the Printer Driver</u>	2.1
<u>Printing a Document</u>	2.2
<u>Printer Setup Within Windows 95</u>	2.3
<u>Opening the Printer Properties Dialog Box in Windows 95</u>	2.3
<u>Using the Printer Driver in Windows 95</u>	2.3
<u>Printer Setup Within Windows 3.1</u>	2.4
<u>Accessing The Printer Options</u>	2.4
<u>The Windows Tabs</u>	2.5
<u>Specifying Your Printer Options</u>	2.8
<u>Recommended Graphics Settings</u>	2.8
<u>Using the Setup Analyzer</u>	2.9
<u>Using Cartridge Detection</u>	2.10
<u>Printing Speed Verses Color</u>	2.11
<u>For Quick Color Printing</u>	2.11
<u>For High Quality Color Printing</u>	2.11
<u>For Monochrome Printing</u>	2.11
<u>Other Ways to Improve Print Speed in Windows</u>	2.12
3 <u>Paper Handling</u>	3.1
<u>Selecting Paper Types</u>	3.2
<u>Paper Guidelines</u>	3.4
<u>Setting the Paper Thickness Lever</u>	3.5
<u>Printer Settings for Various Print Media</u>	3.6
<u>Loading Paper</u>	3.7
<u>Automatically Feeding Paper</u>	3.7
<u>Manually Feeding Paper</u>	3.12
<u>Printing Envelopes</u>	3.14
<u>Using Canon's Specialty Papers</u>	3.17
<u>Specialty Paper Guidelines</u>	3.17
<u>High Resolution Paper HR-101</u>	3.19

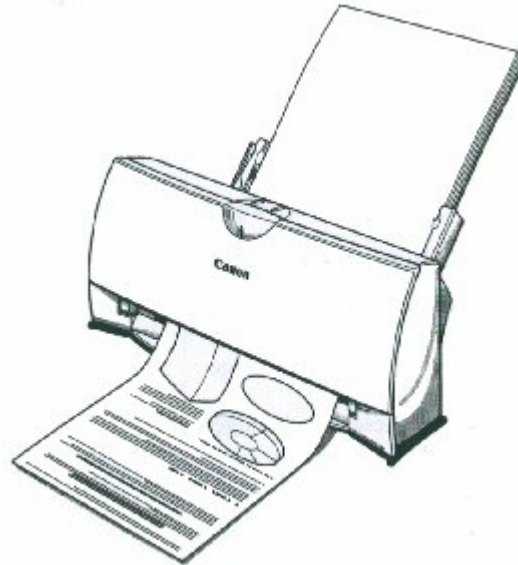
Fabric Sheets FS-101	3.21
Printing on Banner Paper	3.23
4 Maintaining the Printer	4.1
Printer Guidelines	4.2
Cleaning the Printer	4.3
Printing the Test Pages	4.4
Printing the Test Page from Windows	4.5
Printing the Test Pages Using the Operator Panel	4.6
Cleaning the Print Head	4.6
Cleaning the Print Head from Windows	4.6
Cleaning the Print Head Using the Operators Panel	4.7
BJ Cartridge Guidelines	4.8
BJ Cartridge Maintenance	4.9
Replacing the BJ Cartridge	4.10
Storing a BJ Cartridge	4.15
Transporting the Printer	4.17
5 Troubleshooting	5.1
Identifying Your Printer Problem	5.1
General Problems	5.2
Clearing Paper Jams	5.3
Technical Notes	5.4
Appendix A Specifications	A-1
Glossary	G-1
Index	I-1
FCC Regulations	FCC-1

Introduction



Congratulations on your purchase of the Canon BJC-250 Series Color Bubble Jet® Printer. We appreciate your choosing this printer to meet your printing needs.

The BJC-250 Series printers offer excellent print quality and fast print speed using both color and black inks. We are certain you will be satisfied with this advanced Bubble Jet technology.



This Chapter:

- Lists the supplies and accessories you can purchase for the printer

- Describes Canon's customer support services

Supplies and Accessories

Your BJC-250 Series printer supports excellent and unique print media options that will allow you to produce dazzling, professional, and fun presentations. All of these print media are specially designed and manufactured to work with your Canon color printer so you can produce the finest output possible.



Canon has an extensive dealer network equipped to offer you supplies as you need them. To find a dealer near you, call the Canon Referral Service at 1-800-848-4123.

If supplies are not available from your local dealer, you can order directly from Canon by calling 1-800-671-1090

BJ Cartridges

You can use the following Canon BJ cartridges with the BJC-250 Series printers:

- BC-05 Color BJ Cartridge
- BC-02 Black BJ Cartridge
- BC-06 Photo BJ Cartridge
- BC-09F Neon BJ Cartridge

Note that all these BJ cartridges contain both the Bubble Jet print head unit and ink.



Canon has more engineers dedicated to creating quality ink for providing the best results for output on Bubble Jet printers than any other organization. Canon does not prohibit the use of third-party inks and the use of third-party inks does not invalidate the product's limited warranty. However, Canon cannot guarantee the quality or performance of your printer when you are using inks from other suppliers.

Canon's limited warranty does not cover damage caused to Canon's Bubble Jet products that is attributable to the use of third party parts or supplies, including inks. The limited warranty remains in effect for its life once that

particular damage has been properly repaired.

For optimum printing results, Canon recommend that you use only Canon BJ cartridges

You can also purchase the optional Canon Photo Kit BC-06, which includes everything you need to produce photo-realistic images:

- BC-06 Photo BJ Cartridge
- SB-05 Ink Cartridge Storage Box
- Canon High Resolution Paper HR-101 (60 sheets)

*See Chapter 4, *Maintaining the Printer*, for details on the BJ cartridges.*

Canon Specialty Papers

Canon manufactures numerous specialty papers, including:

- Glossy Photo Paper GP-201
- Banner Paper
- High Resolution Paper HR-101
- T-Shirt Transfers TR-101
- Greeting Cards GC-101
- Bubble Jet Paper LC-301 (water resistant)
- Fabric Sheets FS-101
- CF-102 Transparencies
- Back Print Film BF-102
- High Gloss Film HG-101

See Chapter 3, *Paper Handling*, for details on Canon's Specialty Papers.

Getting Help From Canon

Canon Computer Systems, Inc. offers a full range of customer technical support options including*:

- 24-hour, 7-day-a-week, toll free automated support for troubleshooting issues on most current products (1-800-423-2366)
- Speak to a technician free of service charge (currently Monday through Friday, 8:00 a.m. to 10:00 p.m. EST and Saturday, 12:00 p.m. to 6:00 p.m. EST, excluding holidays)for products still under warranty** (1-757-413-2848)
- Speak to a technician (currently \$24.99) during holidays and days/hours not listed above regarding urgent product questions or for products no longer under warranty (1-800-423-2366)
- E-mail support via the Canon Computer Systems, Inc. Web site (www.ccsi.canon.com)
- 24-hour, toll-free Fax Retrieval System (1-800-526-4345)
- 24-hour Bulletin Board Service (1-757-420-2000)

*Support program specifies subject to change without notice.

**Refer to individual product information for warranty details.



Canon Canada

Customer support for Canadian residents is available 24 hours a day (seven days a week) at 1-800-263-1121

In other countries contact your Canon Dealer.

Servicing the Printer

The Canon BJC-250 Series Color Bubble Jet Printers are designed with the latest technology to provide trouble-free operation. The warranty card that comes with the printer describes Canon's one year limited warranty for your Bubble Jet printer. Be sure to read the warranty information to find out about the different service options available to you.



Note

Save your sales receipt for proof of purchase. In the event that your printer needs service, you will need your proof of purchase to obtain warranty service.

If you feel your BJC-250 Series Color Bubble Jet Printer needs servicing, you can contact Canon on the World Wide Web to locate the Canon Authorized Service facility (ASF) nearest you. If you do not have access to the Web, you can call Canon (see page 1-5)

Using the Printer With Windows



This Chapter describes how to use the printer with your windows applications. It includes:

- Installing a printer driver
- Printing a document
- Printer setup within Windows 95
- Printer setup within Windows 3.1
- The Windows tabs
- Printing speed versus color

Installing a Printer Driver

Before you can use any type of printer with your computer, you must install a printer driver. The printer driver tells the computer what kind of printer you are using. The printer driver also controls the various settings, such as print quality and paper type. You define these settings within the printer driver, and the printer driver then communicates the settings to both the computer and the printer.



You must install the BJC-250 Printer Driver for windows before you can use the printer with your computer. See your *Quick Start Guide* for instructions.

Printing a Document

This product describes the general steps required for printing from various Windows applications. The exact steps for printing a document may vary depending on the application program you are using. Refer to your software application's documentation for the exact printing procedure.

1

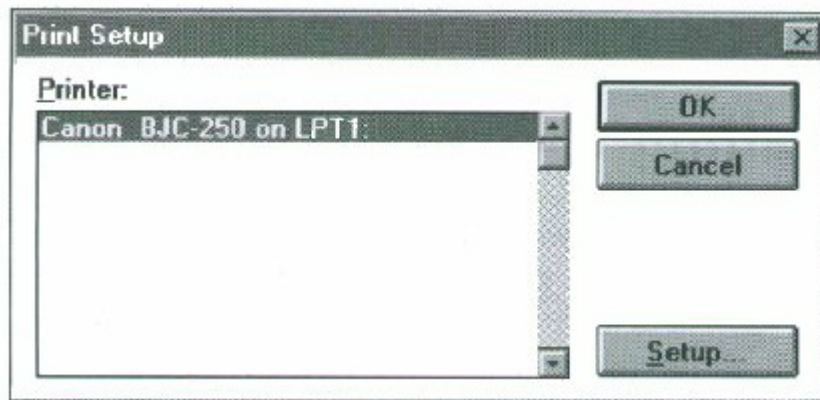
Start your application.

- Start the program you are using to create the document, and open the document you want to print.

2

Make sure the Canon BJC-250 is selected as your default printer.

- Choose Print Setup from the File menu.



Click on the **Setup** button if you want to make any adjustments as appropriate for printing your document. (See *Print Setup Within Windows 95* or *Printer Setup Within Windows 3.1* for details.)

Select **OK** to close the Print Setup dialog box.

3

Choose Print
from the File
menu.

- After making any necessary changes to the printing parameters, select **OK** to start the print job.

Printer Setup Within Windows 95

You can use the printer with all your Windows 95 applications

Opening the Printer Properties Dialog Box in Windows 95

You can open the Properties dialog box in one of the following ways:

- From within any Windows application, you can select the Print or Print Setup command.
- From the Printers folder, you can select the printer and then select the Properties command from the File menu.
- From the Printers folder, you can select the printer, click the right mouse button, and then select Properties from the drop down list.

Using the Printer Driver in Windows 95

The printing options are displayed on the following Windows 95 tabs: General, Details, Paper, Graphics, Setting, and Control. See The Windows Tabs section (page 2-5) for details.



For detailed information on any of the printing options, you can use Windows 95 on-line Help.

- Use the right mouse button to click an item on the screen; then click the **What's This?** command.
- Click **?** and then click an item.
- Press **F1**

Printer Setup Within Windows 3.1

You can use your printer with all your Windows 3.1 applications.

Accessing the Printer Options

You can access the printing options from the Printers dialog box in the Control Panel, or you can select the Print Setup option available from the File menu of most applications that run in Windows.



If the Print Setup option does not appear in the file menu for your application, refer to the user's manual supplied with the application. It should provide information about changing the printer setup parameters.

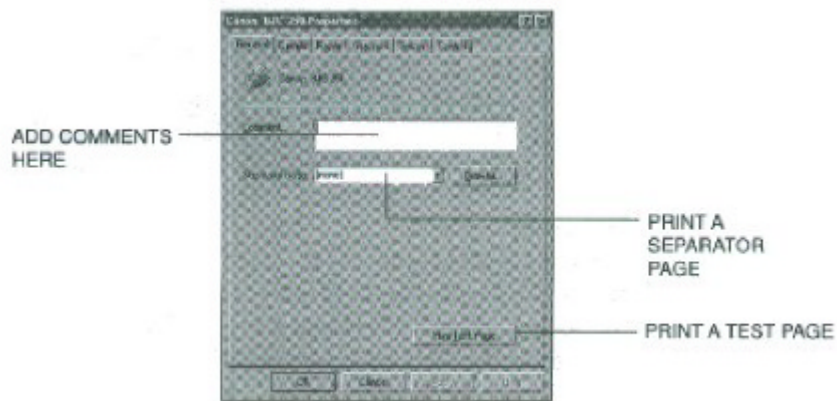
In Windows 3.1, the printing options are displayed on these tabs: Paper, Graphics, Setting, and Control. See the next section, *The Windows Tabs*, for details.

The Windows Tabs

The BJ Series Printer Driver for Windows has several tabs from which you select your printing options and learn about your printer drivers well as your printer.

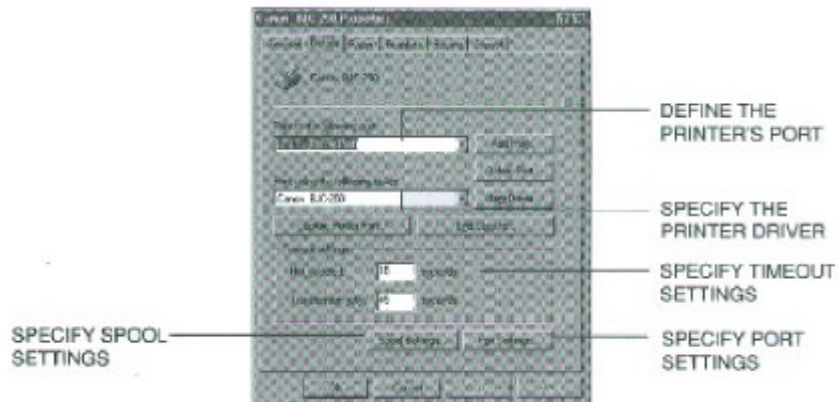
- General (Windows 95 only)

This tab allows you to add comments regarding the printer driver and print test page or a separator page. (You see this tab when you open the Properties dialog box from the Printers folder, but not from within a Windows application.)

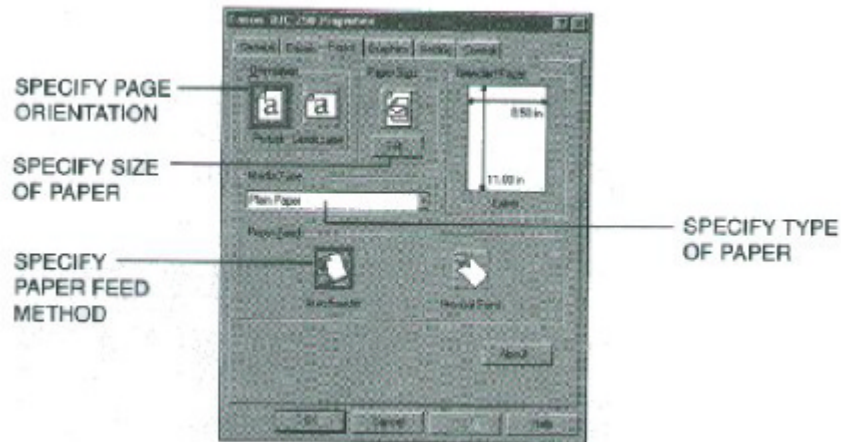


- Details (Windows 95 only)

This tab allows you to specify printer port settings, spool settings, and time-out settings. (You see this tab when you open the properties dialog box from the Printers folder, but not from within a Windows application.)

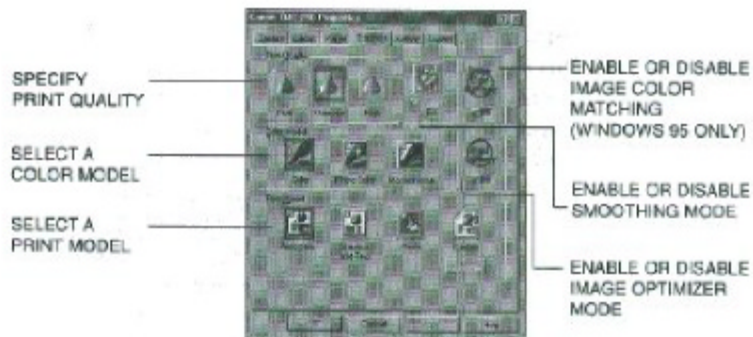


This tab allows you to specify page orientation, paper size, and type of print media. (The printing options on this tab are the same for both Windows 95 and Windows 3.1.)



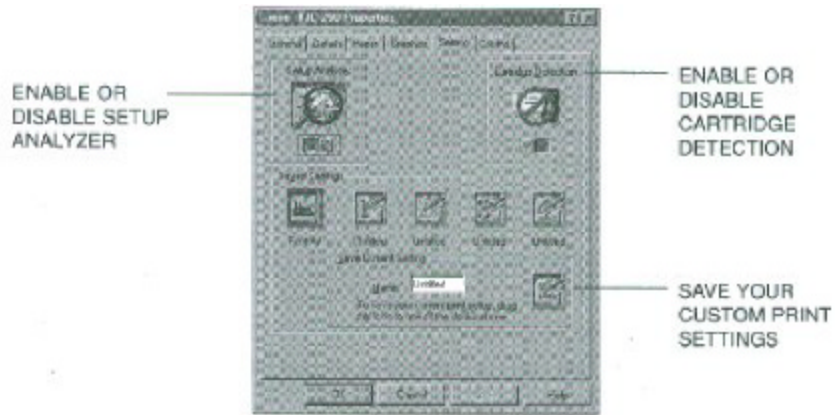
○ **Graphics**

This tab allows you to specify print quality, color model, and print model. (The printing options on this tab are the same for both Windows 95 and Windows 3.1. However, the Image Color Matching feature is available in Windows 95 only.)



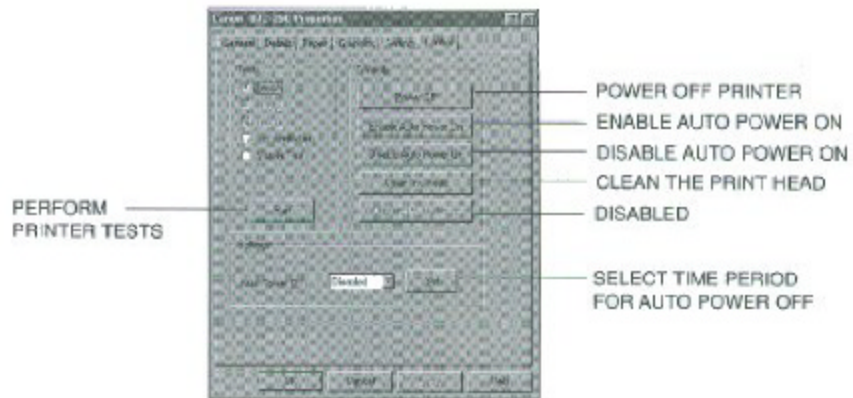
○ **Setting**

This tab allows you to turn on or off the Setup Analyzer and Cartridge Detection. It also allows you to save up to four custom print settings. (The printing options on this tab are the same for both Windows 95 and Windows 3.1.)



○ Control

This tab allows you to print test pages, turn off the printer, enable or disable the auto power on feature, and clean the print head. It also allows you to turn off the printer after a certain period of inactivity. (The printing options on this tab are the same for both Windows 95 and Windows 3.1.)



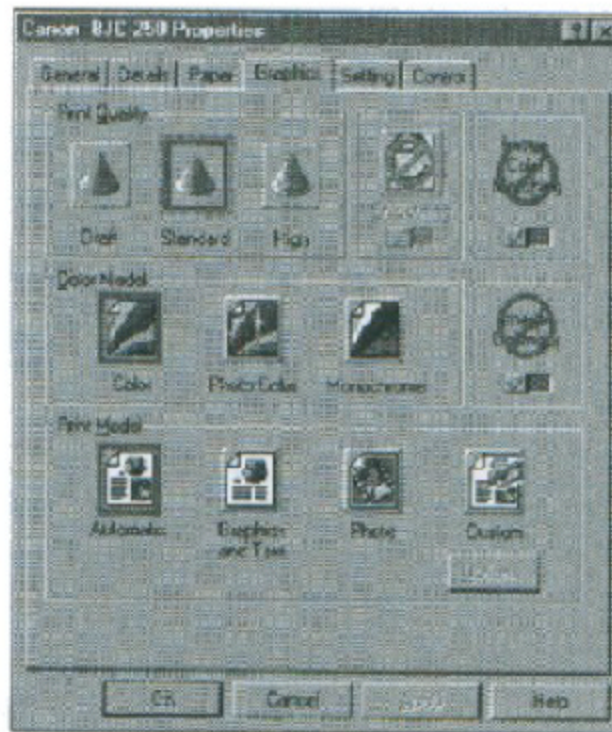
Specifying Your Printer Options

Be sure to use your on-line help to find out about the settings available for each printing options.

- To move between the Windows tabs, click on any of the tabs.
- To save the settings and exit, click the **OK** button.
- To cancel your settings selections on a tab, click the **Cancel** button.
- To save your settings without exiting, Click the **Apply** button.
- To access the Help file, click on the **Help** button.
- When you move the mouse cursor over one of the printing options, a help message appears at the bottom of the tab.

Recommended Graphics Settings

You can select the following printing options from the graphics tab to achieve the specified results.



Driver settings

To achieve	Print Quality	Color Model	Results
Fastest B&W output possible	Draft 180 × 180 dpi	Monochrome	Uses less ink. Output quality is draft.
Fast letter quality output	Standard 360 × 360 dpi	Monochrome	Slightly slower than draft. Quality is standard.
Fast B&W photograph and graphic output	Standard and Smoothing 360 × 360 dpi	Monochrome	Slower than B&W but better grayscale quality.
High quality photograph and graphic output	High and Smoothing 720 × 360 dpi	Monochrome	Slower than Standard but optimizes B&W grayscale quality. (Requires BC-02 Black BJ Cartridge.)
Fast color output	Draft 180 × 180 dpi	Color	Uses less ink. Output quality is draft.
Color output	Standard 360 × 360 dpi	Color	Fast color printing but quality is not optimized.
High quality color output	High 360 × 360 dpi	Color	Optimizes color print quality but the print speed is slower.
Photo-realistic color printing	— 360 × 360 dpi	Photo Color	Produces unsurpassed photo-realistic color printing. (Requires BC-06 Photo BJ Cartridge and High Resolution Paper HR-101 or Glossy Photo Paper GP-201.)

Using the Setup Analyzer

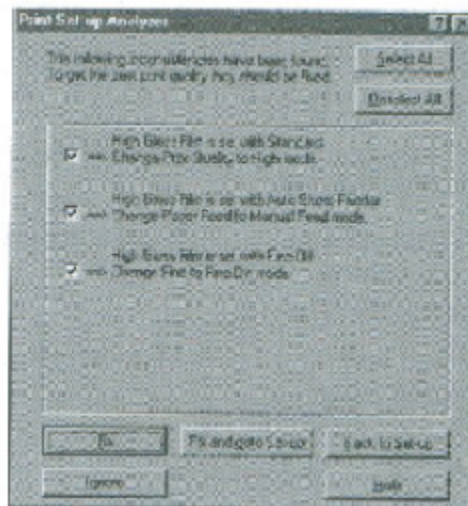
The Setup Analyzer allows the printer driver to evaluate your choice of choice of printing settings. On the Setting tab, click on the green check to enable the Setup Analyzer. Click on the red Ø symbol to disable it.



When you exit the printer driver and accept your printing settings by clicking the **OK** button, the Setup Analyzer (if enabled) checks to see if any of your settings are contrary to the recommended settings.

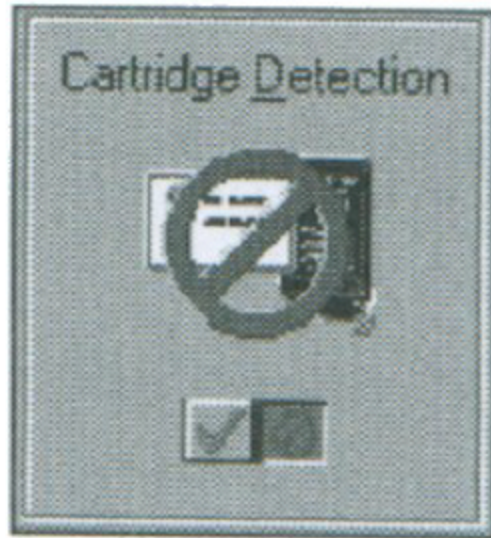
If there are no inconsistencies, a dialog box similar to this appears.

The inconsistencies appear with check boxes. You can use the dialog box buttons to select or deselect the inconsistencies, and/or fix or ignore the inconsistencies.



Using Cartridge Detection

Use Cartridge Detection if you want the driver to alert you when the installed BJ cartridge is not the correct choice to use with your Color Model setting. To enable Cartridge Detection, which is located on the Setting tab, click the green check. Click on the red Ø symbol to disable it.



If cartridge Detection cannot detect the cartridge type, it advises you to check that you printer is on-line and that the cables are secure.

If you choose the monochrome Color Model and you have a BC-05 Color BJ Cartridge installed, you'll see:

Performance Tip!

You now have a color cartridge installed in your printer. For faster printing speed, change the color cartridge to the monochrome cartridge.

Printing Speed Versus Color

The BJC-250 Printer Driver for Windows can interpret and translate the full spectrum of colors, up to 16.7 million colors. When printing in color, there is a significant increase in the amount of information that the driver has to interpret and translate. When printing with black ink only, the driver has only one color to interpret. By decreasing the amount of colors that the printer driver has to interpret, you can significantly decrease the time needed to translate the information. This will speed up the overall printing process.

For Quick Color Printing

In the BJC-250 Printer Driver for Windows, choose the following settings. These selections allow the printer driver to interpret and translate 256 colors, which will increase your printing speed. However, your print quality will not be optimized.

- Media type---Plain Paper
- Print Quality---Standard
- Color Model---Color
- Print Model---Custom
- Color Selection---Fast Color

For High Quality Color Printing

Select the settings shown below to allow the printer driver to interpret and translate up to 16.7 million colors. Keep in mind that your print speed will be slower than with other setting combinations

- Print Quality---High
- Color Model---Color
- Print Model---Automatic

For Monochrome Printing

Use the optional BC-02 Black BJ Cartridge to optimize the printer's performance when you are printing black text and graphics only.

In the BJC-250 Printer Driver for Windows, choose the following settings to tell your printer to print using black ink only.

- Media Type---Plain Paper
- Print Quality--- Standard; Smoothing is off
- Color Model---Monochrome
- Print Model---Automatic

Other Ways to Improve Print Speed in Windows

To improve print speed, you can try the following:

- **Turn off the Print Manager in the Windows Control Panel (Windows 3.1 only).**

This avoids the extra step of sending the print file to the Print Manager and may increase your printing speed by as much as 25%, depending on the computer you are using.

- **Add a permanent swap file in Windows 3.1.**

Under the 386 Enhanced icon in the Windows Control Panel, add or create a permanent swap file that is from 4 MB to 9 MB. The computer will be able to prepare the print file faster. See your Windows documentation for instructions.

- **Avoid diffusion halftones.**

In the Custom Settings dialog box, choose Diffusion only when printing final output or photographic images. Choosing a Halftone setting of Fine allows the documents to print as much as 20% faster because the computer does not need to compute to "best possible position" for each dot.

- **Avoid screen matched color.**

In the Custom Settings dialog box, avoid Match as the Color Adjustment setting. The screen matching feature takes longer to process in the computer because it requires special information.

- **Avoid automatic settings.**

Although the automatic settings are easy to use, the computer must interpret the printed page. This takes more time than if you select each setting.

- **Free up your memory.**

Use only one software program at a time and unload any screen saving utilities or programs stored in Windows background; this frees up more memory for Windows processing.

- **Use Monochrome when possible.**

If you will be printing text in black only, choose a Color Selection of Black and White rather than Grayscale. Print draft documents in Monochrome rather than Color, or use Draft print quality when printing in color.

- **Limit the number of colors on each page.**

The computer will need to calculate and transmit fewer dots. Too many colors can make the image confusing and less effective as well as cause the print speed to slow down.

- **Use primary colors when printing presentation graphics.**

Use Black, cyan, yellow, magenta, blue, green, and red when possible. The computer will need to calculate and transfer less dot information.

- **Use the Draft print quality.**

The printer will need to image fewer dots.

- **Use Plain Paper as Media Type.**

The print head will make only one pass for each printed line.

- **Use smaller graphics and more white space in your documents.**

The computer will be able to prepare the print file faster.

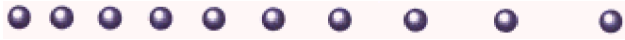
- **Add RAM to your computer.**

The computer will be able to prepare the print file faster.

- **Use a computer with a faster processor.**

The computer will be able to prepare the print file faster.

Paper Handling



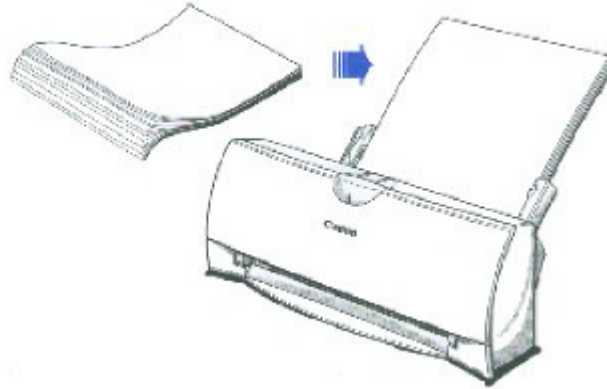
This chapter describes how to use the printer for all your printing operations. It includes:

- Selecting paper types
- Setting the paper thickness lever
- Summary of printer settings for various print media
- Automatically loading paper
- Manually feeding paper
- Printing on envelopes
- Using Canon's Specialty Papers

To ensure the best performance of your printer, you'll want to select the best paper and load it correctly. You can stack paper in the sheet feeder to load it automatically, or you can manually feed one sheet at a time.

Selecting Paper Types

One of the most important things you can do to assure the best possible performance of your Bubble Jet printer is to select the correct paper. Your printer produces letter quality print on most plain paper bond papers, including cotton bond and photocopying papers; it does not require special ink jet papers. However, the print quality varies with different paper types. Be sure to test a type of paper before you purchase a large quantity.



Plain Paper

The printer supports paper sizes of letter, legal, and A4 in portrait orientation. You can use regular copier paper, cotton bond papers, and typical letterhead. Always use paper without curls, folds, staples, or damaged edges.

Glossy Photo Paper

Canon Glossy Photo Paper GP-201 is a high gloss, thicker paper that produces the look and feel of a photograph and provides excellent color print quality. Use this paper with the BC-06 Photo BJ Cartridge to produce photo-realistic prints from your printer. Be sure to print on the glossy side. (In your print driver, select Glossy Paper when you have Glossy Photo Paper loaded.)

250 Chapter 3 Page 2

Banner Paper

Canon's Banner Paper is specifically designed for printing one continuous sheet in a banner format. The connected sheets are divided by perforation. you can print from two to six sheets at one time.

High Resolution Paper

The Canon High Resolution Paper HR-101 is designed to produce photo-realistic quality output with sharp and vivid graphics. For best results, use the optional BC-06 Photo BJ Cartridge to produce images comparable to your favorite photographs.

T-Shirt Transfers

Use Canon's popular T-Shirt Transfers TR-101 to create and personalize T-shirts,

Use Canon's popular T-Shirt Transfers TR-101 to create and personalize T-shirts, sweatshirts, aprons, tablecloths, napkins, tote bags, and anything else your imagination allows! Use on any cotton or cotton/ poly blend fabric. Your image is printed in mirror image (when you use T-Shirt Transfer mode through the BJC-250 Printer Driver for Windows) so when you iron it onto the t-shirt the image is viewed correctly.

Greeting Cards

Get the most out of your Canon Creative or other card making software with Canon Greeting Cards GC-101. These cards give your unique, personalized cards the look and feel of professional cards. You can create cards, invitations, announcements, and more.

Bubble Jet Paper (water resistant)

The Canon Bubble Jet Paper LC-301 has been developed for high quality printing with minimal or no smearing or running when in contact with water or damp surfaces, making a good choice for damp or rainy environments. The paper is specially created and printable on both sides. (In your printer driver, select Plain Paper when you load this paper.)

Fabric Sheets

Use Fabric Sheets FS-101 for Canon Bubble Jet printers to print banners, pillow covers, scarves, flags, and other textile items. Use these sheets for appliqués and other craft and sewing projects. Fabric sheets are 9.5" x 14".

Transparencies

CF-102 Transparencies from Canon are recommended. These transparencies produce excellent contrast, sharpness, and color.

Back Print Film

Canon Back Print Film BF-102 has been specially developed for Canon Color Bubble Jet printers. The film is designed to deliver brilliant, high-intensity color images suitable for business presentations, design work, or professional reports. Back Print Film is printed on the back (non-glossy) side of the film in mirror image and then viewed from the front or glossy side using a backlighting device. For more details, ask a Canon Authorized Dealer for information or refer to the manual supplied with the film.

High Gloss Film

The Canon High Gloss Film HG-101 features a bright white finish that lends striking visual power to charts, graphs, and photographic images. Use this film to make your presentation materials and graphics look professional.



If you are printing in an application outside Windows, your software application or printer driver must support mirror image printing in order to use Back Print Film or T-Shirt Transfers

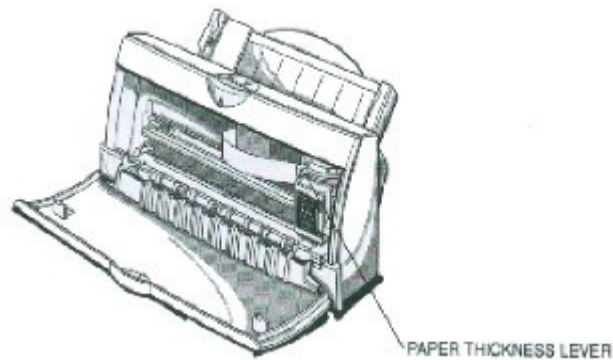
Paper Guidelines

When selecting or loading paper, please remember the following:




- Attempting to print on damp, curled, wrinkled, or torn paper can cause paper jams and poor print quality.
- Use cut-sheet paper only. You can use multipart paper.
- When using graph paper, the lines may not match because the 1/6 inch line spacing of the printer is slightly less than that of graph paper.
- If the print density of your page is very high, light paper stock may curl slightly due to the large amount of ink. If you need to print dense graphics, try printing on heavier stock.
- Do not use thicker paper than meets the specifications for this printer. Printing with a paper that is thick enough to come in contact with the print head nozzles may damage the BJ Cartridge.

Setting the Paper Thickness Lever

To ensure trouble-free paper handling, you'll want to set the paper thickness lever before loading paper.



Set the lever according to the thickness of the paper you are using:

<p><input type="radio"/> Left</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Plain Paper▪ High Resolution Paper▪ Bubble Jet Paper▪ Transparencies▪ Back Print Film▪ High Gloss Film	 A circular inset diagram showing a close-up of the paper thickness lever. A blue arrow points to the left, indicating the lever is set to the left position.
<p><input type="radio"/> Right</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Glossy Photo Paper▪ Banner Paper▪ T-Shirt Transfers▪ Greeting Cards▪ Fabric Sheets▪ Other heavier-weight print media▪ Envelopes	 A circular inset diagram showing a close-up of the paper thickness lever. A blue arrow points to the right, indicating the lever is set to the right position.
 <p>Note</p>	<p>Be sure to check this lever before and after printing on heavier-weight print media or envelopes.</p>

Printer Setting for Various Print Media

Media	Paper thickness lever	Paper feed	
		Method	Limit (Sheets)
Plain paper	Left	Auto	Approx. 100 (0.4" stack)
Glossy Photo Paper GP-201	Right	Auto or Manual	1
Banner Paper	Right	Auto	1
High Resolution Paper HR-101	Left	Auto	Approx. 80 (0.4" stack)
T-Shirt Transfers TR-101	Right	Auto or Manual	1
Greeting Cards GC-101	Right	Manual	1
Bubble Jet Paper LC-301	Left	Auto	Approx. 100 (0.4" stack)
Fabric Sheet FS-101	Right	Auto or Manual	1
CF-102 Transparencies	Left	Auto	50
Back Print Film BF-102	Left	Auto	10
High Gloss Film HG-101	Left	Manual	1
Other heavier-weight print media	Right	Manual	1
Envelopes			
Single	Right	Manual	1
Stack	Right	Auto	15

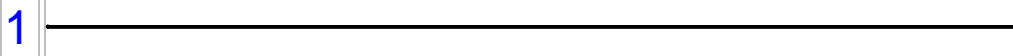
Loading Paper

You can stack paper in the sheet feeder to load it automatically, or you can manually feed one sheet at a time through the manual feed slot.

You place approximately 100 sheets of plain paper (20 lb. or 75 g/m²) in the sheet feeder at a time.

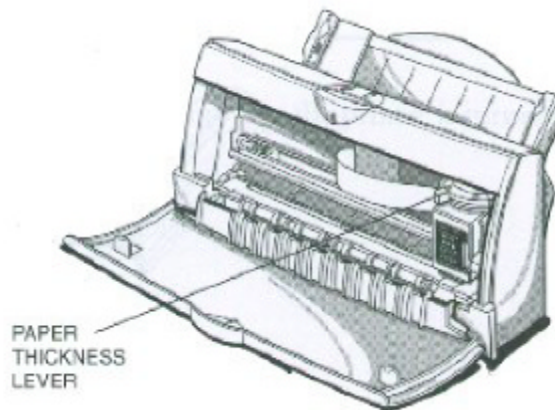
You can stack approximately 50 sheets of Transparencies or 10 sheets of back print film in the sheet feeder. However, these special media may not advance correctly under unusual environmental conditions (such as extreme temperatures or humidity). If you have trouble with special papers becoming skewed or feeding multiple sheets, do not stack them in the sheet feeder. Load them on sheet at a time.

Automatically Feeding Paper



Set the paper thickness lever.

- Left for plain paper
- Right for heavier-weight print media or envelopes.



2

Pull the Paper Support up until it stops.



3

Fan the paper

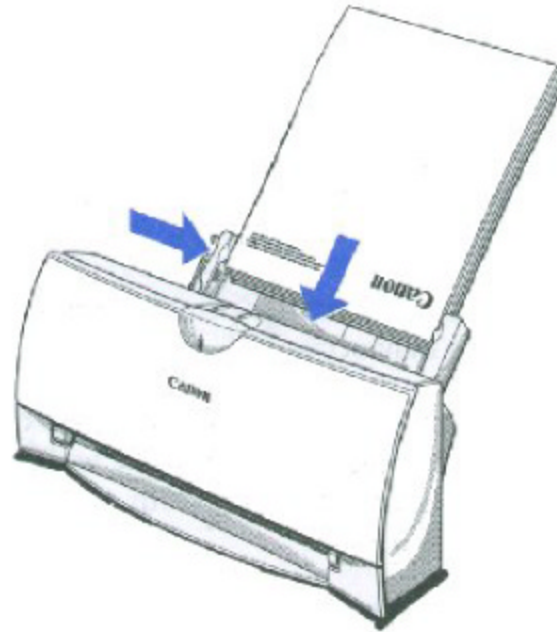
- For best results, fan the paper before loading it.
- Always fan a stack of paper along the edge that will



4

Slide the stack of paper into the sheet feeder until it stops

- Align the edge of the paper with the right edge of the sheet feeder.
- Secure the stack with the paper guide



5

Start your print operation.

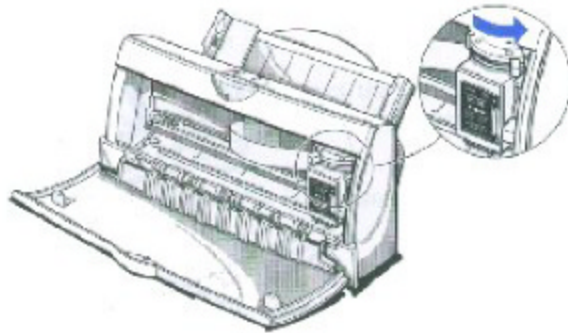
- Make sure that the printer is turned on.

Manually Feeding Paper

You use the manual feed function when printing on heavier-weight print media (17 lb to 28 lb or 64 g/m² to 105 g/m²).

1

If you are manually feeding thick paper, set the thickness lever to the right.



2

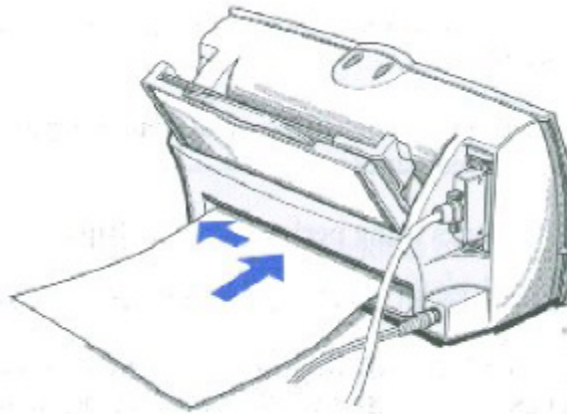
Start your print operation.

- If you are using Windows, you must select Manual Feed in the BJC-250 Printer Driver for the printer to accept manually fed paper.

3

Insert the
single sheet.

- Slide in the paper into the manual feed slot on the back of the printer until it stops inside the sheet feeder.
- Align the sheet with left edge of the manual feed slot.
- Hold the sheet for about two seconds until it feeds automatically.
- The printer will automatically load the paper into position



After printing on thick paper or envelopes, set the paper thickness lever (inside the printer) back to the left position before printing on other paper types.

Printing on Envelopes

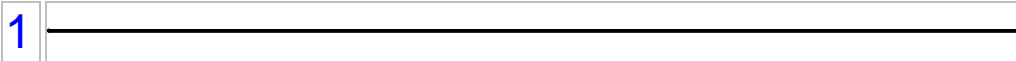
You can stack up to 15 envelopes in the sheet feeder or you can manually feed envelopes one at a time.

U.S. Commercial number 10 (COM10) envelopes and European DL envelopes are recommended. You may be able to stack envelopes of other sizes in the sheet feeder; however, Canon cannot guarantee consistent performance on envelope sizes other than COM10 and DL.

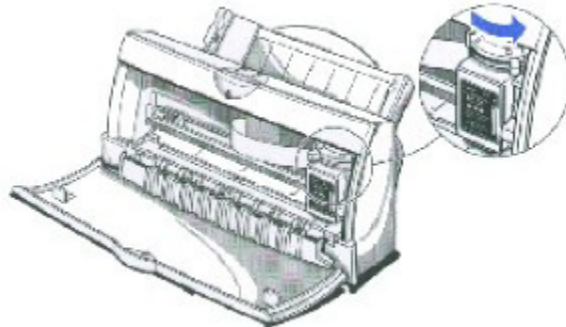
The following envelopes are not recommended because they may cause jams or smears, or may damage your printer.

- Envelopes with windows, holes, perforations, cutouts, and double flaps.
- Envelopes made with special coated paper or deeply embossed paper.
- Envelopes using peel-off sealing strips.
- Envelopes in which letters have been enclosed.

When you are ready to print on envelopes, follow these steps to stack envelopes in the sheet feeder. (you can also manually feed envelopes one at a time.)



Make sure that the paper thickness lever is set to the right.



2

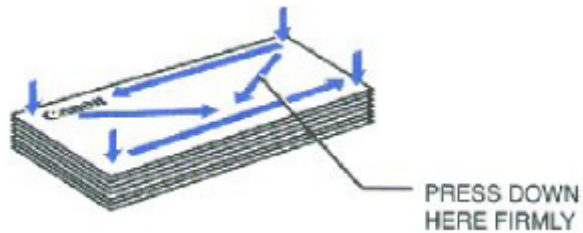
Make sure the paper support is raised.



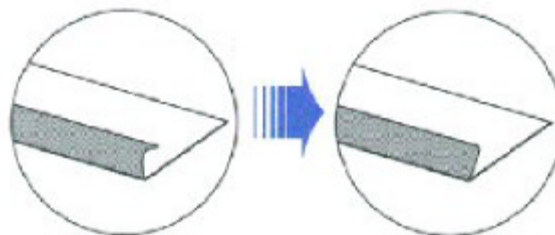
3

Prepare the envelopes.

- Arrange the stack of envelopes on a firm surface and press down firmly on the edges to make the folds crisp.
- Press all the way around the envelopes to remove any curls and expel air from inside the envelopes.



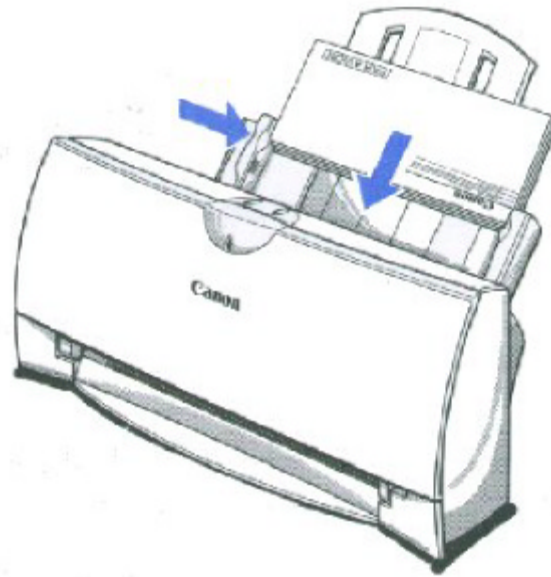
- Make sure any curls are removed from the flap of each envelope.



4

Insert the envelopes.

- Slide a stack of envelopes into the sheet feeder until it stops.
- Align the edge of the paper guide with the left edge of the stack of envelopes.



5

Start your print operation.

- Make sure the printer is on.

Using Canon's Specialty Papers

This section provides guidelines for printing on Canon's Specialty Papers and describes special procedures for High Resolution Paper, Fabric Sheets, and Banner Paper.

Specialty Paper Guidelines



Be sure to read any instructions that come with your Canon Specialty Paper. These instructions provide important information regarding how to achieve the highest print quality with these papers.

For transparency film, back print film, high gloss film, and glossy film, and glossy photo paper, follow these guidelines:

- When automatically feeding transparencies or back print film, remove each sheet after its delivered. Do not allow film sheets to stack up.
- Let the printed sheets of film or paper dry completely before storing them.

Paper type	Drying time
Canon Glossy Photo Paper GP-210	10 minutes
Canon Fabric Sheet FS-101	1 Hour
Canon CF-102 Transparencies	15 minutes
Canon Back Print Film BF-102	15 minutes

When selecting a sheet of film has dried completely, cover its printed side with a sheet of plain (not coated) paper before storing it; this is recommended even if you place the sheets of film in a clear file or plastic holder.

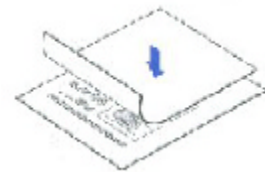
Do not leave the film in the sheet feeder for long periods of time. Dust and dirt may accumulate on the film resulting in spotty printing.

To avoid smudging caused by finger prints, use a pair of thin cloth gloves while loading and handling the film.

To avoid fading, do not expose the printed film to prolonged sunlight.

Store unused papers and films flat. Do not remove papers from their protective packaging until you are ready to use them.

Store unused film at temperatures between 59°F to 86°F (15°C to 30°C). The relative humidity should be between 10% and 70%.



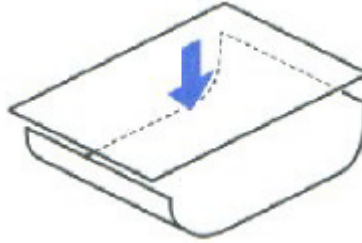
Uncurling Back Print Film

If Back Print Film becomes curled, follow these steps to uncurl it:

1



Cover the non-glossy side of the film with a sheet of plain paper.



2



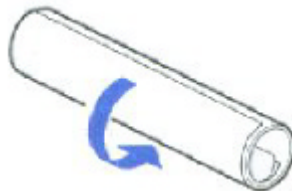
Roll the film and paper up in the direction opposite the curl.



3



Keep the film rolled up for five minutes.



High Resolution Paper HR-101

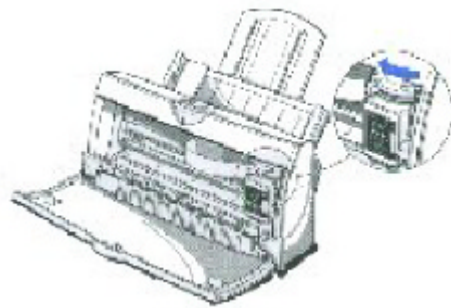
Canon's High Resolution Paper HR-101 is designed for high quality printing. This paper is specially coated to produce delicate color output. After using a package of High Resolution Paper (200 sheets), you need to use the cleaning sheet enclosed with the paper to remove paper dust from the printer's rollers; this will help prevent paper feed problems.

Using the Cleaning Sheet

1

Set up the printer.

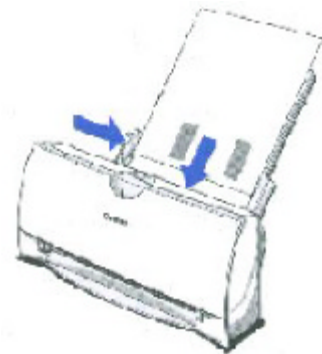
- Make sure the paper thickness lever is to the lever.
- Make sure the paper support is extended.



2

Insert the cleaning sheet.

- Remove the two pieces of tape from the sheet.
- Insert the sheet with the sticky side out (toward you) and down (going into the sheet feeder).
- Adjust the paper guide to the edge of the cleaning sheet.



3

Press the **RESUME** button.

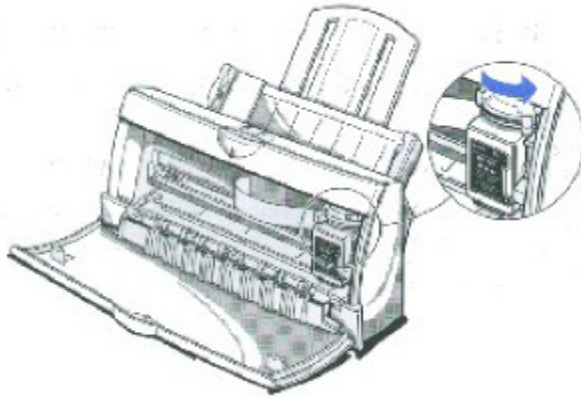
- Make sure the printer is on.
- Press **Resume** to advance the cleaning sheet into the printer.
- Press **RESUME** again to start cleaning.
- The printer feeds the sheet and then ejects it.
- Use a cleaning sheet once only.

Printing on a Fabric Sheet

1

Setup
the
printer.

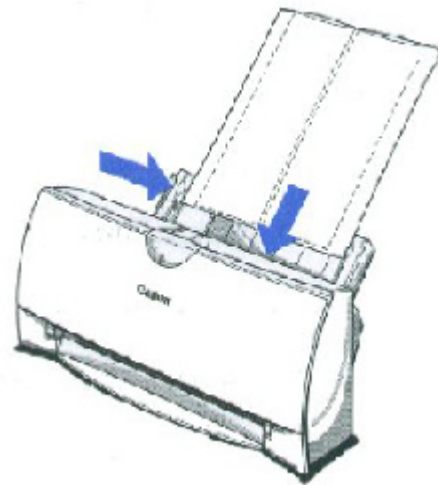
- Make sure the paper thickness lever is to the right position.
- Make sure the paper support is extended.



2

Insert the
fabric
sheet.

- Insert the sheet with the cloth side out (toward you) and open end up (away from the sheet feeder)
- Adjust the paper guide to the edge of the Fabric Sheet.
- Do not attempt to load more than one sheet at a time.



3

Setup the
BJC-250
Printer Driver
for Windows.

- In the Paper tab, select **A4** for the Paper Size and select **Fabric Sheet** for the Print Media.
- In the graphics tab, select High for the Print Quality.
- Start the print operation from your Windows application.

4


Dry and then
wash the
fabric

- Let the printed fabric sheet set for about one hour to allow the ink to completely dry.
- When dry, peel the film backing from the printed fabric sheet. Do not remove the film backing before printing.
- Wash the printed fabric sheet for about three minutes under lukewarm running water to remove the extra ink
- Hang the fabric sheet up to dry it again.
- Iron the dried fabric sheet with a cloths iron.
- See the booklet that comes with Fabric Sheet FS-101 for details on drying and washing.

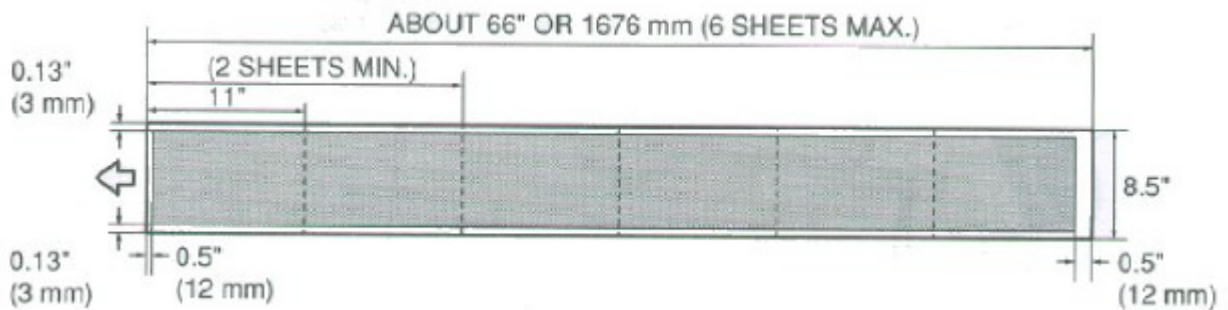
Printing on Banner Paper


For best results, use Canon Banner Paper.

To set up a print job on banner paper, you must decide on the number of sheets you need. You can print banner from 2 to 6 sheets in length.

 Note	<p>Always leave an extra sheet at the end of the banner--just in case the type runs over.</p>
---	---

The shaded portions of the drawing below illustrate the maximum recommended printing area of Banner Paper.



 Note	<ul style="list-style-type: none">○ Printing on Banner Paper requires quite a bit of ink. If you think your BJ cartridge may run out of ink, use a new BJ cartridge.○ For best print results on Banner Paper, use light design patterns.○ To prevent ink from running over the edges of the sheet, print within the margins shown in the previous illustration.
---	---

1

Set the paper thickness lever.

- Open the front cover. Use both hands to open the front cover.
- Set the paper thickness lever to the right.
- Close the front cover.



2

Cut the Banner at the crease according to the length you need.

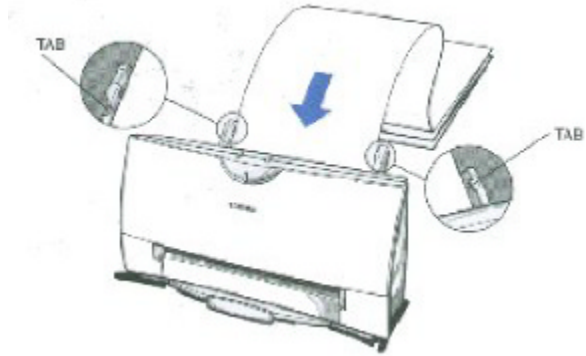
- The maximum length you can use is six sheets (66 inches) or 1676 mm).
- Always leave an extra sheet at the end of the banner-just in case the type runs over.



3

Insert the banner paper.

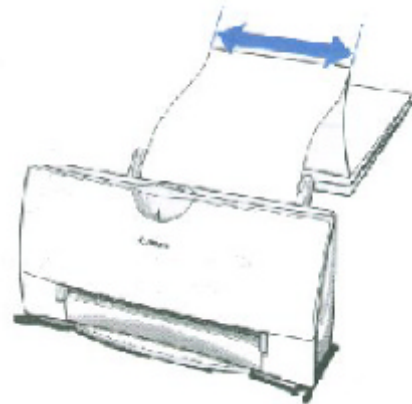
- Align the first sheet of paper with the right edge of the sheet feeder and slide it into the printer until it stops.
- Then adjust the paper guide to the edge of the paper.
- Do not allow the paper to hang over the edge of the desk or work table.
- Do not extend the paper support for banner paper.



4

Fold the Banner paper.

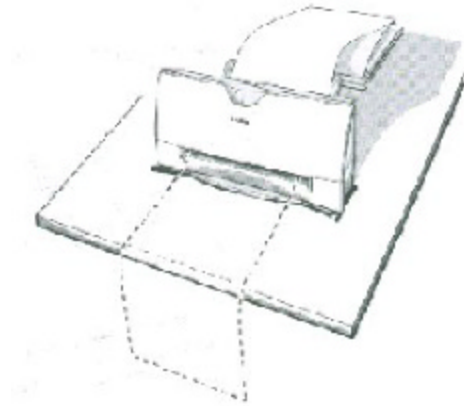
- Gently fold the paper at the crease between the first and second sheet.



5

Make sure the paper exit area is clear.

- Clear space in front of the paper output slot of the printer for at least one sheet.



6

Setup your printer driver.

- Open the Windows applications you are going to use to print. From the File Menu, select **Print**. Then select your print options using the BJC-250 Printer Driver for Windows.
 - For the Paper Feed Method, select **Automatic Feed**.
 - For the Media Type, select **Banner**.
 - See your application software instructions for other options.

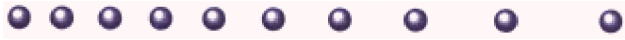
7

Start Printing.

- Click **OK** or **Print** to start the print job.
- Do not allow the paper to hang over the edge of the desk or work table directly.
- Clear enough desk space in front of the printer for at least one sheet of paper to rest after printing.



Maintaining the Printer



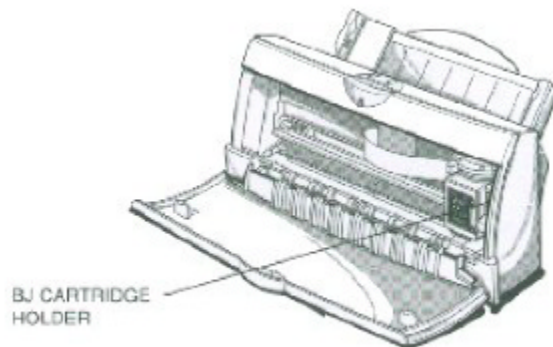
This chapter covers the care required for your printer. It includes:

- Printer guidelines
- Cleaning the printer
- Printing the test pages
- Cleaning the print head
- BJ cartridge guidelines
- Replacing the BJ cartridge
- Storing a BJ cartridge
- Transporting the printer

Printer Guidelines

Follow these guidelines to avoid damage to your printer and harm to you or others:

- Set the printer on a stable surface. Do not use an angled printer stand. Avoid setting the printer in direct sunlight.
- Keep the front cover closed when printing.
- Do not set anything on top of the printer
- Make sure the power is off any time you connect or disconnect the AC adapter or interface cable.
- Do not unplug the AC adapter unnecessarily.
- Do not unplug the printer or turn off a power strip to which the printer is attached when the printer's power is turned on. This may prevent the print head unit from returning to the *home position* on the right and being capped, which may cause the print head to dry out. This is critical. If left uncapped, the print head unit may clog and may need to be replaced.
- Do not move the mechanism that holds the BJ cartridge. Attempting to move the BJ cartridge holder may damage delicate mechanical parts.



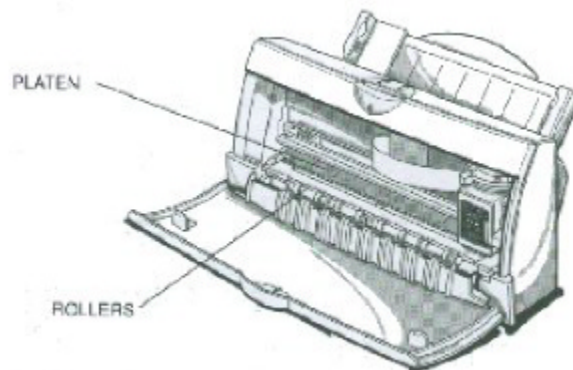
Cleaning the Printer

Your Printer requires little routine maintenance. Perform the following maintenance, as necessary, to keep your printer in good operating condition.



- Make sure the printer is turned off before cleaning it. It is a good idea to unplug the AC adapter also.
- Do not clean the exterior of the printer with volatile liquids such as thinners, benzene, or any spray-type or chemical cleaners; doing so will damage the surface of the printer.
- When cleaning the printer, avoid the area near the print head on the BJ cartridge. Do not touch the print head. Ink may leak out and cause stains.

Clean the printer regularly to avoid printing problems. Remove any ink mist or paper debris from the interior of the printer using a soft cloth moistened with water. Clean especially well around the platen area. If the rollers become dirty, you can clean them using a small soft brush.



Clean the exterior of the printer with a soft cloth moistened with water. Clean away smudges and dust.



Do not use paper products (such as paper towels or tissues) to clean the inside of the printer.

Printing the Test Pages

You can print these test pages to check the operation of your printer and your print quality.

Test A

This test prints a repeating pattern of characters.

BJ Mode Ver 0.53

CG Ver 1.00

00001 00012

```
!"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnop
!"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnop
!"#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopq
#$%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqr
%&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrs
&'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrst
'()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstu
()*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstuv
)+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstuvw
*+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstuvwxy
+,-./0123456789:;<=>?@ABCDEFGHIJKLMN0PQRSTUVWXYZ[\]^_`abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
```


Demonstration

This test prints a sample page describing the printer's features.

BJC-250
Color Bubble Jet Printer

Canon

Vibrant color standard: The BJC-250 prints amazing color for everything you do.

High performance monochrome: Quick, crisp black printing at 3.4 ppm and 720 x 360 dpi (with smoothing) quality.

Photo-realistic printing: The photo inks produce unsurpassed color printing that's equivalent to a photo.

Excellent media versatility: The BJC-250 prints brilliant colors on a variety of media including plain, high resolution, and banner papers; envelopes, T-shirt transfers, transparencies, high gloss film, back print film, photo paper glossy, and even Canon's exclusive fabric sheets.

Excellent software compatibility: Fully compatible with Microsoft® Windows® 95, Windows® 3.1, and DOS.

New Image Optimizer: New driver technology optimizes from scanners, digital cameras, and the Internet to produce smooth output without jagged edges.

-Canon is a registered trademark and MC is a trademark of Canon Inc.
-Microsoft and Windows are registered trademarks of Microsoft Corporation in the United States and / or in other countries.
-All other brand and product names are registered trademarks or trademarks of their respective owners.

Nozzle Test

Use this test print to check that each print head nozzle is operating properly.

When the BC-05 Color BJ cartridge is installed, the pattern includes the three colors: yellow, magenta, and cyan. In the color pattern, you'll notice that lines are missing between the colors. This is normal.

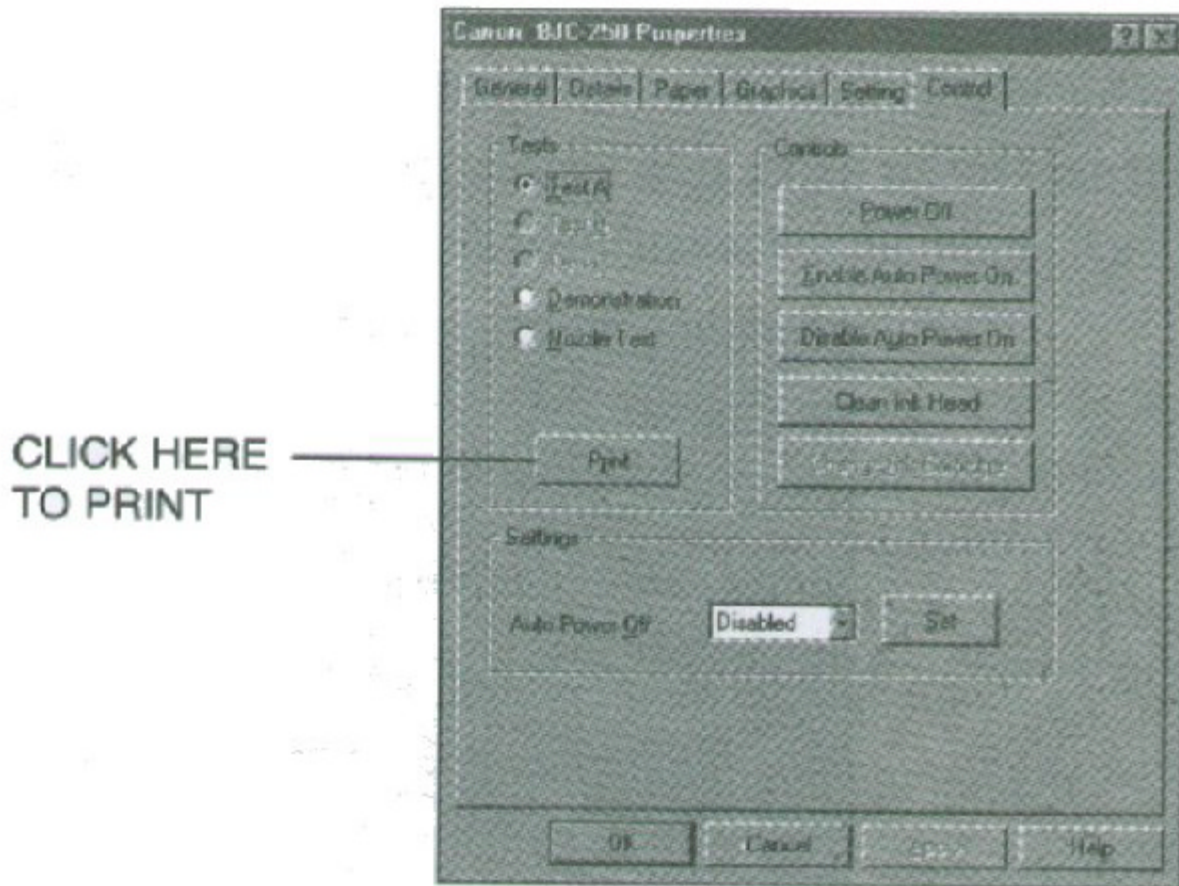


The following sample shows the nozzle test when the optional BC-02 Black BJ cartridge is installed.



Printing the Test Page From Windows

You use the Test option on the Control tab in your BJC-250 Printer Driver for Windows to print a self test, demonstration page, or a nozzle test pattern.



Before selecting a Tests option, make sure paper is properly loaded in the sheet feeder (see *Automatically Feeding Paper* starting on page 3-7).

Click on the Tests option and then click on the **Print** button.

Printing the Test Pages Using the Operator Panel

To print a test page, make sure the printer is turned off and paper is loaded.

- Press and hold the **POWER** button until you hear the number of beeps that correspond to the test page you want to print.

Test page	Number of beeps
Demonstration	1
Status Information	2
Test A	3
Nozzle Test	4

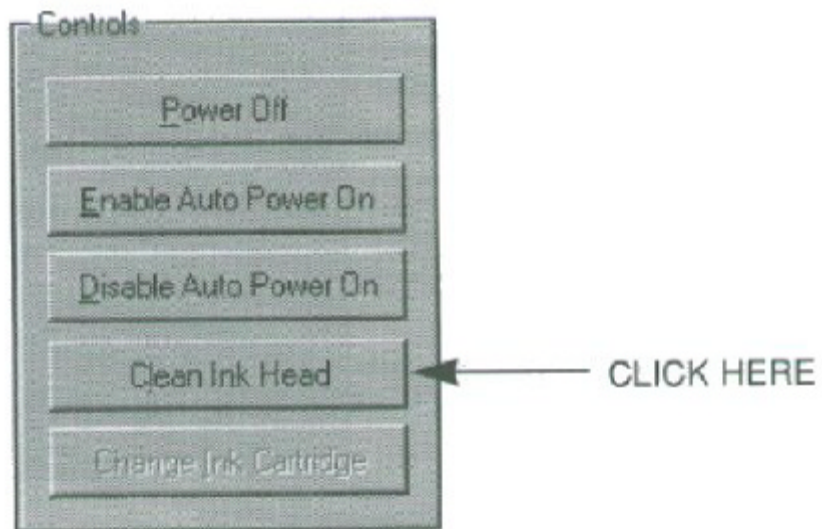
- When you release the **POWER** button, the test page starts to print.

Cleaning the Print Head

Your printer is equipped with a print head cleaning function to ensure constant high quality printing.

Cleaning the Print Head From Windows

If you are using Windows, you can execute print head cleaning from the Control sheet in the printer driver. Simply click on **Clean Ink Head**.



Cleaning the Print Head Using the Operator Panel

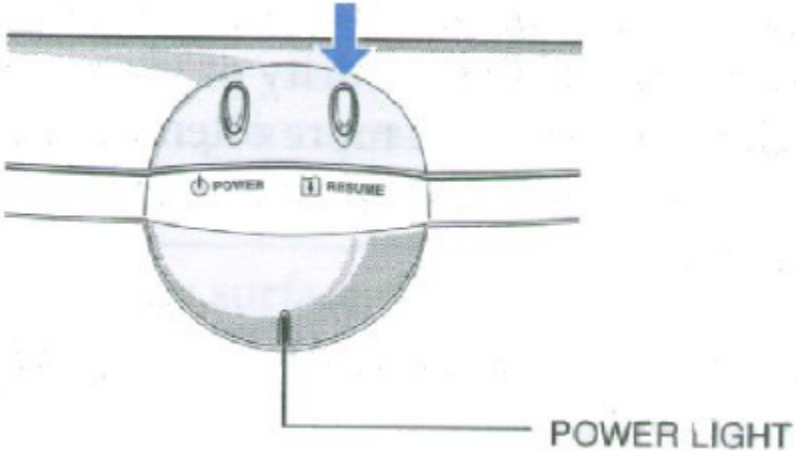
If you want to clean the print head from the operator panel, follow these steps:


1	
----------	--

Make sure the printer is on.	<input type="radio"/> Make sure the green POWER light is on.
-------------------------------------	--

2	
----------	--

Press and hold the RESUME button for at least two seconds until the printer beeps twice.	<input type="radio"/> The POWER light will blink for several seconds while the print head is being cleaned
---	--



 Note	<ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Perform the print head cleaning only when you encounter a print quality problem. Unnecessary and repetitious cleaning will waste ink.<input type="radio"/> If you execute the print head cleaning while paper is manually loaded, the printer will eject the paper and then perform the cleaning.
--	--

BJ Cartridge Guidelines

You can use these cartridges with the printer.

- **BC-05 Color BJ Cartridge**
Use this cartridge for all your color printing needs.
- **BC-02 Black BJ Cartridge**
Use this cartridge for high-speed, black ink only printing.
- **BC-06 Photo BJ Cartridge**
Use this cartridge for photo-realistic color printing.
- **BC-09F Non BJ Cartridge**
Use this cartridge to add bright, florescent colors to your images.

Each of these BJ cartridges contains the print head and ink. (The color cartridges have three ink chambers: cyan, magenta, and yellow.) When you run out of ink, simply replace the entire BJ cartridge.

The actual amount of ink that you use will vary depending on the print density of a page. If the majority of your output is graphics, you may need to change cartridges more often than when you are printing text only. See Appendix A, *Specifications*, For details on the life expectancy of the BJ cartridges.

You may need to replace the BJ cartridge when any of the following conditions exist:

- You have been using the cartridge for over one year.
- Your printed output is not crisp and clear, and there are gaps in the characters (missing dots) even after you have cleaned the print head at least five times.
- Your output has no ink on it.



Note

Canon has more engineers dedicated to creating quality ink for providing the best results for output on Bubble Jet printers than any other organization. Canon does not prohibit the use of third-party inks and the use of third-party inks does not invalidate the product's limited warranty. However, Canon cannot guarantee the quality or performance of your printer when you are using inks from other suppliers.

Canon's limited warranty does not cover damage caused to Canon's Bubble Jet products that is attributable to the use of third-party parts or supplies, including inks. The limited warranty remains in effect for its life once that particular damage has been properly repaired.

For optimum printing results, Canon recommends that you use only Canon BJ cartridges.

BJ Cartridge Maintenance

The most important thing you can do to extend the life of your printer and to ensure optimum print quality is to take care of the BJ cartridges.



Spilled ink can stain any surface. Open BJ cartridges carefully, and follow the guidelines presented here to protect against spilled ink.

- If you are using the BC-05 Color BJ Cartridge and any of the other BJ cartridges, make sure you store the cartridge not being used in the Ink Cartridge Storage Box.
- Keep BJ cartridges in their sealed containers until you are ready to use them.
- If spilled, the ink is difficult to remove. Therefore, it's a good idea to keep the BJ cartridge out of reach of children.
- Do not touch the print head area on the BJ cartridge. Ink may leak out and cause stains.

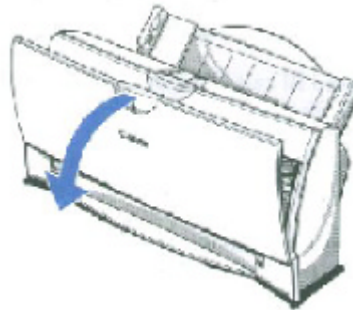
Replacing the BJ Cartridge

The following procedure describes how to replace the bc-05 Color BJ cartridge with the BC-02 Black BJ Cartridge. Follow the instructions in this section to replace an old BJ cartridge or to change BJ cartridges when you are switching between the BC-05 and any of the other BJ cartridges.

1

Open the front cover.

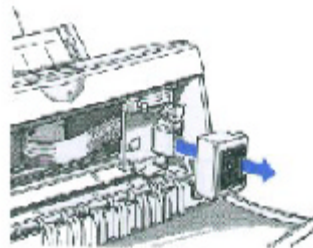
- Grip the cover on both sides and pull it toward you.



2

Remove the BJ Cartridge.

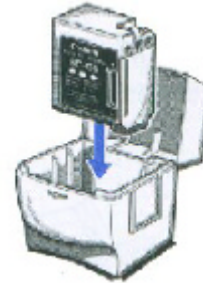
- Lift the green lock lever on the cartridge holder, and slide the BJ cartridge out of the holder.



3

Store or dispose of the BJ cartridge.

- If you are replacing an old BJ cartridge, dispose of the old cartridge properly.
- If you are switching cartridges, you must store the cartridge you are removing in the Ink Cartridge Storage Box.



4

Take the new BJ cartridge out of its protective packaging.

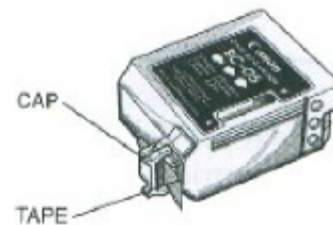
- Peel off the protective foil.



5

Remove the protective material from the BJ cartridge.

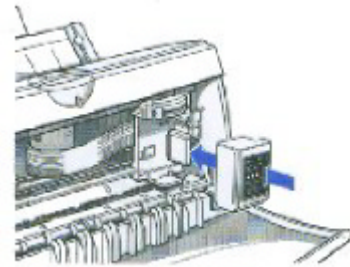
- Slide off the cap from the print head, and then remove the tape.



6

Fit the BJ cartridge over the yellow mounting base with the print head facing down.

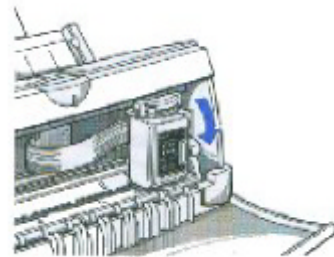
- Avoid touching the yellow mounting base on which you place the cartridge--especially the circuit board on the side of the mounting base and the film cable that extends from the BJ cartridge holder.
- Make sure the BJ cartridge is pressed against the back of the holder



7

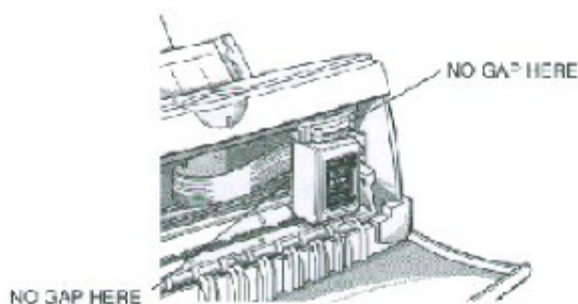
Press the lock lever down completely; do not use excessive force.

- Make sure the cartridge is secure, and the lever locks into place.
- Make sure there is no resistance when you press on the lock lever; it should lock easily into place.
- If you hear any snapping noises or feel any resistance as you press on the lever, remove the BJ cartridge and try again.



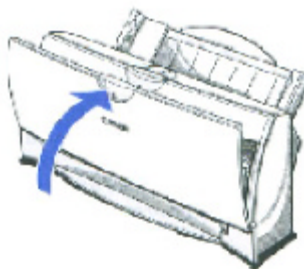


- Do not manually move the mechanism that houses the BJ cartridge. Attempting to move the BJ cartridge holder will damage the printer.
- Be sure there is no gap between the BJ cartridge and the cartridge holder. When secure, the BJ cartridge makes contact with the circuit board inside the cartridge holder.



8

Close the front cover.



When ever you turn off the printer, the BJ cartridge moves to the *home position* on the right and caps itself. If you unplug the printer while it is printing (or if you turn off a power strip to which the printer is connected), or if you manually move the cartridge holder from the home position, the BJ cartridge will not be capped and it may dry out.

If you installed a new BJ cartridge, the printer automatically cleans the print head. If you need to initiate the print head cleaning, see page 4-6.

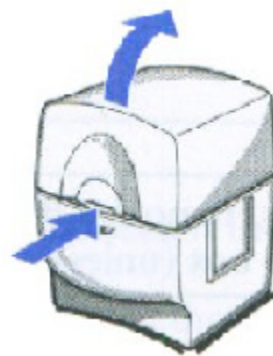
Storing a BJ Cartridge

Whenever you unwrap a BJ cartridge, you must either install it in the printer or store it in the Ink Cartridge Storage Box to prevent the print head from drying and clogging.

1

Open the Ink Cartridge Storage Box.

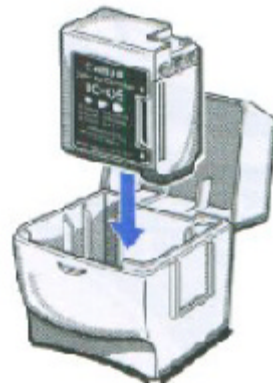
- When opening or closing the Ink Cartridge Storage Box, press in on the release tab that locks the cover in place.



2

Carefully set the cartridge in the storage box.

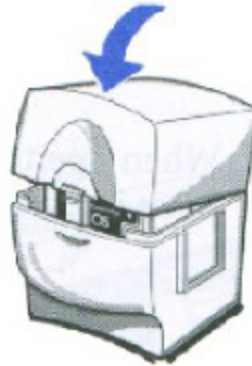
- You must insert the cartridge correctly or the storage box will not close.
- The protective cap must be removed from the cartridge before you set it in the storage box.



3

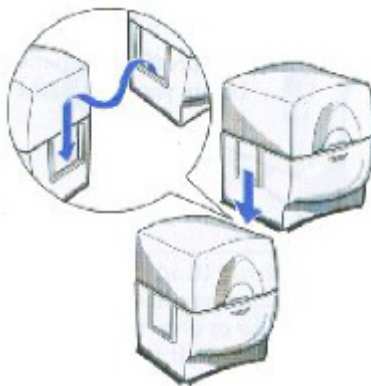
Close the storage box.

- Press in on the storage box right below the tab.
- Then press down to lock the cover in place.



Whenever you remove a BJ cartridge from the printer, store the cartridge in the storage box (unless you are disposing of it).

If you have more than one Ink Cartridge Storage Box, you can hook them together. Simply connect them by the slides and grooves on the sides of the boxes.



Transporting the Printer



While the printer is small and compact, it is not a portable printer and need to take care when transporting it. The printers' components, such as the sheet feeder, may become damaged if subjected to severe vibration during transportation. Also, your print head may dry out during travel (and become unusable) if it is not capped and taped correctly.

If you plan to move the printer from one location to another, or if you want to store it, follow the steps below.

1

Turn off the
printers
power.

- Make sure the print head is in the home position.
- Remove any paper from the sheet feeder.
- Detach the interface cable and the AC adapter.

2

Open the
front cover.

- Tape the BJ cartridge to the side of the printer.



3

Close the front cover.

- Return the paper support and paper output tray to their original positions.

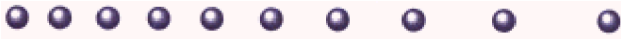


4

Repack the printer in its original packing materials.

- **Do not remove the BJ cartridge from the printer or ship a BJ cartridge from which you have removed the protective cap.** An opened BJ cartridge that is not installed in the printer may leak, and the print head may dry out. Also, if you do not tape the BJ cartridge to the side of the printer, ink may spill into the printer.

Troubleshooting



Due to today's rapidly changing personal computer environment, we have placed troubleshooting information in a variety of places to ensure that the most accurate information possible is available. The best place to find current information is through our on-line support services and through our Fax Retrieval System. On-line services include the World Wide Web and our BBS.

This chapter contains very basic information to help you solve printer problems. It covers a few basic problems and describes how to clear a paper jam. For complete problem solving information, be sure to use our other support services.

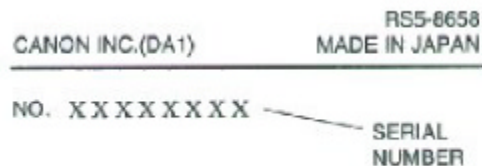
See *Getting Help From Canon* in Chapter 1 (page 1-5) for details on Canon's customer technical support options.

Identifying Your Printer Problem

Before contacting Canon, identify your printer problem and make sure you have the following information.

- Product Name
- Serial Number
- Place of Purchase
- Nature of Problem
- Steps you have taken to solve the problem and the results

The serial number is located on the label on the back of the printer:



Note

Attempting to repair the printer yourself may void the limited warranty as to that repair. See the limited warranty information that came with your printer for details.

General Problems

The most basic problems you may encounter are "the printer does not print" and " your print quality is not satisfactory"

- **If the printer does not print**
 - Check all your cable connections
 - Check your printer driver setup
 - Check your computer configuration
 - Check your BJ cartridge
- **If your print quality is not satisfactory**
 - Check your printer driver settings
 - Clean the print head
 - Clean the print head five times
 - Replace the BJ cartridge
 - Check the type of paper you are using
- **If colors are missing**
 - Perform a Nozzle Test (see page 4-5)
 - Clean the print head (see page 4-6)
 - If necessary, replace the BJ cartridge (see page 4-10)
- **If you want to print from an MS-DOS application that does not have a selection for your printer**
 - Select the Epson LQ-2550 or the IBM Proprinter X24E

Clearing Paper Jams

When a paper jam occurs, the **POWER** light turns orange and the printer goes off-line.

1

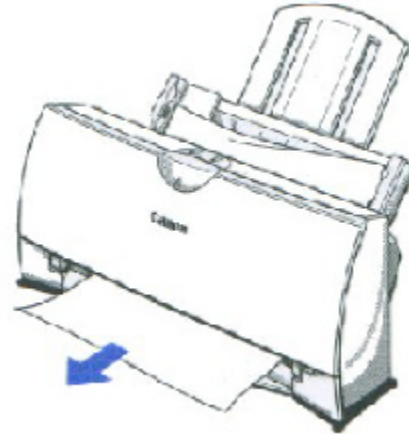
Turn off the printer.

- Press the **POWER** button

2

Remove the jammed paper.

- Gently pull the paper out with one hand while holding down the printer with the other hand.
- If the paper tears off inside the printer, open the front cover and remove the paper left inside the printer.



3

Turn the printer on.

- Press the **POWER** button to turn the printer back on.
- The **POWER** light comes on and the print head moves to the home position.
- The printer is now ready for printing.



Note

If you are printing high density graphics when a paper jam occurs, feed at least two sheets of paper through the printer to clean the rollers.

Technical Notes

Compaq Presario 7170/7180

Problem

A [k prints at the top of the page when printing from Windows 95 on a Compaq Presario 7170/7180

Cause

Configuration of parallel port in CMOS

Solution

Change CMOS on Compaq Presario 7170/7180 to enable bi-directional capability

- Reboot computer, press "delete" to go into CMOS setup
- At setup menu, cursor to "Advanced System Setup" and "Enter" to select
- From Advanced System Setup menu, select "Integrated Peripherals"
- From the Integrated Peripherals Menu, Cursor to "LPT Extended Mode" (Note: This is different than LPT1 mode)
- The LPT Extended Mode will probably show "Standard"- USE the "Page Down" key to cycle to "ECP Mode"
- Press "ESC" key to back to Advanced SYStem Setup Menu
- Press "ESC" key to go back to main setup menu
- Press "F10" to save new configuration, and confirm save by answering "Yes" to final question

Toshiba Laptop

Problem

A[K prints at the top of the page and/or partial printout when printing on a Toshiba laptop.

Cause

Configuration of parallel port in CMOS and LPT.VXD file.

Case #1 Partial printout may occur with the following settings:

CMOS value for LPT1 is ECP LPT.VXD v4.00.950 file size 35,479

Case #2 [K is printed at top and the rest of the page is correct with the following settings:

CMOS value for LPT1 is Standard Bi-Directional LPT.VXD v4.00.950 file size 35,487.

Solution

This corrected configuration should provide correct output. CMOS value for LPT1 is Standard Bi-directional LPT.VXD v4.00.503 file size 35,487.

The LPT.VXD file is located in the Windows/System directory. The LPT.VXD file will be available from the Microsoft Web page.

To change the CMOS settings:

- From Windows 95, click on Start
- Go to Programs
- Select Toshiba Utilities

You will have either TSETUP or HARDWARE SETUP UTILITY

For TSETUP Select Hardware Options

- Select Parallel/ Printer
- Select Standard bi-directional
- Click OK
- The computer will ask if you want to reboot-Select Yes

On both utilities you will have to save and reboot the system.

Note taht selecting standard Bi-directional changes the CMOS setting to bi-directional.

Compaq Presario

Problem

A Compaq Presario running windows 95 will print only 3/4 page out of any Windows application.

Cause

This occurs with Windows 95, Windows 3.1, and Win95 minidrivers.

Solution

Change the Resource Setting of LPT1.

- Right Click on My Computer
- Select Properties
- Select Device Manager Tab
- Double-click Ports (COM & LPT)
- Double-click LPT1
- Select Resources Tab
- De-Select Automatic Settings
- Change Basic Config from 0000 (0) to 0003 (3)
 - This step may require setting to 0002 (2) first, and then reboot in order to see 0003 (3)
 - New systems may go up to 9; use the setting for IRQ7 no DMA
- Select OK

The above solution has found to be successful on some machines. If unsuccessful, then try the following procedure forwarded from Compaq Tech Support.

- Go to Control Panel
- System
- Device Manager
- Click "+" in Front of Port
- Highlight ECP Printer Port
- Properties
- Driver
- Change Driver....
- Show all Devices
- Printer Port
- Click **OK**
- Click **OK**
- Close
- Reboot

If these suggestions do not solve the problem, you need to call Canon (see page 1-5 for details).

Specifications

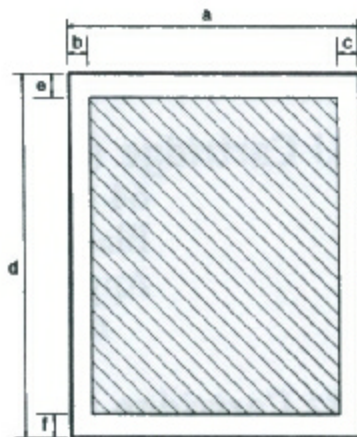


Printing Method	BubbleJet ink on-demand
Paper Handling	Automatic Feed Manual Feed
Sheet Feeder Capacity - Auto Feed Only	
Maximum thickness of stacked paper: 0.4 inches (10mm)	
Plain Paper (20 lb or 75 g/m ²)	Approx. 100 sheets (0.4" stack)
BubbleJet Paper	Approx. 100 sheets (0.4" stack)
High Resolution Paper	Approx. 80 sheets (0.4" stack)
Transparencies	50 sheets
Back print film	10 sheets
Glossy photo paper	1 sheet
Fabric sheets	1 sheet
T-shirt transfers	1 sheet
Banner paper	1 sheet (two to six connected sheets)
Envelopes	15 Envelopes (U.S. Commercial number 10 or European DL)
Paper Size	
Letter	8.5" x 11"
Legal	8.5" x 14"
A4	210 mm x 297 mm
A5	148 x 210 mm
B5	182 x 257 mm
Banner	8 1/2 x 11 in sheets; maximum length 66 in (1676 mm)
U.S. Commercial Number 10 Envelope	9.5" x 4.1"
European DL Envelope	220 mm x 110 mm
Paper Type	Recommended
Bubble Jet paper	Canon Bubble Jet Paper (water resistant) LC-301
High Resolution Paper	Canon High Resolution Paper (HR-101)
Transparencies	Canon Transparency Film (CF-102)
Back Print Film	Canon Back Print Film (BF-102)
High Gloss Film	Canon High Gloss Film (HG-101)
Glossy Photo Paper	Canon Glossy Photo Paper (GP-201)
Fabric Sheets	Fabric Sheets (FS-101) for Canon Bubble Jet Printers
T-Shirt Transfer Paper	Canon T-Shirt Transfers (TR-101)
Greeting Cards	Canon Greeting Cards (GC-101)
Banner Paper	Canon Banner Paper
Envelopes	Commercial Number 10 European DL
Paper Weight	Recommended

Automatic Feed	17 to 24 lb. (64 to 90 g/m ²)
Manual Feed	17 to 28 lb. (64 to 105 g/m ²)
Print Speed	
BC-05	Standard Mode - 0.52 ppm High Quality Mode- 0.46 ppm Fine Mode - 0.23 ppm (Print speed depends on content of print data)
BC-02	Standard Mode - 3.1 ppm (204 cps) Draft Mode - 3.4 ppm (248 cps)
Print Width	
Maximum	8 inches (203 mm)
Line Feed Speed	Approximately 100 ms/line at 1/6-inch line feeds
Printing Direction	Bi- Directional in text Unidirectional in graphics
Resolution	
720 x 360 dpi w/smoothing	with BC-02 Black BJ Cartridge
360 x 360 dpi	with BC-05, BC-06, BC-09F

Printable Area - Papers

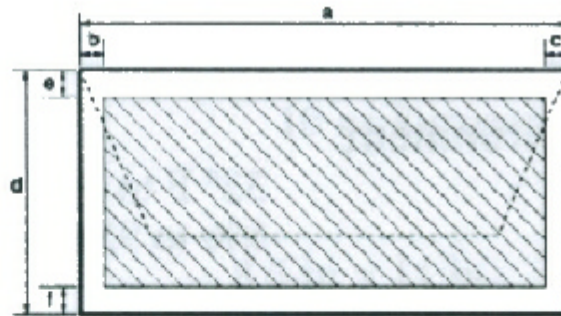
The shaded portion the following figure shows the printing area for papers.



Letter size		Legal size		A4 size		A5 size	
a	8.5 in	a	8.5 in	a	210 mm	a	105 mm
b	0.25 in	b	0.25 in	b	3.4 mm	b	3.4 mm
c	0.25 in	c	0.25 in	c	3.4 mm	c	3.4 mm
d	11.0 in	d	14.0 in	d	297 mm	d	148.5 mm
e	0.12 in	e	0.12 in	e	3.0 mm	e	3.0 mm
f	0.28 in	f	0.28 in	f	7.0 mm	f	7.0 mm

Printable Areas - Envelopes

The shaded portion in the following figure shows the printing area for an envelope.



U.S. Commercial number 10

a	9.5 in
b	0.25 in
c	1.2 in
d	4.1 in
e	0.12 in
f	0.28 in

European DL

a	220 mm
b	6.4 mm
c	10.4 mm
d	110 mm
e	3.0 mm
f	7.0 mm

BJ Cartridges

BC-05 Color BJ Cartridge

Print head 16 nozzles for each color (cyan, magenta, yellow)
Life Expectancy Approx 300 pages at 15% coverage

BC - 02 Black BJ Cartridge (optional)

Print Head 64 Nozzles
Ink Color Black
Life Expectancy Approximately 500 Pages in high Quality mode (5% coverage)

BC-06 Photo BJ Cartridge (optional)

Print Head 16 nozzles for each color (cyan, magenta, yellow)
Life Expectancy Approximately 90 pages at 15 % coverage

General

Interface IEEE-1284 compatible parallel interface

Acoustic Noise Level Approx. 43db (A) Per ISO 9296

Operating Environment

Temperature 41°F to 95°F (0°C to 35°C)

Humidity 10% to 90% RH (no condensation)

Storing Environment

Temperature 32°F to 95°F (0°C to 35°C)

Humidity 5% to 95 % RH (no condensation)

Power Source

USA/Canada AC 120V 60 Hz 0.5A

Power Consumption

20 watts printing

5 watts idle

Dimensions (paper support not extended)

14.2" (361mm)W x 8.5" (215mm) D x 6.8" (171mm) H

Weight

Approx. 5.5 lb (2.5 kg)

Strain Gages and Accessories



measurement with confidence



www.hbm.com



Strain Gages

and Accessories



Contents

Introduction

New	6-7
Strain gages used in: Railway engineering, aerospace industry...	8-9
How to find the right strain gage (SG)	10-11
Explanations on specifications	12-17
From measured strain to mechanical stress	18-19
Type designation	20-21

Y, V, C, G and K series strain gages

Y series strain gages	22
Specifications	23
with 1 measuring grid / linear strain gages	24-26
with 2 measuring grids / double strain gages	27
with 2 measuring grids / T rosette	28-29
with 2 measuring grids / torsion/shear strain gages	30-31
with 3 measuring grids / rosettes	32-35
with 4 measuring grids / full bridges	36
full bridge / diaphragm rosettes	37
strain gage chains	38-41
Strain gages with connection cable K-LY... / K-XY... / K-RY...	42
Specifications	43
with 1 measuring grid	44
with 2 measuring grids	45
with 3 measuring grids	46
V series strain gages	47
encapsulated strain gages with 3m stranded connection wire / Specifications	48
Special strain gages / encapsulated strain gage with stranded wire	49
C series strain gages	50
Specifications	51
with 1 measuring grid / 2 measuring grids / 3 measuring grids	52-53
G series strain gages	54
Specifications	55
with 1 measuring grid / 2 measuring grids	56-57

K series strain gages	58
Specifications	59
with 1 measuring grid / linear strain gages	60-61
with 2 measuring grids / double strain gages; torsion/shear SG / T rosette	62-64
with 4 measuring grids / diaphragm rosette	65
Balancing and compensating elements	66-67

Special strain gages, MTS 3000

Weldable strain gage	68
Strain gages for high strain	69
Crack propagation gages	70-71
Strain gages for determination of residual stress	72-74
MTS 3000 ...the system, for automatically determining residual stress using SG	75-76
Customized strain gages	77

Strain gage accessories

Strain gage bonding material	78-79
Strain gage covering agents	80-82
Cleaning agents, aids for bonding and soldering	83
Solder terminals	84
Cables and stranded wires	85-87
Bridge completion, resistance meter	88
Installation case	89
HBM software ... for stress analysis	90-91
HBM amplifiers ... used in stress analysis	92-93
Literature, teaching pack, seminars, CD ROM	94-95

Strain gage installation service

Service – for you from us	96-97
---------------------------	-------

...the right connection for everyone

On hand for all major strain gage (SG) configurations used in experimental stress analysis:

- integrated solder tabs
- big solder tabs with strain relief
- leads (uninsulated, 30 mm long)
- Teflon-insulated connection wires
- PVC-insulated ribbon cable, alternatively with 2-, 3- or 4-wire circuit; cable length at the customer's choice



... competence in residual stress analysis

Three strain gage connection variants for the hole drilling method:

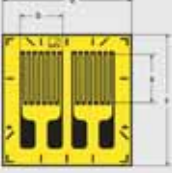
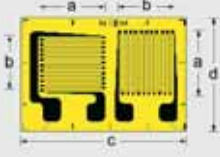
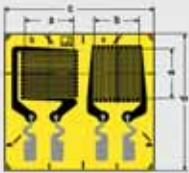
- integrated solder tabs
- Teflon-insulated connection wires
- PVC ribbon cable

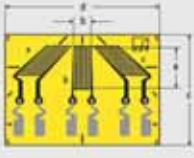




From the simple standard strain gage through to sophisticated full bridge strain gages:

HBM provides you with a choice of standardized and customized strain gages for the manufacture of measurement transducers.

Request our catalog at www.hbm.com/dms

<p>DY4x...</p> 	<p>XY3x...</p> 	<p>XY10x...</p> 
<p>Double SG with integrated solder tabs</p>	<p>T rosette with integrated solder tabs</p> <ul style="list-style-type: none"> • now also with 1.5 mm grid length and 350 Ω • allows both increased excitation voltage and compact dimensions 	<p>T rosette with big solder tabs with strain relief</p> <ul style="list-style-type: none"> • no effects of cable forces on the SG • no effects of the solder joint on the measurement properties

<p>RY10x...</p> 	<p>VY4x...</p> 	<p>RY61...</p> 
<p>0°/45°/90° rosette with big solder tabs with strain relief</p> <ul style="list-style-type: none"> • no effects of cable forces on the SG • no effects of the solder joint on the measurement properties 	<p>Full bridge (Poisson full bridge) with integrated solder tabs</p> <ul style="list-style-type: none"> • ideally fits the measurement of uniaxial stress states on tensile test specimens (Poisson's effect) and the measurement of torsion and shear 	<p>0°/45°/90° hole drilling rosette for the determination of residual stress</p> <ul style="list-style-type: none"> • big, for easy installation • compatible to previous HBM hole drilling rosettes <p>optionally available:</p> <ul style="list-style-type: none"> • with integrated solder tabs • pre-wired with ribbon cable (length and configuration on request), does not require any soldering on the SG

Strain gages used in:

Railway engineering, aerospace industry,



Strain gages in railway engineering

Experimental stress analysis on a railway car



Strain gages in the manufacture of transducers

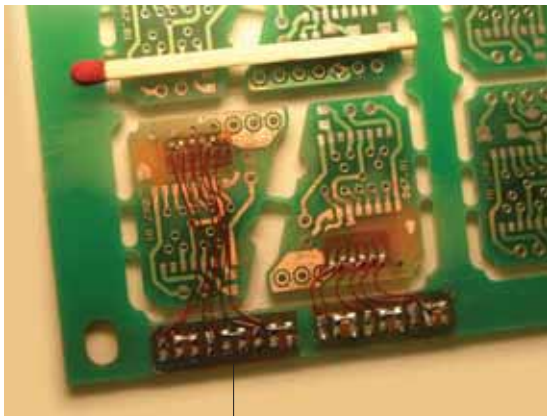
SG installed on a customized torque transducer

manufacture of transducers, electrical industry



Strain gages in the aerospace industry

Experimental stress analysis on an aerospace component



Strain gages in the electrical industry

For monitoring of the loads during the punching of PCBs



Strain gages in the manufacture of transducers

SG bridge with integrated compensating elements on a double bending beam

How to find the right strain gage (SG)

Geometry of the SG (depending on the measurement task to be solved)

Linear strain gages (e.g. LY11), one measuring grid

Typical application:

- strain measurement in one direction

Double strain gages with two measuring grids (e.g. DY11), arranged in parallel

Typical application:

- measurement on bending beams

For more detailed information see 1) and 2)

T rosettes with two measuring grids (e.g. XY11), offset by 90° relative to each other

Typical applications:

- analysis of the biaxial stress state with known principal directions
- measurements on tension/compression bars

For more detailed information see 1) and 2)

Rosettes with three measuring grids (e.g. RY81),

0°/45°/90° or 0°/60°/120° arrangement

Typical application:

- analysis of the biaxial stress state with unknown principal stress directions

The three measuring grids are connected each in a so-called quarter bridge circuit. The absolute value and the direction of the first and second principal stress are computed as described on page 18.

For more detailed information see 2)

V-shaped strain gages (e.g. XY21), 2 measuring grids, arranged at ±45°

relative to the SG axis

Typical applications:

- measurements on torsion bars
- determination of shear stresses occurring in shear beams around the neutral fiber

For more detailed information see 1) and 2)

Full bridge strain gages (e.g. VY41), 4 measuring grids, offset by 90° relative to each other

Typical applications:

- measurements on tension/compression bars
- measurements on torsion bars
- determination of shear stresses occurring in shear beams around the neutral fiber

For more detailed information see 1) and 2)

Diaphragm rosettes (e.g. MY11), 4 measuring grids

Typical applications:

- manufacture of diaphragm pressure transducers

Strain gage chains (e.g. KY11), 10 or 15 very small measuring grids, arranged equidistantly on one common carrier, plus one compensating strain gage

Typical application:

- determination of strain gradients

HBM also supplies strain gage chains complete with several rosettes and alternating measuring grid directions so that it is even possible to determine the gradient of a biaxial stress state.

For more detailed information see 2)

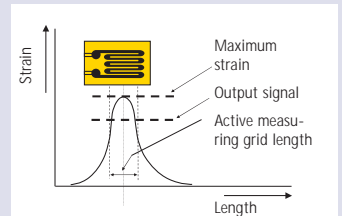
1) "Using the Wheatstone Bridge Circuit" (free brochure)

2) "An Introduction to Measurements Using Strain Gages" (book)

The strain gage measuring grid length is dependent on the aim of measurement because the result of a measurement using strain gages will be the mean value of the strains underneath the measuring grid. In general, measuring grid lengths of 3 or 6 mm represent a good solution.

Long measuring grids are recommended where there is an inhomogeneous material such as e.g. concrete or wood. A long strain gage will bridge the inhomogeneities of the workpiece and, as a measurement result, will supply the mean strain underneath the measuring grid.

Short measuring grids are suitable for detecting a local strain state. Therefore, they are to be recommended for determining strain gradients (see strain gage chains), as well as for detecting the maximum point of notch stresses and similar stresses.



Temperature range

The temperatures given in the Specifications should not be exceeded, neither should the actual temperature fall below the values stated. (see "Explanations on specifications".)

Strain gage series

The HBM standard product range comprises 5 different type series for the following typical applications:

Y strain gages: universal strain gage for stress analysis and "simple" transducers; easy to handle, robust, flexible, many geometries and nominal (rated) resistances available.

Measuring grid: constantan; measuring grid carrier: polyimide

C strain gages: for measurements at extreme temperatures; operating temperature range from -269... up to +250°C; temperature response with matching in the range of -200... +250°C.

Measuring grid: Cr-Ni alloy; measuring grid carrier: polyimide

Strain gage resistance

HBM strain gages are offered in 120, 350, 700, and 1000 ohm versions. The selection of the resistance depends on the constraints of the measurement task. More resistances on request.

120-ohm strain gages:

+ their insensitivity to variations in insulation resistance, such as may be caused by the effects of humidity.

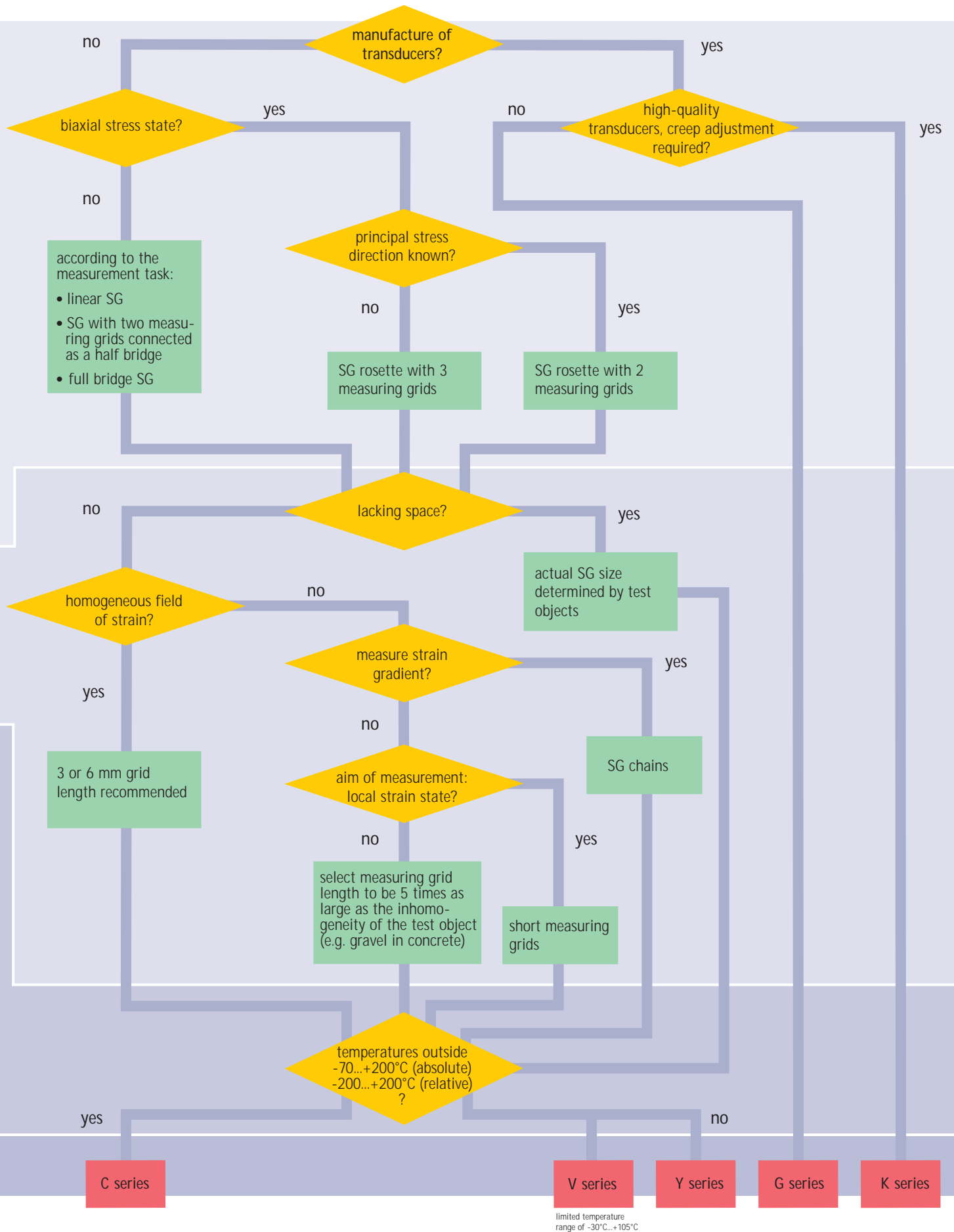
G strain gages: for the manufacture of transducers, nominal (rated) resistances of 120 Ω and 350 Ω available. Measuring grid: constantan; measuring grid carrier: phenolic resin, glass fiber reinforced.

K strain gages: for the manufacture of transducers, different creep adjustments available, also as a „stick on“ version complete with touch-dry adhesive coating for optimum measurement results. Measuring grid: constantan; measuring grid carrier: phenolic resin, glass fiber reinforced.

V strain gages: encapsulated strain gages for experimental stress analysis. Measuring grid: constantan; measuring grid carrier: polyimide with a potting made of special plastic material and 3 m stranded wire.

High-ohm strain gages:

- + less specific heat because of their lower measurement current
- + less sensitive to ohmic resistances in the connection lines to the measurement amplifier
- "better" antennae for noise pulses.



limited temperature range of -30°C...+105°C



Explanations on specifications:

Explanations on

Strain gage series

HBM's range of strain gages comprises the Y, C, G, K, V series as well as special strain gages. Each series of strain gages features different type series. Many specifications are identical for one strain gage series; therefore, in this catalog, the specifications of a series are given on the pages preceding the list of individual strain gages. Where the specifications of individual strain gages differ from those stated for the other strain gages of a series, these strain gages are provided with a relevant note. The specifications and their tolerances are stated in compliance with OIML directive IR62.

The specifications

have been determined according to OIML directive IR62. The tolerances are stated per OIML with double standard deviation. If the specified tolerance values of the gage factor, transverse sensitivity, temperature coefficient, and temperature response are halved, the data complies with VDI/VDE directive 2635. Below you will find further explanations regarding the terms used in the Specifications tables.

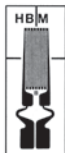
Connection configurations

HBM supplies strain gages with different connection configurations. Choose the configuration that best fits your application and personal preferences - the right connection for everyone.



Integrated solder tabs, e.g. LY41

- allow direct soldering on the strain gage



Big solder tabs with strain relief, e.g. LY61

- allow comfortable soldering directly on the strain gage, at the same time providing nearly full mechanical decoupling of solder tabs and strain gages



Leads: Ni-plated copper leads; uninsulated; 30 mm long, e.g. LY11

- no direct soldering on the strain gage
- for full mechanical decoupling of cables and strain gage
- use of separate solder terminals directly on the strain gage required



Teflon-insulated connection wires (40 mm long), e.g. K-LY41

- no soldering on the strain gage
- Teflon insulation prevents the cable from sticking during installation
- solder terminals near the strain gage are required which are also used for the bridge connection



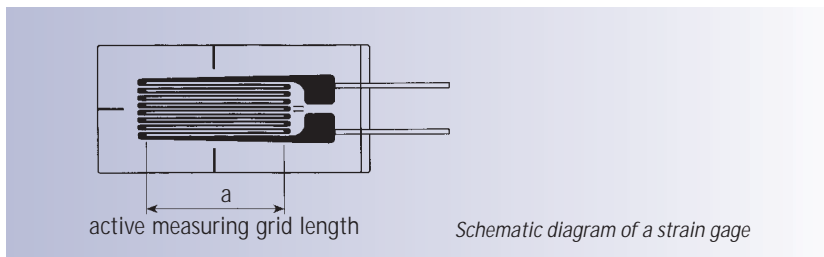
PVC-insulated ribbon cable, alternatively with 2-, 3- or 4-wire circuit, e.g. K-LY41

- cable length as required (0.5 up to 10 m)
- no soldering on the measuring point required at all
- Teflon wire on the strain gage prevents the cable from sticking during installation

specifications:

Strain gage dimensions

The specified active measuring grid length „a“ is the net length of the grid without the end loops (transverse bridges). If the following facts are taken into account, it is possible to cut the carrier foil: Cutting the foil in parallel to the measuring grid has only minor effects. Shortening the carrier foil perpendicular to the direction of the measuring grid will influence the way the strain is introduced, thereby also changing essential characteristics of the strain gage. Therefore we recommend leaving a minimum distance of 1mm between the measuring grid end and the end of the carrier foil.



Strain gage resistance

The electric resistance between the two metal leads, solder tabs or cable ends for connecting the measuring cable is called the resistance of a strain gage. ⁽¹⁾ Please note that the nominal resistance for strain gages with connection cables* is specified without the cable.

The HBM product range comprises strain gages with nominal resistances of 120 Ω , 350 Ω , 700 Ω , and 1000 Ω . The nominal resistance is stated on each strain gage package including the resistance tolerance per package. The resistance of each single strain gage from HBM has been checked.

Gage factor (strain sensitivity)

The strain sensitivity k of a strain gage is the proportionality factor between the relative change in resistance $\Delta R/R_0$ and the strain to be measured: $\Delta R/R_0 = k \cdot \epsilon$

The strain sensitivity yields a dimensionless number and is designated as gage factor. This gage factor is determined for each production batch by measuring and is specified on each strain gage package as a nominal value complete with tolerance. The gage factors vary between the production batches by just a few thousandths.

Temperature coefficient of the gage factor

The specified gage factor applies at room temperature. This factor changes as the temperature changes; however, with an excellent approximation, this correlation is linear. In the case of constantan measuring grids (V, G, K, Y series) the gage factor is proportional to temperature; in the case of chromium/nickel measuring grids (C series) the gage factor is inversely proportional to temperature. The temperature coefficient of the gage factor and its tolerance are stated on each strain gage package.

⁽¹⁾ Strain gages of the V series, LE11

* see page 42 et sqq

Explanations on specifications:

Explanations on specifications:

Maximum permissible effective bridge excitation voltage

A strain gage can be considered as a little heater, converting electrical energy into heat. To prevent heating of the strain gage it is essential to choose a supply voltage that is not excessively high. The maximum permissible bridge excitation voltage has been computed for each strain gage and is specified in a table in this catalog.

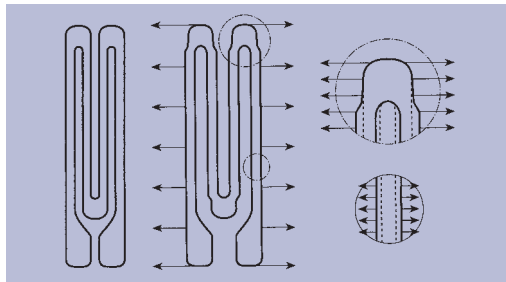
The specified excitation voltage always applies for the Wheatstone bridge as a whole. Only half the voltage may be applied to the individual strain gage. The maximum values specified are permissible only for application on materials featuring excellent heat conduction characteristics (e.g. steel of sufficient thickness). Strain gage measurements on plastic materials, and similar materials with poor heat conduction characteristics, require a reduction of the excitation voltage or switch-on period (impulse operation). Also with very low temperatures, the decreasing heat capacity of the materials may require a smaller excitation voltage.

Reference temperature

The reference temperature is the ambient temperature to which the specifications of the strain gage refer, unless no specific temperature ranges have been stated. The specifications for the strain gages are based on the reference temperature of 23°C.

Transverse sensitivity

The transverse sensitivity is the ratio of the sensitivity of a strain gage transverse to the measuring grid direction to its sensitivity in the measuring grid direction. The transverse sensitivity is stated on each strain gage package.



Schematic diagram of the transverse sensitivity of a measuring grid

Operating temperature range

The operating temperature range is the ambient temperature range where strain gages can be used without any permanent changes in their measuring characteristics occurring. Depending on whether absolute (with zero point reference) or relative (without zero point reference) measurements are to be carried out, there are different operating temperature ranges.

Temperature response in a 1/4-bridge circuit

Strain gages that are connected individually show an output signal, if the temperature changes. This signal is called "apparent strain" or "thermal output" and is independent of the mechanical load on the test object.

However, it is possible to adjust a strain gage to the thermal expansion coefficient of a specific material such that the output signal in case of a temperature change is very small. These strain gages are called strain gages "with matched temperature response" or "self-compensated" strain gages. All HBM strain gages, with the exception of the LD20 high-strain gage, are self-compensated.

To benefit from their matching to the temperature response, strain gages must be selected according to the thermal expansion coefficient α of the test object. Therefore, HBM offers strain gages for different materials. The code number for the temperature response matching is included in the type name of the strain gage.

1	for ferritic steel	with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$
3	for aluminum	with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$
5	for austenitic steel	with $\alpha = 16 \cdot 10^{-6}/K$
6	for quartz	with $\alpha = 0.5 \cdot 10^{-6}/K$
7	for titanium/gray cast iron	with $\alpha = 9 \cdot 10^{-6}/K$
8	for plastic material	with $\alpha = 65 \cdot 10^{-6}/K$
9	for molybdenum	with $\alpha = 5.4 \cdot 10^{-6}/K$

Thus, for example, the types LY 21 or RY 31 (code number 1) have been matched to ferritic steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$. The material to which the respective strain gage has been adjusted is specified on the package. The remaining temperature variation is printed on the package in the form of a diagram and a polynomial.

The effects of strain gages using connection leads are also taken into account thus enabling the apparent strain to be compensated by wiring or mathematically.

Explanations on specifications:

Explanations on specifications:

The temperature response involves a tolerance and only applies in the temperature range of the temperature response matching. This temperature range is specified in the Specifications of the individual series in this catalog.

Another possibility of compensating the apparent strain is to use appropriate wiring (e.g. circuit with compensating strain gage, half bridge circuit, etc.).

Creep adjustment

Spring element materials react with a spontaneous positive or negative strain when subjected to a sudden load. In the event of a constant load being applied, the material will continue to strain slowly in load direction, i.e. the material will creep.

As transducers are loaded within the strictly elastic range only, the process described here is reversible. It is called elastic after-effect. The elastic after-effect causes a time-dependent fault with a positive sign (in the direction of the deformation by the measuring quantity).

If a strain gage is subjected to a static load, it will show a slow change in resistance over time - in spite of the component strain being constant. This change in the measuring signal of an extended (or shortened) strain gage occurs in the direction of strain relief. This creep can be explained as follows: the extended measuring grid acts similar to a tensioned spring which generates shear stresses between measuring grid and carrier (mainly in the area of the measuring grid end loops).

Due to the influence of these stresses, the plastic materials of the strain gage and the adhesive relax. It is possible to influence such strain gage creep directly by modifying the end loops.

De facto therefore, the elastic after-effect of the spring element material will lead to a positive fault while the strain gage creep generates a negative fault. In an ideal case, both faults will compensate each other. In order to approximate this ideal case as closely as possible, it is necessary to determine the most suitable strain gage by experiment. It is for this reason, that the K strain gage series provides three different creep adjustments for each strain gage type.

Mechanical hysteresis

The mechanical hysteresis of a strain gage is defined as the difference of the measured value displayed for increasing and decreasing strain loadings with the same strain value on the specimen. Hysteresis is not only dependent on the strain gage but to a major extent it is also dependent on application parameters such as type and layer thickness of the adhesive etc. For this reason, the specifications include hysteresis values for different installation parameters.

Maximum elongation

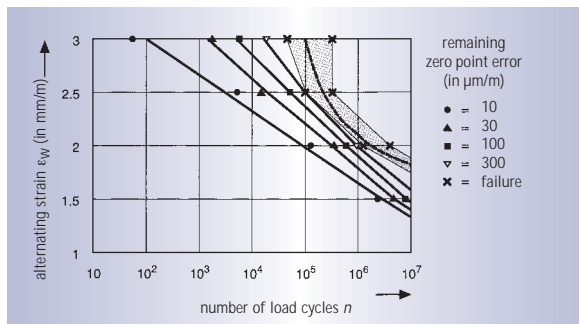
The maximum elongation is typically 5% or 50,000 micro-strain. Above this value the measured strain can not be relied upon. This is often the case if the installation or the strain gage has been damaged.

Minimum radius of curvature

The flexibility of a strain gage is characterized by the minimum radius of curvature which it will withstand, without any auxiliary measures, in each direction respectively. The polyimide carriers of series Y and C strain gages are flexible to an extent that they can be bonded around edges. Although the carrier materials of the other strain gage series are more brittle, they can also be easily prepared for application to smaller radii by thermal pre-forming. Exception: V series strain gages have a bigger radius of curvature because of their specific potting.

Fatigue life

If a strain gage is subjected to an alternating strain which can be superimposed over a static mean strain, an increase in the number of load cycles may create changes with regard to the zero point. The fatigue life is dependent upon the number of strain cycles and their amplitude and is independent of applied strain duration.



Example diagram of the fatigue life of strain gages

Alternative bonding materials

For each strain gage series, the relevant bonding materials are specified. With regard to bonding technique, the HBM range of accessories distinguishes among cold and hot curing adhesives as well as spot welding methods. One of the most important selection criteria is the application temperature range of the individual bonding materials.

Analysis of the biaxial stress state with unknown principal directions

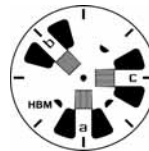
The principle of experimental stress analysis using strain gages consists in using strain gages to measure strains on the component surface. From these measured strains and the known material properties such as modulus of elasticity and Poisson's ratio, the absolute value and the direction of these mechanical stresses are determined. These calculations are based on Hooke's Law which applies to the elastic deformation range of linear-elastic materials.

In experimental stress analysis, so-called 3-grid rosettes are used for strain measurement. These are available in $0^\circ/45^\circ/90^\circ$ and $0^\circ/60^\circ/90^\circ$ versions which have a historical background. It is up to the user to choose which version to use.

The 3 measuring grids of the rosettes are designated with the letters a, b and c. Therefore, a 3-grid rosette measures the three strains ϵ_a , ϵ_b and ϵ_c .

The principal normal stresses σ_1 and σ_2 for the $0^\circ/45^\circ/90^\circ$ rosette are calculated as follows:

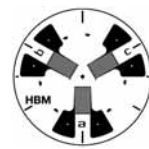
$$\sigma_{1/2} = \frac{E}{1-\nu} \cdot \frac{\epsilon_a + \epsilon_c}{2} \pm \frac{E}{\sqrt{2}(1+\nu)} \cdot \sqrt{(\epsilon_a - \epsilon_b)^2 + (\epsilon_c - \epsilon_b)^2}$$



$0^\circ/45^\circ/90^\circ$ rosette,
e.g. RY3x

and for the $0^\circ/60^\circ/120^\circ$ rosette:

$$\sigma_{1/2} = \frac{E}{1-\nu} \cdot \frac{\epsilon_a + \epsilon_b + \epsilon_c}{3} \pm \frac{E}{1+\nu} \cdot \sqrt{\left(\frac{2\epsilon_a - \epsilon_b - \epsilon_c}{3}\right)^2 + \frac{1}{3}(\epsilon_b - \epsilon_c)^2}$$



$0^\circ/60^\circ/120^\circ$ rosette,
e.g. RY7x

mechanical stress ...

Below, the principal directions are determined. First the tangent of an auxiliary angle ψ is calculated.

For the $0^\circ/45^\circ/90^\circ$ rosette according to the formula:

$$\tan \psi = \frac{2\varepsilon_b - \varepsilon_a - \varepsilon_c}{\varepsilon_a - \varepsilon_c} \quad \left| \quad \frac{N}{D} \right.$$

and for the $0^\circ/60^\circ/90^\circ$ rosette according to the formula:

$$\tan \psi = \frac{\sqrt{3}(\varepsilon_b - \varepsilon_c)}{2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c} \quad \left| \quad \frac{N}{D} \right.$$

Note: The tangent of an angle in the right-angled triangle is the ratio of the opposite side (numerator N) to the adjacent side (denominator D):

$$\tan \psi = \frac{\text{opposite side}}{\text{adjacent side}} = \frac{N}{D}$$

This ambiguity of the tangent makes it necessary to determine the signs of the numerator (N) and the denominator (D) before carrying out the final calculation of the two above mentioned quotients. Determining the signs is important because they alone indicate the quadrant of the circular arc in which the angle ψ is located.

From the numerical value of the tangent the size of the angle ψ should then be found:

$$|\psi| = \arctan [^\circ]$$

Then the angle φ should be determined using the below scheme:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{N}{D} \geq 0 (+) \\ > 0 (+) \end{array} \right\} \varphi = \frac{1}{2}(0^\circ + |\psi|)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{N}{D} > 0 (+) \\ \leq 0 (-) \end{array} \right\} \varphi = \frac{1}{2}(180^\circ - |\psi|)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{N}{D} \leq 0 (-) \\ < 0 (-) \end{array} \right\} \varphi = \frac{1}{2}(180^\circ + |\psi|)$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{N}{D} < 0 (-) \\ \geq 0 (+) \end{array} \right\} \varphi = \frac{1}{2}(360^\circ - |\psi|)$$

The angle φ , found in this manner, should be applied from the axis of the reference measuring grid a in the mathematically positive direction (counterclockwise). The axis of measuring grid a forms one side of the angle φ , the second side gives principal direction 1.

This is the direction of the principal normal stress σ_1 which is identical to the direction of the principal strain ε_1 . The point of the angle is located at the intersection of the axes of the measuring grids. The principal direction 2 (direction of the principal normal stress σ_2) has the angle $\varphi + 90^\circ$.

Type designation

Type designation

1 - L Y 1 1 - 3 / 120 A

Options¹⁾: A = application aid
V = four wire connection
Z = two wire connection

Measuring grid resistance in ohms

Measuring grid length in mm

- for RY1x, RY3x, RY4x, RY7x: diameter of circle which encloses the measuring grids

- for strain gage chains, distance of measuring grid centers relative to each other (pitch)

Material to which the strain gage's temperature response has been matched:

If there is the placeholder "x" in this position, please replace it by the code number of the temperature response matching of your choice.

1	for ferritic steel	with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$
3	for aluminum	with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$
5	for austenitic steel	with $\alpha = 16 \cdot 10^{-6}/K$
6	for quartz	with $\alpha = 0.5 \cdot 10^{-6}/K$
7	for titanium/gray cast iron	with $\alpha = 9 \cdot 10^{-6}/K$
8	for plastic material	with $\alpha = 65 \cdot 10^{-6}/K$
9	for molybdenum	with $\alpha = 5.4 \cdot 10^{-6}/K$

Layout of grids, type and position of the connections

SG series:

- C series = carrier and cover: polyimide / measuring grid foil: chromium/nickel alloy
- Y series = carrier and cover: polyimide / measuring grid foil: constantan
- G series = carrier and cover: glass-fiber reinforced phenolic resin / measuring grid foil: constantan
- K series = carrier and cover: glass-fiber reinforced phenolic resin / measuring grid foil: constantan; additionally, different creep adjustments are available ex stock
- V series = carrier: polyimide/measuring grid foil: constantan, moulded with special plastic material, 3 m stranded wire

Number of measuring grids and their relative position to each other

- L = one measuring grid, linear strain gage
- D = two measuring grids, measuring grid direction: parallel
- X = two measuring grids, measuring grid direction, T- or X-shaped, offset by 90°
- R = three measuring grids, rosettes
- V = 4 measuring grids, full bridge strain gages
- M = full bridge strain gages as diaphragm rosette
- K = strain gage chains for determining strain gradients

Standard or configurable

- 1 = standard
- K = with freely configurable connection cables

¹⁾ available for selected strain gages only

An even greater range of types - Easy to order

This catalog offers a wide choice of strain gages. In addition to our wide range of preferential strain gages (available ex stock), we provide you with a comprehensive choice of variants.

This is how easily you can order our strain gages

In our price list, strain gage types that can be supplied ex stock are printed on a shaded background. Strain gage variants are not printed on a shaded background; and they are not always available ex stock.

We will be pleased to provide information on current availability if requested. The minimum order quantity for these strain gages is 3 packages.

What does the „x“ in the type designation of the strain gages in the „Variants“ column stand for?

Stock types		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid	Measuring grid carrier				
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-LY11-0,6/120	1-LY13-0,6/120		120	0,6	1	5	3,2	1,5	LS 7
1-LY11-1,5/120	1-LY13-1,5/120	1-LY1x-1,5/120	120	1,5	1,2	6,5	4,7	2,5	LS 7
1-LY11-3/120	1-LY13-3/120	1-LY1x-3/120	120	3	1,4	8,5	4,5	4	LS 7
1-LY11-3/120A		1-LY1x-3/120A	120	3	1,4	8,5	4,5	4	LS 7
1-LY11-6/120	1-LY13-6/120	1-LY1x-6/120	120	6	2,8	13	6	8	LS 5
1-LY11-6/120A		1-LY1x-6/120A	120	6	2,8	13	6	8	LS 5
1-LY11-10/120	1-LY13-10/120	1-LY1x-10/120	120	10	4,9	18,5	9,5	13	LS 5
1-LY11-10/120A		1-LY1x-10/120A	120	10	4,9	18,5	9,5	13	LS 5
1-LY11-1,5/350	1-LY13-1,5/350		350	1,5	1,2	5,7	4,7	4,5	LS 212
1-LY11-3/350	1-LY13-3/350	1-LY1x-3/350	350	3	1,5	8,5	4,5	7	LS 7
		1-LY1x-3/350A	350	3	1,5	8,5	4,5	7	LS 7
1-LY11-6/350	1-LY13-6/350	1-LY1x-6/350	350	6	2,9	13	6	14	LS 5
1-LY11-6/350A		1-LY1x-6/350A	350	6	2,9	13	6	14	LS 5
1-LY11-10/350		1-LY1x-10/350	350	10	5	18,5	9,5	23	LS 5
1-LY11-10/350A		1-LY1x-10/350A	350	10	5	18,5	9,5	23	LS 5

Instead of the „x“ in the strain gage type designation in the „Others“ column, please enter the code number for the appropriate temperature response matching.

Example:

You wish matching of the type 1-LY1x-10/120 to plastic material. Then enter an „8“ instead of the placeholder „x“ when ordering; the exact order designation will then be 1-LY18-10/120.

The preferential strain gages are adjusted for steel or aluminum.

Please note the exceptions in the case of types marked by # .

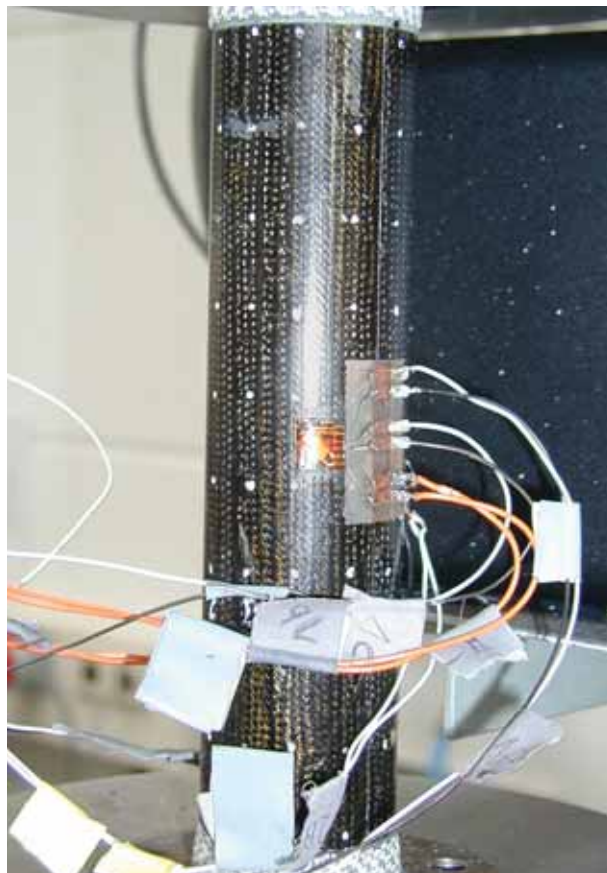
To ease your order procedure please use also our CD-ROM „DMSdirekt/SGdirect“. Order your CD-ROM free of charge right now. Visit www.hbm.com for more details.

(1) Strain gages that can be supplied ex stock are printed on a shaded background.

Y series strain gages

Y series strain gages

- Universal strain gage
- Excellent measuring characteristics
- Different connection configurations
- Flexible, therefore easy to handle
- Wide range of geometries available ex stock
- Wide range of geometries available with different nominal resistance values (120, 350, 700, 1000 Ω)



Pipe specimen made of carbon-fiber reinforced plastic in a torsion fracture test

Specifications

strain gage construction		foil SG complete with embedded measuring grid
measuring grid material		Constantan foil
thickness	μm	3.8 or 5, depending on strain gage type
carrier material		polyimide
thickness	μm	45 ± 10
cover material		polyimide
thickness	μm	25 ± 5
connections for strain gages without leads		nickel plated Cu leads, approx. 30mm in length. integrated solder tabs, approx. 1.5mm in length, approx. 1.6 ... 2.2mm wide
nominal resistance	Ω	120, 350, 700, or 1000, depending on SG type
resistance tolerance	%	± 0.3 without; ± 0.35 with leads)
gage factor		approx. 2
nominal value of the gage factor		specified on each package
gage factor tolerance for 0.6mm and 1.5mm measuring grid length	%	± 1.5
for ≥ 3 mm measuring grid length	%	± 1
temperature coefficient of the gage factor	1/K	approx. (115 ± 10) · 10 ⁻⁶
nominal value of the temperature coefficient of the gage factor		specified on each package
reference temperature	°C	23
operating temperature range		
for absolute, i.e. zero point related measurements	°C	-70 ... + 200
for relative, i.e. not zero point related measurements	°C	-200 ... + 200
transverse sensitivity		specified on each package
within reference temperature range using adhesive Z 70	%	- 0.1
on strain gage type LY 11-6/120		
temperature response		specified on each package
temperature response at customer's choice matched to the thermal expansion coefficient		
α for ferritic steel	1/K	10.8 · 10 ⁻⁶
α for aluminum	1/K	23 · 10 ⁻⁶
α for plastic material	1/K	65 · 10 ⁻⁶
α for austenitic steel	1/K	16 · 10 ⁻⁶
α for titanium/ gray steel	1/K	9 · 10 ⁻⁶
α for molybdenum	1/K	5.4 · 10 ⁻⁶
α for quartz	1/K	0.5 · 10 ⁻⁶
tolerance of the temperature response	1/K	± 0.3 · 10 ⁻⁶
temperature response with matching in the range of ³⁾	°C	-10... + 120
mechanical hysteresis ¹⁾		
at reference temperature and strain ε = ± 1,000 μm/m		
on strain gage type LY 11-6/120		
at 1st load cycle and adhesive Z 70	μm/m	1
at 3rd load cycle and adhesive Z 70	μm/m	0.5
at 1st load cycle and adhesive X 60	μm/m	2.5
at 3rd load cycle and adhesive X 60	μm/m	1
at 1st load cycle and adhesive EP 250	μm/m	1
at 3rd load cycle and adhesive EP 250	μm/m	1
maximum elongation ¹⁾		
at reference temperature using adhesive Z 70		
on strain gage type LY 11-6/120		
absolute strain value ε for positive direction	μm/m	50,000 (Δ 5 %)
absolute strain value ε for negative direction	μm/m	50,000 (Δ 5 %)
fatigue life ¹⁾		
at reference temperature using adhesive X 60		
on strain gage type LY 11-6/120		
number of load cycles L _W at		
alternating strain ε _W = ± 1,000 μm/m and zero point drift	ε _m Δ ≤ 300 μm/m ε _m Δ ≤ 30 μm/m	>> 10 ⁷ (test was interrupted at 10 ⁷) > 10 ⁷ (test was interrupted at 10 ⁷)
minimum radius of curvature, longitudinal and transverse, at reference temperature		
for strain gages with leads	mm	0.3
for strain gages with integrated solder tabs		
within the measuring grid area	mm	0.3
within the area of the solder tabs	mm	2
bonding material that can be used		
cold curing adhesives		Z 70; X 60; X 280
hot curing adhesives		EP 250; EPS 310S

¹⁾ The data depend on the various parameters of the specific application and are therefore stated for representative examples only.

²⁾ With measuring grid lengths of 0.6 mm, the nominal resistance may deviate by ± 1%. For the types LY 51/ LY5x the deviation is ± 0.75%. For XY9x, RY9x and the KY types (per chain) it is ± 0.5%.

³⁾ Matching to plastic (code number 8) is only possible in the temperature range of -10...+50°C.

SG / Y series with 1 measuring grid / linear strain gages

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-LY11-0.6/120	1-LY13-0.6/120	1-LY1x-0.6/120#	120	0.6	1	5	3.2	1.5	LS 7
1-LY11-1.5/120	1-LY13-1.5/120	1-LY1x-1.5/120	120	1.5	1.2	6.5	4.7	2.5	LS 7
1-LY11-3/120	1-LY13-3/120	1-LY1x-3/120	120	3	1.4	8.5	4.5	4	LS 7
1-LY11-3/120A		1-LY1x-3/120A	120	3	1.4	8.5	4.5	4	LS 7
1-LY11-6/120	1-LY13-6/120	1-LY1x-6/120	120	6	2.8	13	6	8	LS 5
1-LY11-6/120A		1-LY1x-6/120A	120	6	2.8	13	6	8	LS 5
1-LY11-10/120	1-LY13-10/120	1-LY1x-10/120	120	10	4.9	18.5	9.5	13	LS 5
1-LY11-10/120A		1-LY1x-10/120A	120	10	4.9	18.5	9.5	13	LS 5
1-LY11-1.5/350	1-LY13-1.5/350	1-LY1x-1.5/350#	350	1.5	1.2	5.7	4.7	4.5	LS 7
1-LY11-3/350	1-LY13-3/350	1-LY1x-3/350	350	3	1.5	8.5	4.5	7	LS 7
		1-LY1x-3/350A	350	3	1.5	8.5	4.5	7	LS 7
1-LY11-6/350	1-LY13-6/350	1-LY1x-6/350	350	6	2.9	13	6	14	LS 5
1-LY11-6/350A		1-LY1x-6/350A	350	6	2.9	13	6	14	LS 5
1-LY11-10/350		1-LY1x-10/350	350	10	5	18.5	9.5	23	LS 5
1-LY11-10/350A		1-LY1x-10/350A	350	10	5	18.5	9.5	23	LS 5

LY11

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

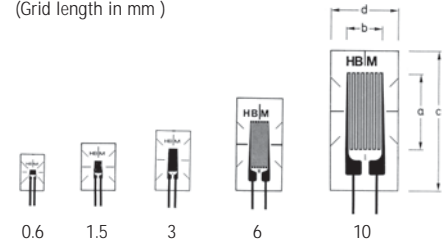
LY13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

LY1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-LY21-0.6/120		1-LY2x-0.6/120#	120	0.6	0.6	3.5	6.4	1	LS 7
1-LY21-1.5/120		1-LY2x-1.5/120	120	1.5	1.4	4.7	8.3	2	LS 5
1-LY21-3/120		1-LY2x-3/120	120	3	2.8	7.5	10	6	LS 5
		1-LY2x-6/120	120	6	5.7	11	16	12	LS 4

Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

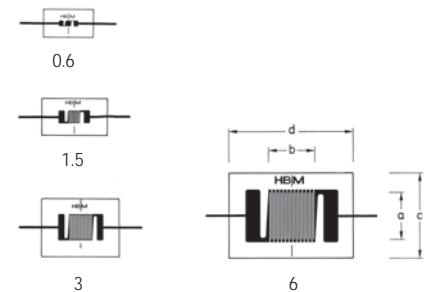
LY21

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

LY2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

SG / Y series with 1 measuring grid / linear strain gages

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Others	Ω	Measuring grid				Measuring grid carrier	V
		a	b			c	d		
1-LY41-0.6/120		1-LY4x-0.6/120#	120	0.6	1.2	6	4	1.5	LS 5
1-LY41-1.5/120		1-LY4x-1.5/120	120	1.5	1.2	7	5	2.5	LS 5
1-LY41-3/120	1-LY43-3/120	1-LY4x-3/120	120	3	1.1	8	5	3.5	LS 5
		1-LY4x-3/120A	120	3	1.1	8	5	3.5	LS 5
1-LY41-6/120	1-LY43-6/120	1-LY4x-6/120	120	6	2.3	13.9	5.9	8	LS 5
1-LY41-6/120A		1-LY4x-6/120A	120	6	2.3	13.9	5.9	8	LS 5
1-LY41-10/120		1-LY4x-10/120	120	10	5	18	8	14	LS 5
		1-LY4x-10/120A	120	10	5	18	8	14	LS 5
1-LY41-20/120		1-LY4x-20/120	120	20	0.7	31.8	8.2	6.5	LS 5
1-LY41-50/120		1-LY4x-50/120	120	50	0.9	63.6	8.2	12	LS 5
1-LY41-100/120		1-LY4x-100/120	120	100	1	114.8	8.2	19	LS 5
1-LY41-150/120		1-LY4x-150/120	120	150	1.3	165.6	8.2	25	LS 5
1-LY41-1.5/350		1-LY4x-1.5/350#	350	1.5	2.3	9.2	5.9	6.5	LS 5
1-LY41-3/350	1-LY43-3/350	1-LY4x-3/350	350	3	2.5	10.9	5.9	9	LS 5
1-LY41-3/350A		1-LY4x-3/350A	350	3	2.5	10.9	5.9	9	LS 5
1-LY41-6/350	1-LY43-6/350	1-LY4x-6/350	350	6	2.7	13.9	5.9	15	LS 5
1-LY41-6/350A		1-LY4x-6/350A	350	6	2.7	13.9	5.9	15	LS 5
1-LY41-10/350		1-LY4x-10/350	350	10	5	18	8	24	LS 5
		1-LY4x-10/350A	350	10	5	18	8	24	LS 5
1-LY41-3/700	1-LY43-3/700	1-LY4x-3/700	700	3	2.7	10.9	5.9	13	LS 5
1-LY41-6/700		1-LY4x-6/700	700	6	4.1	13.9	5.9	23	LS 5
1-LY41-10/700		1-LY4x-10/700	700	10	5	18	8	33	LS 5
		1-LY4x-3/1000#	1000	3	2.7	10.9	5.9	16	LS 5
1-LY41-6/1000		1-LY4x-6/1000#	1000	6	4.3	13.9	5.9	27	LS 5
		1-LY4x-10/1000#	1000	10	5	18	8	40	LS 5

LY41

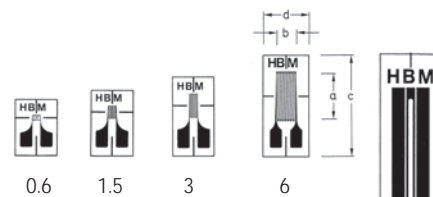
Linear strain gage
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

LY43

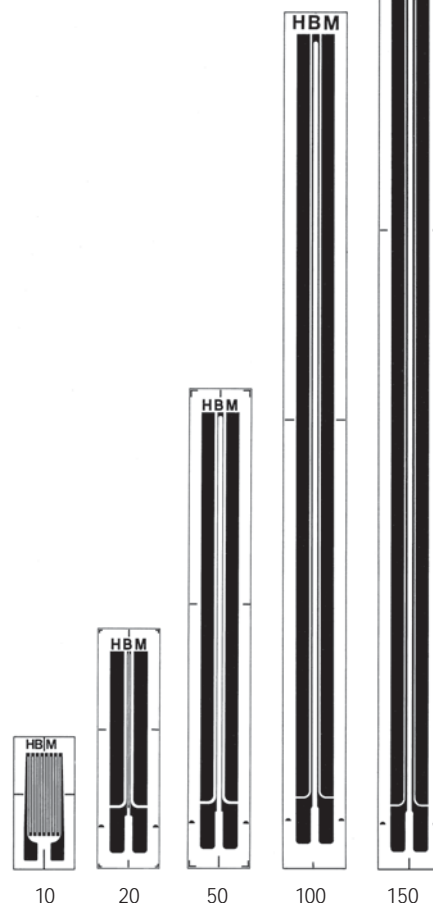
Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

LY4x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20



Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 1 measuring grid / linear strain gages

Stock types		Variants	No- minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω		a	b	c	d	V
1-LY51-3/120		1-LY5x-3/120	120	3	0.3	9	4.7	2	LS 7
		1-LY5x-6/120	120	6	0.4	13	4.7	3	LS 7

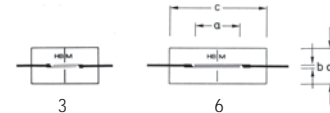
LY51

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

LY5x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

Stock types		Variants	No- minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω		a	b	c	d	V
1-LY61-1.5/120		1-LY6x-1.5/120	120	1.5	1.0	7.8	4.7	2.5	-
1-LY61-3/120		1-LY6x-3/120	120	3	1.4	9.8	4.7	4	-
		1-LY6x-3/120A	120	3	1.4	9.8	4.7	4	-
1-LY61-6/120	1-LY63-6/120	1-LY6x-6/120	120	6	2.5	16	6.3	8	-
		1-LY6x-6/120A	120	6	2.5	16	6.3	8	-
1-LY61-10/120		1-LY6x-10/120	120	10	4.3	23.5	9.3	13	-
1-LY61-3/350		1-LY6x-3/350	350	3	1.7	9.8	4.7	7	-
		1-LY6x-3/350A	350	3	1.7	9.8	4.7	7	-
1-LY61-6/350	1-LY63-6/350	1-LY6x-6/350	350	6	2.6	16	6.3	13	-
1-LY61-6/350A		1-LY6x-6/350A	350	6	2.6	16	6.3	13	-
1-LY61-10/350		1-LY6x-10/350	350	10	4.3	23.5	9.3	22	-

LY61

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

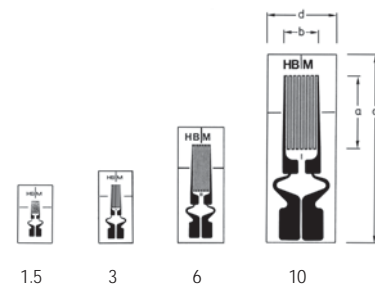
LY63

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

LY6x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

SG / Y series with 2 measuring grids / double strain gages

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-DY11-3/350	1-DY13-3/350	1-DY1x-3/350	350	3	2.7	9	8	9	LS 7
1-DY11-6/350	1-DY13-6/350	1-DY1x-6/350	350	6	3.2	12.5	9.4	14	LS 7

DY11

Double strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

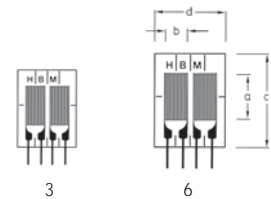
DY13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

DY1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-DY41-3/350	1-DY43-3/350	1-DY4x-3/350	350	3	2.5	8.2	8	8.5	LS 7
1-DY41-6/350		1-DY4x-6/350	350	6	2.8	10.7	9	13	LS 7

DY41

Double strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

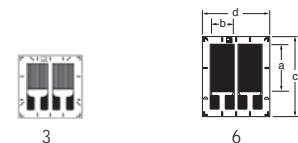
DY43

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

DY4x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / Y series with 2 measuring grids / T rosette

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
		Ω	a		b	c	d	V	
1-XY11-0.6/120		1-XY1x-0.6/120#	120	0.6	1	6	4	1.5	LS 7
1-XY11-1.5/120	1-XY13-1.5/120	1-XY1x-1.5/120	120	1.5	1.5	9	5	3	LS 5
1-XY11-3/120	1-XY13-3/120	1-XY1x-3/120	120	3	3	14.5	7.5	6	LS 4
1-XY11-6/120		1-XY1x-6/120	120	6	6	23.5	11	12	LS 5
1-XY11-1.5/350	1-XY13-1.5/350	1-XY1x-1.5/350#	350	1.5	1.5	9	5	5	LS 5
1-XY11-3/350	1-XY13-3/350	1-XY1x-3/350	350	3	3	14.4	7.3	10	LS 4
1-XY11-6/350	1-XY13-6/350	1-XY1x-6/350	350	6	6	23.3	10.5	20	LS 4

XY11

0°/90° T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

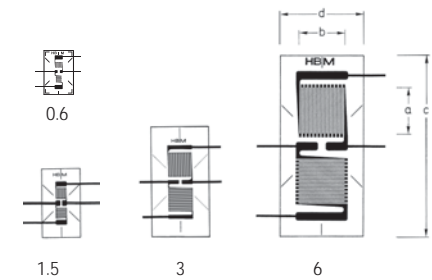
XY13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XY1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
		Ω	a		b	c	d	V	
1-XY31-0.6/120		1-XY3x-0.6/120#	120	0.6	1	7	6	1.5	LS7
1-XY31-1.5/120	1-XY33-1.5/120	1-XY3x-1.5/120	120	1.5	1.5	8	6.3	3	LS7
1-XY31-3/120		1-XY3x-3/120	120	3	2.8	10.5	8	5.5	LS7
1-XY31-6/120		1-XY3x-6/120	120	6	5.8	17.5	12	11	LS4
1-XY31-1.5/350	1-XY33-1.5/350	1-XY3x-1.5/350#	350	1.5	1.2	7.7	6.3	5	LS7
1-XY31-3/350	1-XY33-3/350	1-XY3x-3/350	350	3	2.9	10.9	7.6	10	LS5
1-XY31-6/350	1-XY33-6/350	1-XY3x-6/350	350	6	5.7	18	12	20	LS4

XY31

0°/90° T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

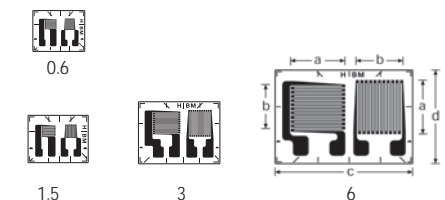
XY33

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XY3x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 2 measuring grids / T rosette

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid			Measuring grid carrier		
			Ω	a	b1	b2	c	d	V	
1-XY91-1.5/120	1-XY93-1.5/120	1-XY9x-1.5/120	120	1.5	1.2	1.2	4.7	5.2	2	LS 5
1-XY91-3/120	1-XY93-3/120	1-XY9x-3/120	120	3	1.4	1.3	6.2	7.9	3.5	LS 5
1-XY91-6/120	1-XY93-6/120	1-XY9x-6/120	120	6	1.9	2.2	10	9.6	5.5	LS 4
1-XY91-10/120		1-XY9x-10/120	120	10	3.2	3.8	15.2	14.0	9	LS 212

XY91

0°/90° stacked T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

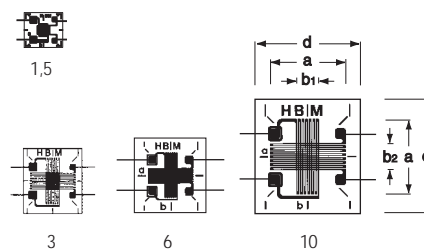
XY93

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XY9x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 2 measuring grids / torsion / shear strain gages

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-XY101-1.5/120		1-XY10x-1.5/120	120	1.5	1.4	8	8.3	1.5	LS7
1-XY101-3/120	1-XY103-3/120	1-XY10x-3/120	120	3	2.8	10.6	9.8	3	LS5
		1-XY10x-6/120	120	6	5.5	18	16.5	5.5	LS4
1-XY101-3/350	1-XY103-3/350	1-XY10x-3/350	350	3	2.9	10.6	8	11	LS5
		1-XY10x-6/350	350	6	5.9	18	16.5	10	LS4

XY101

0°/90° T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

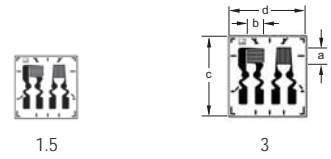
XY103

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XY10x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals	
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b1	b2	c	d	V	
1-XY21-0.6/120		1-XY2x-0.6/120#	120	0.6	2	1.1	7.5	4	2.5	LS 7
1-XY21-1.5/120		1-XY2x-1.5/120	120	1.5	1.7	2.5	6.8	4.5	4.5	LS 7
1-XY21-3/120		1-XY2x-3/120	120	3	4.3	5.3	11.2	9.5	6	LS 5
1-XY21-6/120		1-XY2x-6/120	120	6	8.0	10	17.5	12.7	11	LS 4
1-XY21-1.5/350		1-XY2x-1.5/350#	350	1.5	2.1	2.5	7.4	4.5	5	LS 7
1-XY21-3/350	1-XY23-3/350	1-XY2x-3/350	350	3	4.0	5.3	11.2	9.5	10	LS 4
1-XY21-6/350	1-XY23-6/350	1-XY2x-6/350	350	6	7.8	10	17.5	12.7	19	LS 4
		1-XY2x-3/700#	700	3	4.0	5.3	11.2	9.5	14	LS 5
		1-XY2x-6/700	700	6	7.8	10	17.5	12.7	27	LS 4

XY21

Shear/torsion half bridge
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

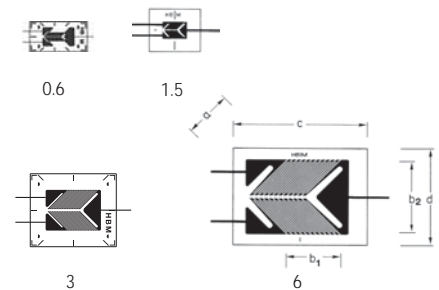
XY23

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XY2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 2 measuring grids / torsion / shear strain gages

Stock types		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier				V
		Others	Ω	a	b1	b2	c	d		
1-XY41-0.6/120		1-XY4x-0.6/120#	120	0.6	2.1	1.6	6.5	4.6	1.5	LS 7
1-XY41-1.5/120	1-XY43-1.5/120	1-XY4x-1.5/120	120	1.5	1.7	3.1	7.5	4.6	2.5	LS 7
1-XY41-3/120		1-XY4x-3/120	120	3	3	5.4	11	8	5	LS 7
1-XY41-6/120		1-XY4x-6/120	120	6	6	10.2	16	12.2	9.5	LS 4
		1-XY4x-1.5/350	350	1.5	1.5	1.95	3	7.5	4	LS 7
1-XY41-3/350	1-XY43-3/350	1-XY4x-3/350	350	3	4.1	5.6	11	8	9.5	LS 7
1-XY41-6/350		1-XY4x-6/350	350	6	6	10	16	12.2	16	LS 4
1-XY41-3/700		1-XY4x-3/700#	700	3	4.1	5.6	11	8	13.5	LS 7
		1-XY4x-6/700	700	6	6	10	16	12.2	23	LS 4

XY41

Shear/torsion half bridge
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

XY43

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XY4x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



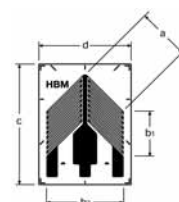
0.6



1.5



3



6

Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 3 measuring grids / rosettes

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a1	a2	b	c	d	V	
1-RY11-3/120	1-RY13-3/120	1-RY1x-3/120#	120	0.8	3	0.8	7	7	1.5	LS 7
1-RY11-6/120	1-RY13-6/120	1-RY1x-6/120	120	2	6	1.3	11	11	3	LS 5
1-RY11-10/120		1-RY1x-10/120	120	2.9	10	2.6	15.4	15.4	5	LS 4

R Y11

0°/45°/90° rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

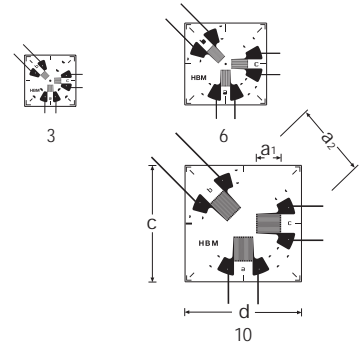
R Y13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

R Y1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a2 in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a1	a2	b	d	V		
1-RY31-3/120		1-RY3x-3/120#	120	0.8	3	0.8	7	1.5	LS 7	
1-RY31-6/120	1-RY33-6/120	1-RY3x-6/120	120	2	6	1.3	11	3	LS 5	
1-RY31-10/120		1-RY3x-10/120	120	2.9	10	2.6	15.4	5	LS 4	

R Y31

0°/45°/90° rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

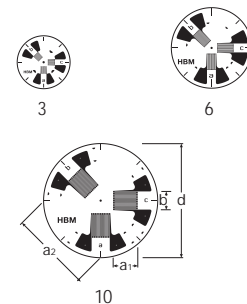
R Y33

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

R Y3x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a2 in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 3 measuring grids / rosettes

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a1	a2	b	c	d	V	
		1-RY4x-3/120#	120	0.8	3	0.8	7	7	1.5	LS 7
1-RY41-6/120		1-RY4x-6/120	120	2	6	1.3	11	11	3	LS 5
1-RY41-10/120		1-RY4x-10/120	120	2.9	10	2.6	15.4	15.4	5	LS 4

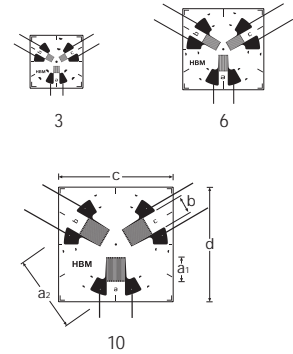
R41

0°/60°/120° rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

R4x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a2 in mm)



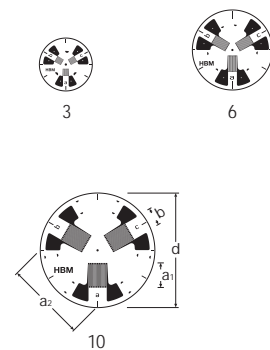
Contents per package: 5 pcs

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier		
		Others	Ω	a1	a2	b	d	V	
		1-RY7x-3/120#	120	0.8	3	0.8	7	1.5	LS 7
		1-RY7x-6/120	120	2	6	1.3	11	3	LS 5
		1-RY7x-10/120	120	2.9	10	2.6	15.4	5	LS 4

R7x

0°/60°/120° rosette
Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a2 in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 3 measuring grids / rosettes

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
		1-RY8x-0.6/120#	120	0.6	1.2	4.8	8.7	1.6	LS 7
1-RY81-1.5/120		1-RY8x-1.5/120	120	1.5	1.2	8.2	14.6	2.5	LS 7
1-RY81-3/120	1-RY83-3/120	1-RY8x-3/120	120	3	0.9	9.7	14.6	3	LS 7
1-RY81-6/120		1-RY8x-6/120	120	6	2.6	13.2	22.9	7.5	LS 7
		1-RY8x-1.5/350#	350	1.5	1.6	8.2	14.6	5	LS 7
		1-RY8x-3/350	350	3	0.9	9.7	14.6	5.5	LS 7
1-RY81-6/350		1-RY8x-6/350	350	6	2.6	13.1	22.9	13	LS 5

R Y81

0°/45°/90° rectangular rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

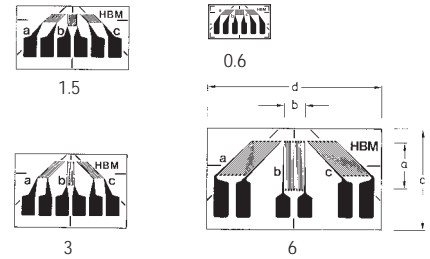
R Y83

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

R Y8x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-RY91-1.5/120		1-RY9x-1.5/120	120	1.5	1.25	9	8	1.5	LS 7
1-RY91-3/120	1-RY93-3/120	1-RY9x-3/120	120	3	1.25	9	9	2	LS 7
1-RY91-6/120	1-RY93-6/120	1-RY9x-6/120	120	6	2.5	12.5	11	4.5	LS 7
1-RY91-10/120		1-RY9x-10/120	120	10	4	18.5	16	7	LS 7

R Y91

0°/45°/90° rosette, stacked measuring grids
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

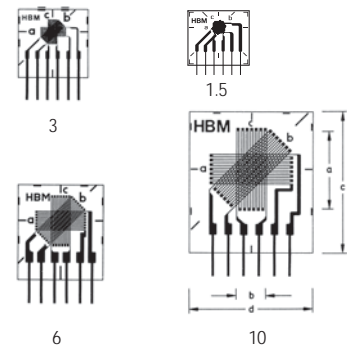
R Y93

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

R Y9x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory
Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series with 3 measuring grids / rosettes

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier				V
		Others	Ω	a	b	c	d		
1-RY101-1.5/120		1-RY10x-1.5/120	120	1.5	1.2	8.2	13.5	2.5	LS 7
1-RY101-3/120	1-RY103-3/120	1-RY10x-3/120	120	3	0.9	9.7	13.5	3	LS 7
		1-RY10x-6/120	120	6	2.8	16.4	22.9	7.5	LS 4
1-RY101-3/350	1-RY103-3/350	1-RY10x-3/350	350	3	1	9.7	13.5	5.5	LS 7
		1-RY10x-6/350	350	6	2.4	16.4	22.9	12	LS4

RY101

0°/45°/90° rectangular rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

RY103

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

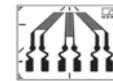
RY10x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

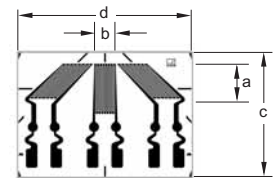
Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



1.5



3



6

Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / Y series with 4 measuring grids / full bridges

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-VY11-3/120		1-VY1x-3/120	120	3	7	13.5	13.5	6	LS 5/7
1-VY11-6/120		1-VY1x-6/120	120	6	14	23	23	12	LS 5/7

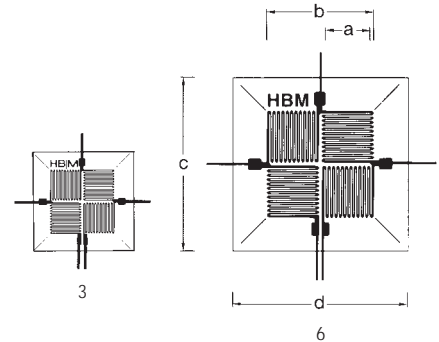
VY11

0°/90° T full bridge
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

VY1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-VY41-3/120		1-VY41x-3/120	120	3	1.3	9.8	10	3.5	LS7
		1-VY41x-6/120	120	6	2.7	18	17	7.5	LS4
1-VY41-3/350	1-VY43-3/350	1-VY41x-3/350	350	3	1.2	9.8	10	6	LS7
		1-VY41x-6/350	350	6	2.7	18	17	13	LS4

VY41

Shear/torsion full bridge
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

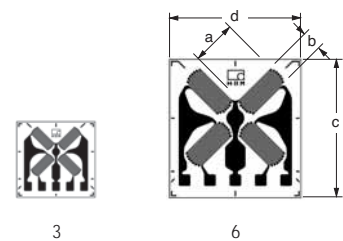
VY43

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

VY4x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / Y series full bridge / diaphragm rosettes

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
		1-MY2x-6/120	120	6	-	7.3	-	3.5	LS 7
1-MY21-15/350		1-MY2x-15/350	350	15	-	17	-	13	LS 5

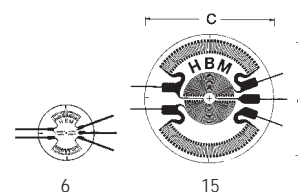
MY21

Diaphragm rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-4}/K$

MY2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a in mm)



Contents per package: 5 pcs.

SG / Y series strain gage chains

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier	Pitch		
			Ω	a	b	c	d	t	V	
1-KY11-1/120	1-KY13-1/120	1-KY1x-1/120#	120	0.6	1	7.2	14.5	1	2	LS 7
1-KY11-2/120	1-KY13-2/120	1-KY1x-2/120	120	1.5	1.3	6.7	24.5	2	2.5	LS 7
1-KY11-4/120		1-KY1x-4/120	120	3	2.1	9.7	44.5	4	5	LS 7

KY11

Strain gage chain
Comprising 10 measuring grids in parallel to the chain axis
and 1 compensating strain gage.
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

KY13

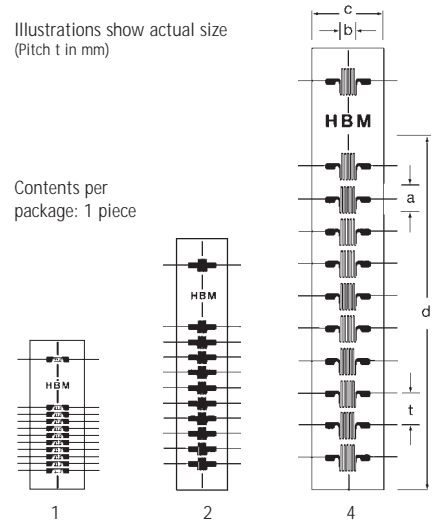
Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

KY1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Pitch t in mm)

Contents per
package: 1 piece



Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier	Pitch		
			Ω	a	b	c	d	t	V	
1-KY21-1/120	1-KY23-1/120	1-KY2x-1/120#	120	0.8	0.8	6.9	15	1	1.5	LS 7
1-KY21-2/120		1-KY2x-2/120	120	1.7	1.7	9.5	27	2	3.5	LS 7

KY21

Strain gage chain
Comprising 10 measuring grids vertical to the chain axis
and 1 compensating strain gage.
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

KY23

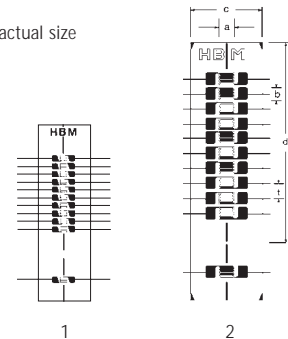
Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

KY2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Pitch t in mm)

Contents per
package: 1 piece



Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series strain gage chains

Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier	Pitch	V		
		Others	Ω	a	b	c	d	t		
		1-KY4x-2/120	120	1.2	1.3	9.2	24.5	2	2.5	LS 7
1-KY41-4/120		1-KY4x-4/120	120	3	3	11.5	44.5	4	6	LS 5

KY41

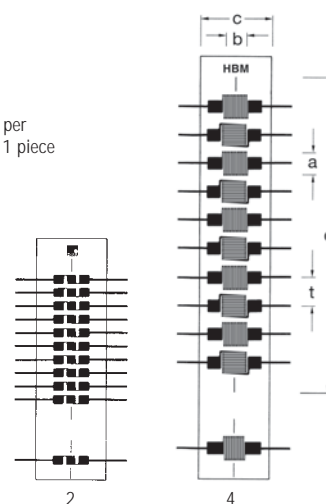
Strain gage chain
Comprising 10 measuring grids (5 in parallel, 5 vertical to the chain axis, alternatingly) and 1 compensating strain gage.
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$.

KY4x

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size
(Pitch t in mm)

Contents per package: 1 piece



2

4

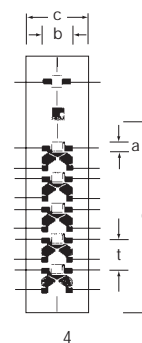
Stock types		Variants	No-nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier	Pitch	V		
		Others	Ω	a	b	c	d	t		
		1-KY3x-4/120	120	1.3	4.1	8.3	25	4	2.5	LS 7

KY3x

Strain gage rosette chain
comprising 5 rosettes each with 3 $0^\circ/60^\circ/120^\circ$ measuring grids and 1 compensating strain gage

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size
(Pitch t in mm)



4

Contents per package: 1 piece

SG / Y series strain gage chains

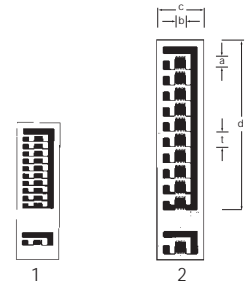
Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier		Pitch		
		Others	Ω	a	b	c	d	t	V	
		1-KY5x-1/120#	120	0.6	1.1	5.6	12.8	1	1.5	-
		1-KY5x-2/120	120	1.5	1.3	6	22.8	2	2.5	-

KY5x

Strain gage chain comprising 10 measuring grids with common connection in parallel to the measuring chain axis and 1 compensating strain gage

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size (Pitch t in mm)



Contents per package: 5 pcs

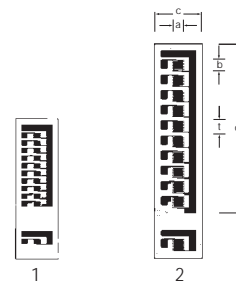
Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective excitation bridge voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier		Pitch		
		Others	Ω	a	b	c	d	t	V	
		1-KY6x-1/120#	120	0.8	0.6	5.6	12.8	1	1.2	-
		1-KY6x-2/120	120	1.3	1.5	6	22.8	2	2.5	-

KY6x

Strain gage chain comprising 10 measuring grids with common connection vertical to the measuring chain axis and 1 compensating strain gage

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size (Pitch t in mm)



Contents per package: 5 pcs

Types marked # are only available with matching to aluminum, ferritic or austenitic steel

SG / Y series strain gage chains

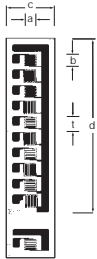
Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier	Pitch			
		Others	Ω	a	b	c	d	t	V	
		1-KY7x-2/120	120	1.3	1.5	6	22.8	2	2.5	-

KY7x

Strain gage chain comprising 10 measuring grids with common connection (5 in parallel, 5 vertical to the measuring chain axis, alternatingly) and 1 compensating strain gage

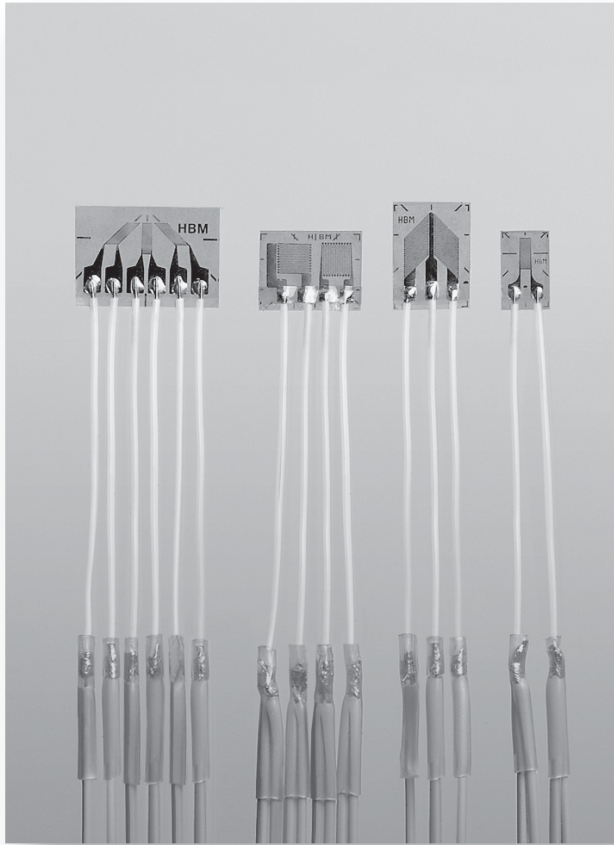
Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size (Pitch t in mm)



Contents per package: 5 pcs

SG with connection cable K-LY... / K-XY.../ K-RY...



Special features

- No soldering at the measuring point required
- Proven quality of the Y series strain gages, now also available with prewired PVC ribbon cable
- 40 mm Teflon wire, optional cable lengths from 0.5 m up to 10 m
- 2-, 3- and 4-wire versions
- Linear strain gages, T rosettes, shear/torsion strain gages and 3-measuring grid rosettes
- Teflon wire on the strain gage prevents the cable from sticking during installation

Specifications

strain gage construction measuring grid material thickness carrier material thickness cover material thickness connections	μm μm μm	foil SG complete with embedded measuring grid Constantan foil 3.8 or 5, depending on strain gage type polyimide 45 ± 10 polyimide 25 ± 5 Teflon wires, ...0.051 mm ² , approx. 40 mm long, connected to AWG28 ribbon cables (PVC insulated) through soldering sleeves in 2-, 3- or 4-wire circuit, in different lengths
nominal resistance ¹⁾ resistance tolerance ¹⁾ gage factor gage factor tolerance ¹⁾ temperature coefficient of the gage factor ¹⁾ nominal value of the temperature coefficient of the gage factor	Ω % % 1/K	120, 350, 700, or 1000, depending on SG type ± 0.3 approx. 2 (specified on each package) 1 (115 ± 10) · 10 ⁻⁶ specified on each package
reference temperature operating temperature range for absolute, i.e. zero point related measurements for relative, i.e. not zero point related measurements	$^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$	23 with PVC cable -10 ... + 90 without PVC cable - 10 ... +155 - 10 ... +155
transverse sensitivity for LY41-3/120	%	specified on each package +0.2
temperature response temperature response at customer's choice matched to the thermal expansion coefficient α for ferritic steel α for aluminum α for plastic material α for austenitic steel α for titanium/ gray steel α for molybdenum α for quartz tolerance of the temperature response ¹⁾ temperature response with matching in the range of ³⁾	1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K $^{\circ}\text{C}$	specified on each package 10.8 · 10 ⁻⁶ 23 · 10 ⁻⁶ 65 · 10 ⁻⁶ 16 · 10 ⁻⁶ 9 · 10 ⁻⁶ 5.4 · 10 ⁻⁶ 0.5 · 10 ⁻⁶ ± 0.3 · 10 ⁻⁶ -10 ... + 120
mechanical hysteresis at reference temperature and strain $\epsilon = \pm 1,000 \mu\text{m}/\text{m}$ on strain gage type LY 11-6/120 at 1st load cycle and adhesive Z 70 at 3rd load cycle and adhesive Z 70 at 1st load cycle and adhesive X 60 at 3rd load cycle and adhesive X 60	$\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$	1 0.5 2.5 1
maximum elongation at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LY41-3/120 absolute strain value for positive direction absolute strain value for negative direction	$\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$	20,000 ($\Delta \pm 2\%$) 25,000 ($\Delta \pm 2.5\%$)
fatigue life at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LY41-3/120 number of load cycles L_W at alternating strain $\epsilon_W = \pm 1,000 \mu\text{m}/\text{m}$ and zero point drift $\epsilon_m \Delta \leq 300$ zero point drift $\epsilon_m \Delta \leq 30$	$\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$	> 1 · 10 ⁷ (test was interrupted at 10 ⁷) 5 · 10 ⁶
minimum radius of curvature, longitudinal and transverse, at reference temperature within the measuring grid area within the area of the solder tabs bonding material that can be used cold curing adhesives	mm mm	0.3 10 Z70; X60; X280

¹⁾ = Properties of strain gages without flat ribbon cables (incl. Teflon wire)

For more information such as permissible excitation voltage and dimensions, see Strain gages /Y series (page 23)

³⁾ Matching to plastic (code number 8) is only possible in the temperature range of -10...+50°C.

SG with connection cable (incl. Teflon wire) with 1 measuring grid

Types that can be supplied at short notice		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Ω	Measuring grid				Measuring grid carrier
		a	b			c	d	V	
K-LY41-3/120		K-LY4x-3/120	120	3	1.1	8	5	4	not required
K-LY41-6/120	K-LY43-6/120	K-LY4x-6/120	120	6	2.3	13.9	5.9	8	
K-LY41-10/120		K-LY4x-10/120	120	10	5	18	8	14	
K-LY41-20/120		K-LY4x-20/120	120	20	0.7	31.8	8.2	7	
K-LY41-50/120		K-LY4x-50/120	120	50	0.9	63.6	8.2	12	
		K-LY4x-100/120	120	100	1	114.8	8.2	19	
		K-LY4x-150/120	120	150	1.3	165.6	8.2	25	
		K-LY4x-3/350	350	3	2.5	10.9	5.9	9	
K-LY41-6/350		K-LY4x-6/350	350	6	2.7	13.9	5.9	15	
		K-LY4x-10/350	350	10	5	18	8	24	
		K-LY4x-3/700	700	3	2.7	10.9	5.9	13	
		K-LY4x-6/700	700	6	4.1	13.9	5.9	23	
		K-LY4x-10/700	700	10	5	18	8	33	
		K-LY4x-3/1000#	1000	3	2.7	10.9	5.9	16	
		K-LY4x-6/1000#	1000	6	4.3	13.9	5.9	27	
		K-LY4x-10/1000#	1000	10	5	18	8	40	

K-LY41

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

K-LY43

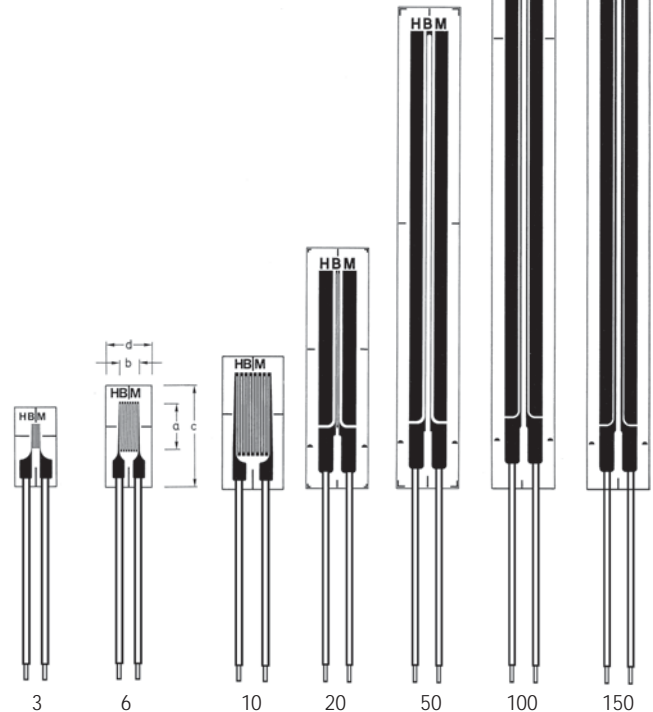
Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

K-LY4x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)

Contents per package: 10 pcs.



Available cable lengths,
see page 46

*Variants: minimum order quantity of 3 packages
= only available with temperature response matched to ferritic steel, austenitic steel and aluminum

SG with connection cable (incl. Teflon wire) with 2 measuring grids

Types that can be supplied at short notice		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	not required
		K-XY3x-3/120	120	3	2.8	10.5	8	5.5	
K-XY31-6/120		K-XY3x-6/120	120	6	5.5	17.5	12	11	
K-XY31-3/350		K-XY3x-3/350	350	3	2.9	10.9	7.6	10	
	K-XY33-6/350	K-XY3x-6/350	350	6	5.9	18	12	20	

K-XY31

0°/90° T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-4}/K$

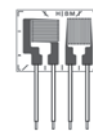
K-XY33

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-4}/K$

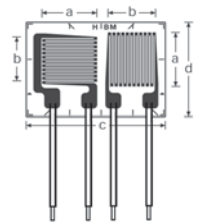
K-XY3x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size



3



6

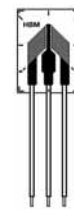
Contents per package: 5 pcs.

Types that can be supplied at short notice		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	not required
		K-XY4x-3/120	120	3	3	11	8	5	
		K-XY4x-6/120	120	6	6	16	12.2	9.5	
		K-XY4x-3/350	350	3	4.1	11	8	9.5	
		K-XY4x-6/350	350	6	6	16	12.2	16	
		K-XY4x-3/700#	700	3	4.1	11	8	13.5	
		K-XY4x-6/700	700	6	6	16	12.2	23	

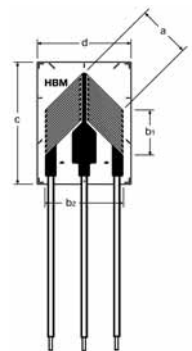
K-XY4x

Shear/ torsion half bridge
Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size



3



6

Contents per package: 5 pcs.

*Variants: minimum order quantity of 3 packages

= only available with temperature response matched to ferritic steel, austenitic steel and aluminum



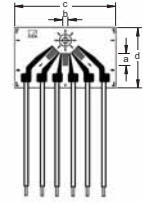
SG with connection cable (incl. Teflon wire) with 3 measuring grids

Types that can be supplied at short notice		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	not required
		K-RY6x-1.5/120R**	120	1.5	0.72	13.5	8	2	

K-RY61R

0°/45°/90° rectangular hole drilling rosette
Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size



1,5

Contents per package: 5 pcs.

Types that can be supplied at short notice		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	not required
K-RY81-3/120		K-RY8x-3/120	120	3	0.9	9.7	14.6	3	
K-RY81-6/120	K-RY83-6/120	K-RY8x-6/120	120	6	2.8	13.2	22.9	7.5	
		K-RY8x-3/350	350	3	0.9	9.7	14.6	5.5	
		K-RY8x-6/350	350	6	2.6	13.1	22.9	13	

K-RY81

0°/45°/90° rectangular hole drilling rosette
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

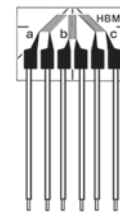
K-RY83

Temperature response matched to aluminum with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

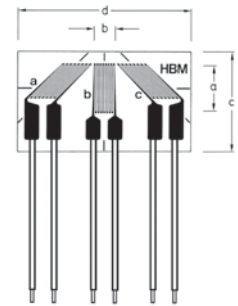
K-RY8x

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size



3



6

Contents per package: 5 pcs.

Available cable lengths (mounted PVC ribbon cable)

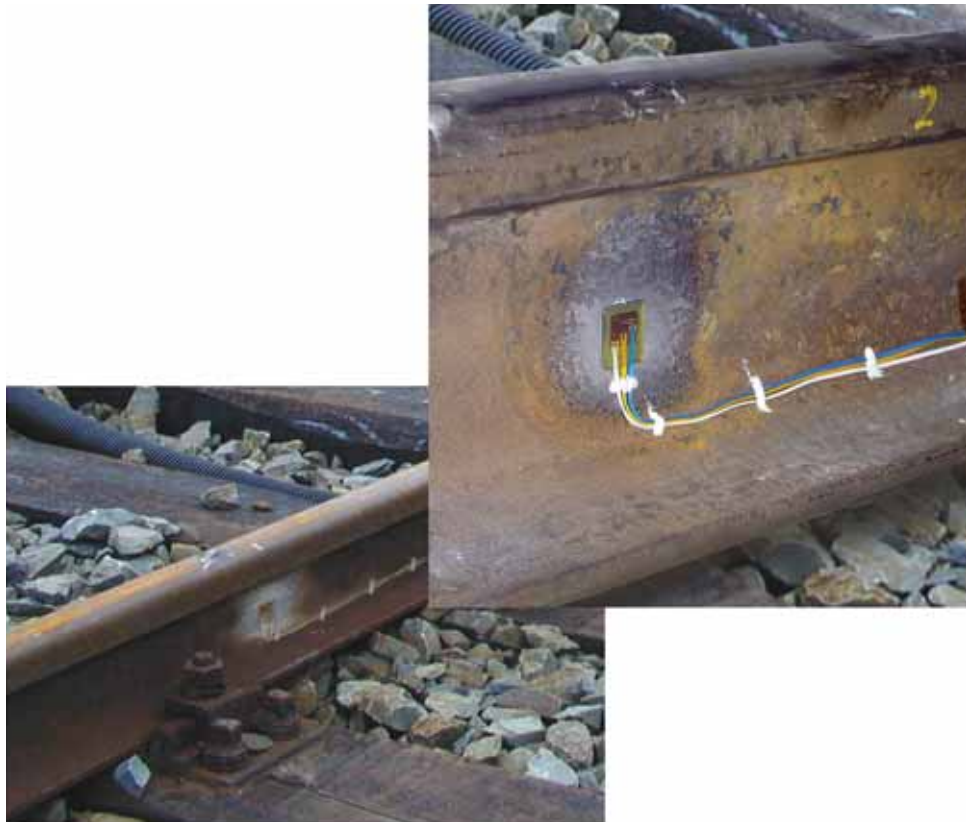
	K-LY4...				K-XY3...				K-XY4...				K-RY6.../RY8...		
	2-wire	3-wire	4-wire		2-wire	3-wire	4-wire		2-wire	3-wire	4-wire		2-wire	3-wire	4-wire
0.5 m	✓	✓	✓	0.5 m	✓	✓	✓	0.5 m	-	✓	-	0.5 m	✓	✓	✓
1 m	-	✓	✓	1 m	-	✓	✓	1 m	-	✓	-	1 m	-	✓	✓
2 m	-	✓	✓	2 m	-	✓	✓	2 m	-	✓	-	2 m	-	✓	✓
3 m	-	✓	✓	3 m	-	✓	✓	3 m	-	✓	-	3 m	-	✓	✓
4 m	-	✓	✓	4 m	-	✓	✓	4 m	-	✓	-	4 m	-	✓	✓
5 m	-	✓	✓	5 m	-	✓	✓	5 m	-	✓	-	5 m	-	✓	✓
7.5 m	-	✓	✓	7.5 m	-	✓	✓	7.5 m	-	✓	-	7.5 m	-	✓	✓
10 m	-	✓	✓	10 m	-	✓	✓	10 m	-	✓	-	10 m	-	✓	✓

*Variants: minimum order quantity of 3 packages

**= only available with temperature response matched to ferritic steel

V series strain gages

- Encapsulated strain gages
- 3m stranded connection wire, PVC insulated
- High mechanical protection



Experimental stress analysis on a railway rail

SG / V series encapsulated strain gages with 3m stranded connection wire

Stock types	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage
		Measuring		Measuring grid carrier		
		a	b	c	d	
Steel	Ω					V
1-LV41-3/120	120	3	1.1	19	12	2
1-XV91-3/120	120	3	1.4	24.5	20.5	2
1-RV91-3/120	120	3	1.25	24.5	20.5	1

LV41

Linear strain gage Contents per package: 10 pcs.

XV91

0°/90° T rosette Contents per package: 5 pcs.

RV91

0°/45°/90° rosette Contents per package: 5 pcs.

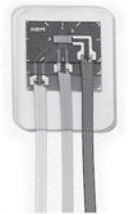
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$



LV41



XV91



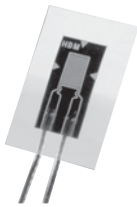
RV91

Specifications

strain gage construction		foil SG complete with embedded measuring grid and cable in plastic potting
measuring grid material		Constantan foil
thickness	μm	5
carrier material		polyimide
thickness	μm	45 ± 10
cover material		polyimide
thickness	μm	25 ± 5
potting material		plastic
thickness	mm	approx. 1.5
connections		PVC coated stranded connection wires, 3 m long in 2-wire circuit
nominal resistance	Ω	120; including stranded connection wire
resistance tolerance	%	± 0.5
gage factor		approx. 2
nominal value of the gage factor		specified on each package
gage factor tolerance	%	± 1
temperature coefficient of the gage factor	1/K	approx. $(115 \pm 10) \cdot 10^{-6}$
nominal value of the temperature coefficient of the gage factor		specified on each package
reference temperature	$^{\circ}\text{C}$	23
operating temperature range		
for absolute, i.e. zero point related measurements	$^{\circ}\text{C}$	$-30 \dots + 105$
for relative, i.e. not zero point related measurements	$^{\circ}\text{C}$	$-30 \dots + 105$
temperature response		specified on each package
temperature response with matching in the range of	$^{\circ}\text{C}$	$-10 \dots + 105$
maximum elongation ¹⁾		
at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LV41-3/120		
absolute strain value ϵ for positive direction	$\mu\text{m}/\text{m}$	20,000 ($\Delta \pm 2\%$)
absolute strain value ϵ for negative direction	$\mu\text{m}/\text{m}$	50,000 ($\Delta \pm 5\%$)
minimum radius of curvature, longitudinal and transverse, at reference temperature	mm	100
bonding material that can be used		
cold curing adhesives		Z 70; X 60; X280

¹⁾ The data depends on different installation parameters and is therefore specified for representative examples only.

Special SG encapsulated strain gage with stranded wire



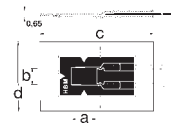
- IP 67 ¹⁾ protection
- 1 m Teflon insulated stranded connection wire
- Moisture proof and resistant against chemicals ²⁾ due to full encapsulation in special plastic material
- Excellent zero signal stability with changing moisture
- 2-wire or 4-wire circuit alternatively

Stock types	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage
		Measuring		Measuring grid carrier		
Steel	Ω	a	b	c	d	V
1-LE11-3/350Z (2-wire connection)	350	3	2	15	9	6
1-LE11-3/350V (4-wire connection))	350	3	2	15	9	6

LE11

encapsulated linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6} / K$

Illustrations show actual size



Contents per package: 5 pcs.

Specifications

Type		LE11-3/350
strain gage construction		foil SG IP 67, resistant against chemicals ²⁾
measuring grid material		Constantan foil
measuring grid length	mm	3
carrier material		special plastic material
thickness	μm	25
covering material		special plastic material, 25 μm thick
thickness of the complete SG	mm	0.65
nominal resistance	Ω	350
resistance tolerance per package	%	± 0.5
gage factor		approx. 2
nominal value of the gage factor		specified on each package
gage factor tolerance	%	± 1
reference temperature	$^{\circ}C$	+ 23
operating temperature range	$^{\circ}C$	- 70 ... + 120
for installation with Z 70	$^{\circ}C$	-200 ... + 180
for installation with EP 250/EP 310S/X 280		
temperature response matched to thermal expansion coefficient α for ferritic steel	1/K	$10.8 \cdot 10^{-6}$
temperature range of the matching of the temperature response	$^{\circ}C$	- 10...+ 120
transverse sensitivity	%	0.25
within reference temperature range using adhesive Z 70		
minimum radius of curvature at reference temperature	mm	3
longitudinal and transverse		
maximum elongation at reference temperature	$\mu m/m$	$\pm 50,000$ ($\Delta \pm 5 \%$)
fatigue life ¹⁾		
at reference temperature using adhesive Z 70		
number of load cycles L_W at alternating strain		
$\epsilon_W = \pm 1,000 \mu m/m$ and zero point drift	$\epsilon_m \Delta$	$\leq 300 \mu m/m$
	$\epsilon_m \Delta$	$\leq 30 \mu m/m$
connection cable, 1m long		2 or 4 Teflon insulated stranded wires
bonding material that can be used		Z 70, EP 310S, EP 250, X 280

¹⁾ Please note the resistance of the adhesives used

²⁾ only concentrated acids (sulphuric acid, nitric acid) will destroy this special plastic material.
High resistance against fuels and engine oils

C series strain gages

- The specialist for extreme temperatures (-269... +250°C)
- Temperature response with matching in the range of - 200 ... +250°C
- Flexible, therefore easy to handle



Tensile force measurement using C series strain gages at low temperatures (permafrost)

Specifications

strain gage construction measuring grid material thickness carrier material thickness cover material thickness connections	μm μm μm	foil SG complete with embedded measuring grid CrNi special alloy 5 polyimide 45 ± 10 polyimide 25 ± 5 nickel plated Cu leads, approx. 30mm in length
nominal resistance resistance tolerance gage factor nominal value of the gage factor gage factor tolerance temperature coefficient of the gage factor	Ω % % %	120, 350 depending on SG type ± 0.35 approx. 2.2 specified on each package ± 1 specified on each package
reference temperature operating temperature range for absolute, i.e. zero point related measurements for relative, i.e. not zero point related measurements	°C °C °C	23 -200 ... + 200 -269 ... + 250
transverse sensitivity within reference temperature range using adhesive Z 70 on strain gage type LC11-6/120	%	- 0.15
temperature response temperature response at customer's choice matched to the thermal expansion coefficient α for ferritic steel α for aluminum tolerance of the temperature response temperature response with matching in the range of	1/K 1/K 1/K °C	10.8 · 10 ⁻⁶ 23 · 10 ⁻⁶ ± 0.6 · 10 ⁻⁶ -200 ... + 250
mechanical hysteresis ¹⁾ at reference temperature and strain ε = ± 1,000 μm/m on strain gage type LC11-6/120 at 1st load cycle and adhesive Z 70 at 3rd load cycle and adhesive Z 70	μm/m μm/m	1.25 0.75
maximum elongation ¹⁾ at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LC11-6/120 absolute strain value ε for positive direction absolute strain value ε for negative direction	μm/m μm/m	20,000 (Δ 2 %) 100,000 (Δ 10 %)
fatigue life ¹⁾ at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LC11-6/120 number of load cycles L _w at alternating strain ε _w = ± 1,000 μm/m and zero point drift ε _m Δ ≤ 300 μm/m ε _m Δ ≤ 30 μm/m		>> 10 ⁷ (test was interrupted at 10 ⁷) > 10 ⁷ (test was interrupted at 10 ⁷)
minimum radius of curvature, longitudinal and transverse, at reference temperature within the measuring grid area within the area of the solder tabs bonding material that can be used cold curing adhesives hot curing adhesives	mm mm	0.3 2 Z 70; X 60; X 280 EP 250; EP 310S

¹⁾ The data depend on the various parameters of the specific application and are therefore stated for representative examples only.

SG / C series with 1 measuring grid, 2 measuring grids

Stock types		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-LC11-3/120			120	3	3.2	8.5	5.5	6	LS 5
1-LC11-6/120			120	6	3.2	12	5.5	9	LS 5
1-LC11-10/120			120	10	3.2	16	5.5	11	LS 5
1-LC11-3/350		1-LC1x-3/350*	350	3	3.2	8.5	5.5	10	LS 5
1-LC11-6/350		1-LC1x-6/350*	350	6	3.2	12	5.5	14	LS 5
1-LC11-10/350		1-LC1x-10/350*	350	10	3.2	16	5.5	18	LS 5

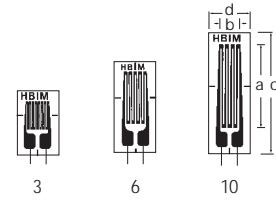
LC11

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

LC1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

Stock types		Variants	Nominal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-XC11-3/350		1-XC1x-3/350*	350	3	3.2	10	10	10	LS 7
		1-XC1x-6/350*	350	6	6.2	16	18	20	LS 4

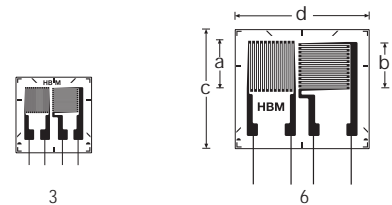
XC11

0°/90° T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

XC1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Types marked * are only available with matching to aluminum or ferritic steel

SG / C series with 3 measuring grids

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]						Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier		V		
		Others	Ω	a1	a2	b	c	d			
1-RC11-4/350		1-RC1x-4/350*	350	1.1	4	1.1	8	8	3.5	LS 7	
		1-RC1x-6/350*	350	2	6	1.3	11	11	5	LS 5	

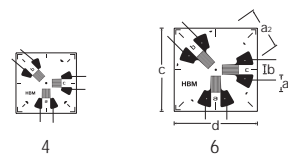
RC11

0°/45°/90° rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

RC1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a2 in mm)

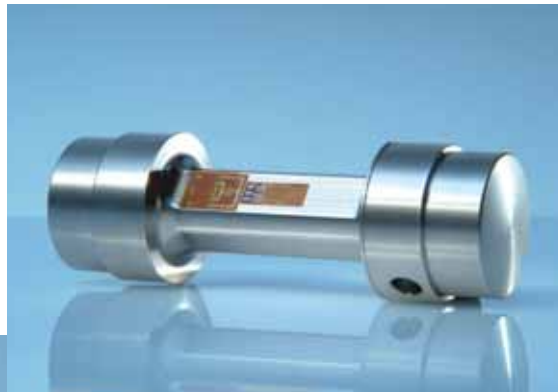


Contents per package: 5 pcs.

Types marked * are only available with matching to aluminum or ferritic steel

G series strain gages

- Optimum strain gage for the manufacture of transducers
- Nominal resistances of 120 ohms and 350 ohms available
- Carrier material: glass fiber reinforced phenolic resin/
Measuring grid material: constantan
- Leads: fitted as standard



G series strain gages used on different base bodies in the manufacture of transducers

Specifications		
strain gage construction measuring grid material thickness carrier material thickness cover material thickness connections	 μm μm μm	foil SG complete with embedded measuring grid Constantan foil 3.8 oder 5, depending on strain gage type glass fiber reinforced phenolic resin 35 \pm 10 glass fiber reinforced phenolic resin 25 \pm 8 nickel plated Cu leads, 0.2 or 0.3 x 0.06 x 30 mm
nominal resistance resistance tolerance ²⁾ gage factor nominal value of the gage factor gage factor tolerance for 0.6mm and 1.5mm measuring grid length for \geq 3 mm measuring grid length temperature coefficient of the gage factor nominal value of the temperature coefficient of the gage factor	 Ω % % % 1/K	120 oder 350, depending on strain gage type \pm 0.35 approx. 2 specified on each package \pm 1.5 \pm 0.7 approx. (115 \pm 10) \cdot 10 ⁻⁶ specified on each package
reference temperature operating temperature range for absolute, i.e. zero point related measurements for relative, i.e. not zero point related measurements	 $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$ $^{\circ}\text{C}$	23 -70 ... + 200 -200 ... + 200
transverse sensitivity within reference temperature range using adhesive Z 70 on strain gage type LG11-6/120	 %	- 0.1
temperature response emperature response at customer's choice matched to the thermal expansion coefficient α for ferritic steel α for aluminum α for plastic material α for austenitic steel α for titanium/ gray steel α for molybdenum α for quartz tolerance of the temperature response temperature response with matching in the range of ³⁾	 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K 1/K $^{\circ}\text{C}$	specified on each package 10.8 \cdot 10 ⁻⁶ 23 \cdot 10 ⁻⁶ 65 \cdot 10 ⁻⁶ 16 \cdot 10 ⁻⁶ 9 \cdot 10 ⁻⁶ 5.4 \cdot 10 ⁻⁶ 0.5 \cdot 10 ⁻⁶ \pm 0.3 \cdot 10 ⁻⁶ -10 ... + 120
mechanical hysteresis ¹⁾ at reference temperature and strain $\epsilon = \pm$ 1,000 $\mu\text{m}/\text{m}$ on strain gage type LG11-6/120 at 1st load cycle and adhesive EP 250 at 3rd load cycle and adhesive EP 250 at 1st load cycle and adhesive X 60 at 3rd load cycle and adhesive X 60 on strain gage type LG11-3/350 at 1st load cycle and adhesive Z 70 at 3rd load cycle and adhesive Z 70	 $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$	0.5 0.5 3 1.5 1.6 0.8
maximum elongation ¹⁾ at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LY 11-6/120 absolute strain value ϵ for positive direction absolute strain value ϵ for negative direction	 $\mu\text{m}/\text{m}$ $\mu\text{m}/\text{m}$	20,000 (Δ 2 %) 50,000 (Δ 5 %)
fatigue life ¹⁾ at reference temperature using adhesive Z 70 on strain gage type LG11-6/120 number of load cycles L_W at alternating strain $\epsilon_W = \pm$ 1,000 $\mu\text{m}/\text{m}$ and zero point drift $\epsilon_m \Delta \leq$ 300 $\mu\text{m}/\text{m}$ $\epsilon_m \Delta \leq$ 30 $\mu\text{m}/\text{m}$ on strain gage type LG11-6/350 $\epsilon_m \Delta \leq$ 300 $\mu\text{m}/\text{m}$ $\epsilon_m \Delta \leq$ 30 $\mu\text{m}/\text{m}$	 	 \gg 10 ⁷ $3 \cdot 10^6$ \gg 10 ⁷ $3 \cdot 10^6$
minimum radius of curvature, longitudinal and transverse, at reference temperature bonding material that can be used cold curing adhesives hot curing adhesives	 mm	3 Z 70; X 60; X 280 EP 250; EP 310S

¹⁾ The data depend on the various parameters of the specific application and are therefore stated for representative examples only.

²⁾ With measuring grid lengths of 0.6 mm, the nominal resistance may deviate by \pm 1%.

³⁾ Matching to plastic (code numer 8) is only possible in the temperature range of -10...+50°C.

SG / G series with 1 measuring grid, 2 measuring grids

Stock types		Variants	No- minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
		Ω	a		b	c	d	V	
		1-LG1x-0.6/120#	120	0.6	1.4	5	3.2	1.5	LS 7
		1-LG1x-1.5/120	120	1.5	1.2	6.5	4.7	2.5	LS 7
1-LG11-3/120		1-LG1x-3/120	120	3	1.4	8.5	4.5	4	LS 7
1-LG11-6/120		1-LG1x-6/120	120	6	2.8	13	6.3	8	LS 5
1-LG11-10/120		1-LG1x-10/120	120	10	4.9	18.5	9.5	13	LS 5
1-LG11-3/350		1-LG1x-3/350	350	3	1.5	8.5	4.5	7	LS 7
1-LG11-6/350	1-LG13-6/350	1-LG1x-6/350	350	6	2.9	13	6	14	LS 5
1-LG11-10/350		1-LG1x-10/350	350	10	5.0	18.5	9.5	23	LS 5

LG11

Linear strain gage
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

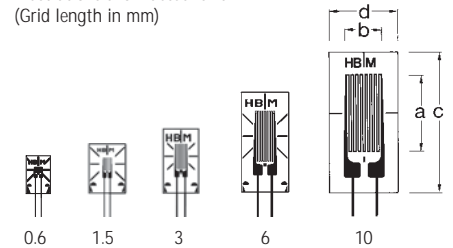
LG13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

LG1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

Stock types		Variants	No- minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
		Ω	a		b	c	d	V	
		1-XG1x-1.5/120	120	1.5	1.5	10.3	5.7	3	LS 5
1-XG11-3/120		1-XG1x-3/120	120	3	3.0	14.5	7.5	6	LS 4
1-XG11-6/120		1-XG1x-6/120	120	6	6.0	23.5	11	12	LS 5
1-XG11-3/350	1-XG13-3/350	1-XG1x-3/350	350	3	3.0	14.4	7.3	10	LS 4
1-XG11-6/350		1-XG1x-6/350	350	6	6.0	23.3	10.5	20	LS 5

XG11

T rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

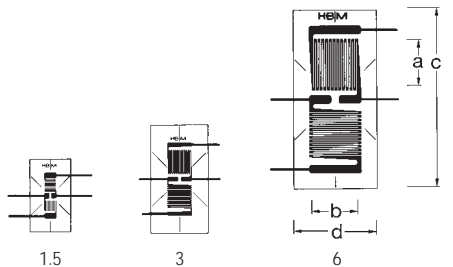
XG13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XG1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

= only available with temperature response matched to ferritic steel, austenitic steel and aluminum

SG / G series with 2 measuring grids

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid			Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b1	b2	c	d	V	
		1-XG2x-1.5/120	120	1.5	1.9	2.5	7.6	6.3	2.5	LS 7
		1-XG2x-3/120	120	3	4.3	5.3	11.2	9.5	6	LS 5
		1-XG2x-6/120	120	6	8	10	17.5	12.7	11	LS4
1-XG21-3/350		1-XG2x-3/350	350	3	4	5.3	11.2	9.5	10	LS4
1-XG21-6/350		1-XG2x-6/350	350	6	7.8	10	17.5	12.7	19	LS 5

XG21

Shear/ torsion half bridge
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

XG2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

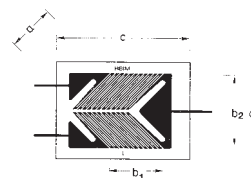
Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



1.5



3



6

Contents per package: 5 pcs

K series strain gages

- Optimum strain gage for the manufacture of transducers
- Carrier material: glass fiber reinforced phenolic resin/Measuring grid material: constantan
- Various strain gages with different creep adjustments available
- Especially matched compensating elements for zero point, TCO and TCS balancing
- On request, every K strain gage without leads can be supplied as stick-on strain gage (with touch-dry adhesive coating, hot curing) – for maximum precision and easy use in the manufacture of transducers.




Strain gage installation on a customized machine element



Z6 load cell from HBM without bellows

Specifications

Type		LK1x, DK1x, XK5x, XK1x, MK1x	LK2x, LK4x, DK2x, XK2x, XK6x, MK2x
strain gage construction		foil strain gage with embedded measuring grid with integrated leads	foil strain gage without cover with integrated solder tabs
measuring grid material thickness	μm	Constantan foil 5	
carrier material thickness	μm	glass fiber reinforced phenolic resin 35 ± 10	
cover material thickness	μm	25 ± 8	-
connections		nickel plated Cu leads approx. 30mm in length	integrated solder tabs
nominal resistance	Ω	350	
resistance tolerance	%	± 0.35	± 0.3
gage factor		approx. 2	
nominal value of the gage factor ⁴⁾		specified on each package	
gage factor tolerance ⁴⁾	%	0.7	
temperature coefficient of the gage factor	1/K	approx. (115 ± 10) · 10 ⁻⁶	
nominal value of the temperature coefficient of the gage factor		specified on each package	
reference temperature	°C	23	
operating temperature range			
for absolute, i.e. zero point related measurements	°C	- 70 ... + 200	
for relative, i.e. not zero point related measurements	°C	-200 ... + 200	
transverse sensitivity		specified on each package	
within reference temperature range using adhesive Z 70			
on strain gage type LK11E-3/350	%	- 0.09	
temperature response		specified on each package	
temperature response at customer's choice matched to the thermal expansion coefficient			
α for ferritic steel	1/K	10.8 · 10 ⁻⁶	
α for aluminum	1/K	23 · 10 ⁻⁶	
α for plastic material	1/K	65 · 10 ⁻⁶	
α for austenitic steel	1/K	16 · 10 ⁻⁶	
α for titanium/ gray steel	1/K	9 · 10 ⁻⁶	
α for molybdenum	1/K	5.4 · 10 ⁻⁶	
α for quartz	1/K	0.5 · 10 ⁻⁶	
tolerance of the temperature response	1/K	± 0.3 ... · 10 ⁻⁶	
temperature response with matching in the range of ³⁾	°C	-10 ... + 120	
Creep adjustment ²⁾		code letter	
The end loop length u corresponds to a multiple of the grid line width s			
 end loop		A: u = 1s M: u = 7s C: u = 2s O: u = 8s E: u = 3s Q: u = 9s G: u = 4s S: u = 10s I: u = 5s U: u = 11s K: u = 6s W: u = 12s	
mechanical hysteresis ¹⁾			
at reference temperature and strain ε = ± 1,000 μm/m			
on strain gage type LK11E-3/350			
at 1st load cycle and adhesive Z 70	μm/m	1.1	
at 3rd load cycle and adhesive Z 70	μm/m	0.8	
maximum elongation ¹⁾			
at reference temperature using adhesive Z 70			
on strain gage type LK11E-3/350			
absolute strain value ε for positive direction	μm/m	20,000 (Δ2 %)	
absolute strain value ε for negative direction	μm/m	50,000 (Δ5 %)	
fatigue life ¹⁾			
at reference temperature using adhesive Z 70			
alternating strain ε _W = ± 1,000 μm/m on strain gage type LK11E- 3/350			
number of load cycles and zero point drift			
ε _m Δ ≤ 300 μm/m		>> 10 ⁷	
ε _m Δ ≤ 30 μm/m		3 · 10 ⁶	
minimum radius of curvature, longitudinal and transverse, at reference temperature	mm		
bonding material that can be used			
cold curing adhesives		Z 70; X 60; X 280	
hot curing adhesives		EP 250; EP 310S	

¹⁾ The data depend on the various parameters of the specific application and are therefore stated for representative examples only.

³⁾ Matching to plastic (code number 8) is only possible in the temperature range of -10...+50°C.

²⁾ Different creep adjustments are available per type.

⁴⁾ Does not apply for MK1x, MK2x..

SG / K series with 1 measuring grid

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
		1-LK1xE-3/350	E	3	3	9.5	5	10	LS 212
		1-LK1xG-3/350	G	3	3	9.5	5	10	LS 212
1-LK11K-3/350	1-LK13K-3/350	1-LK1xK-3/350	K	3	3	9.5	5	10	LS 212
1-LK11O-3/350		1-LK1xO-3/350	O	3	3	9.5	5	10	LS 212
		1-LK1xA-6/350	A	6	3	12.5	5	14	LS 212
		1-LK1xC-6/350	C	6	3	12.5	5	14	LS 212
1-LK11E-6/350	1-LK13E-6/350	1-LK1xE-6/350	E	6	3	12.5	5	14	LS212
		1-LK1xG-6/350	G	6	3	12.5	5	14	LS212
		1-LK1xI-6/350	I	6	3	12.5	5	14	LS212

LK11

Linear strain gage with cover
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

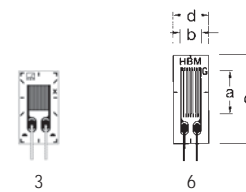
LK13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

LK1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-LK21K-3/350		1-LK2xK-3/350	K	3	3	9.5	5	9	LS 212
1-LK21O-3/350	1-LK23O-3/350	1-LK2xO-3/350	O	3	3	9.5	5	9	LS 212
1-LK21S-3/350	1-LK23S-3/350	1-LK2xS-3/350	S	3	3	9.5	5	9	LS 212
	1-LK23W-3/350	1-LK2xW-3/350	W	3	3	9.5	5	9	LS 212
		1-LK2xG-6/350	G	6	3	12.5	5	13	LS 212
1-LK21K-6/350		1-LK2xK-6/350	K	6	3	12.5	5	13	LS 212
		1-LK2xO-6/350	O	6	3	12.5	5	13	LS212

LK21

Linear strain gage without cover
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

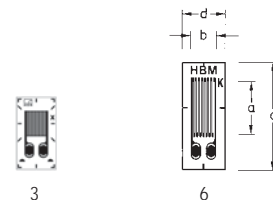
LK23

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

LK2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

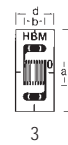
SG / K series with 1 measuring grid

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum	Others		Measuring grid		Measuring grid carrier			
			Ω	a	b	c	d	V	
		1-LK4xK-3/350	K	3	3	10.5	5	9	LS 212
		1-LK4xO-3/350	O	3	3	10.5	5	9	LS 212
		1-LK4xS-3/350	S	3	3	10.5	5	9	LS 212

LK4x

Linear strain gage without cover
Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



3

Contents per package: 10 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / K series with 2 measuring grids / double strain gages

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
		1-DK1xE-3/350	E	3	3	9.5	8.5	10	LS224
1-DK11G-3/350	1-DK13G-3/350	1-DK1xG-3/350	G	3	3	9.5	8.5	10	LS224
1-DK11K-3/350		1-DK1xK-3/350	K	3	3	9.5	8.5	10	LS224
		1-DK1xO-3/350	O	3	3	9.5	8.5	10	LS224
		1-DK1xA-6/350	A	6	3	12.5	8.5	14	LS224
		1-DK1xC-6/350	C	6	3	12.5	8.5	14	LS224
1-DK11E-6/350		1-DK1xE-6/350	E	6	3	12.5	8.5	14	LS224
1-DK11G-6/350		1-DK1xG-6/350	G	6	3	12.5	8.5	14	LS224
		1-DK1xI-6/350	I	6	3	12.5	8.5	14	LS224

DK11

Double strain gage with cover
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

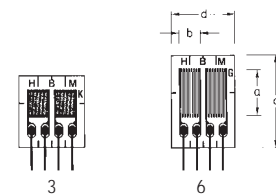
DK13

Temperature response matched to aluminum with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

DK1x

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size (Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-DK21K-3/350		1-DK2xK-3/350	K	3	3	9.5	8.5	9	LS 224
1-DK21O-3/350		1-DK2xO-3/350	O	3	3	9.5	8.5	9	LS 224
		1-DK2xS-3/350	S	3	3	9.5	8.5	9	LS 224
		1-DK2xW-3/350	W	3	3	9.5	8.5	9	LS 224
		1-DK2xG-6/350	G	6	3	12.5	8.5	13	LS 224
1-DK21K-6/350	1-DK23K-6/350	1-DK2xK-6/350	K	6	3	12.5	8.5	13	LS 224
		1-DK2xO-6/350	O	6	3	12.5	8.5	13	LS 224

DK21

Double strain gage without cover
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

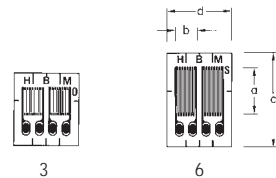
DK23

Temperature response matched to aluminum with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

DK2x

Temperature response matching at customer's choice, see page 20

Illustrations show actual size (Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / K series with 2 measuring grids / shear / torsion strain gages

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm effective bridge excitation voltage V	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid			Measuring grid carrier		
				a	b1	b2	c	d		
1-XK11E-3/350		1-XK1xE-3/350	E	3	4.5	5.5	15	8	10	LS224
		1-XK1xG-3/350	G	3	4.5	5.5	15	8	10	LS224
1-XK11K-3/350		1-XK1xK-3/350	K	3	4.5	5.5	15	8	10	LS224
1-XK11O-3/350		1-XK1xO-3/350	O	3	4.5	5.5	15	13	10	LS212
		1-XK1xA-6/350	A	6	5.5	10.4	20	13	15	LS212
		1-XK1xC-6/350	C	6	5.5	10.4	20	13	15	LS212
1-XK11E-6/350		1-XK1xE-6/350	E	6	5.5	10.4	20	13	15	LS212
		1-XK1xG-6/350	G	6	5.5	10.4	20	13	15	LS212
		1-XK1xI-6/350	I	6	5.5	10.4	20	13	15	LS212

XK11

Shear / torsion strain gage with cover
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

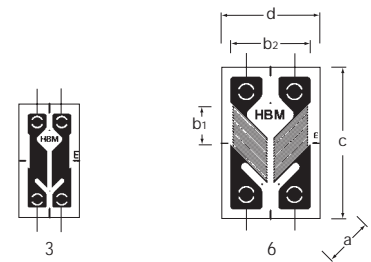
XK13

Temperature response matched to aluminum
with $\alpha = 23 \cdot 10^{-6}/K$

XK1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]					Max. perm effective bridge excitation voltage V	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid			Measuring grid carrier		
				a	b1	b2	c	d		
1-XK21K-3/350		1-XK2xK-3/350	K	3	4.5	5.5	15	8	9	LS224
1-XK21O-3/350		1-XK2xO-3/350	O	3	4.5	5.5	15	8	9	LS224
1-XK21S-3/350		1-XK2xS-3/350	S	3	4.5	5.5	15	8	9	LS224

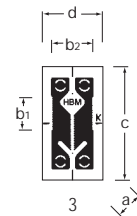
XK21

Shear / torsion strain gage without cover
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

XK2x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / K series with 2 measuring grids / T rosette

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
		1-XK5xA-3/350	A	3	3	10	10	10	LS 224
		1-XK51E-3/350	E	3	3	10	10	10	LS 224
		1-XK51M-3/350	M	3	3	10	10	10	LS 224
		1-XK51A-6/350	A	6	6	16	18	20	LS 224
		1-XK5xC-6/350	C	6	6	16	18	20	LS 224
		1-XK51E-6/350	E	6	6	16	18	20	LS 224

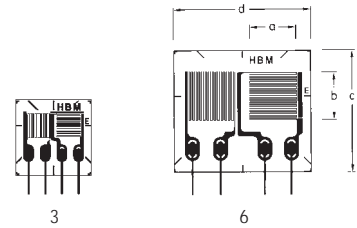
XK51

0°/ 90° T rosette with cover
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

XK5x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



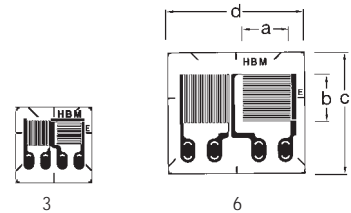
Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
		1-XK6xA-3/350	A	3	3	10	10	9	LS 224
		1-XK6xE-3/350	E	3	3	10	10	9	LS 224
		1-XK6xM-3/350	M	3	3	10	10	9	LS 224
		1-XK6xA-6/350	A	6	6	16	18	18	LS 224
		1-XK6xE-6/350	E	6	6	16	18	18	LS 224
		1-XK6xI-6/350	I	6	6	16	18	18	LS 224

XK6x

0°/ 90° T rosette without cover
Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG / K series with 4 measuring grids / diaphragm rosette

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω		a	b	c	d	V
		1-MK1xM-10/350	M	10	-	13	-	8	LS 224
		1-MK1xM-15/350	M	15	-	18	-	13	LS 224

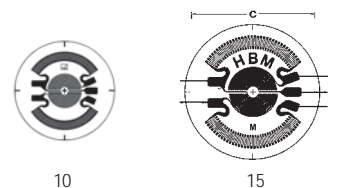
MK11

Diaphragm full bridge with cover
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

MK1x

Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Dimension a in mm)



Inhalt je Packung 5 Stück

Stock types		Variants	Creep adjustment	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω		a	b	c	d	V
		1-MK2xM-10/350	M	10	-	12	-	7	LS 224

MK21

Diaphragm full bridge without cover
Temperature response matching at customer's choice,
see page 20

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

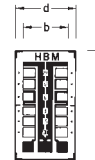
SG / K series balancing and compensating elements

Type	Dimensions (mm)			
	a	Grid b	c	Carrier d
1-NA1-6/4.73		6	14.5	8

NA1 6/4.73

Adjustable foil resistor for zero point balancing on a polyimide carrier with a raw resistance of twice about 9 Ω. For each bridge branch, a maximum of 4.73 Ω can be connected, with the following stages: 2.4 Ω – 1.2 Ω – 0.6 Ω – 0.3 Ω – 0.15 Ω – 0.08 Ω ± 20%^{a)}

Zero point balancing resistor



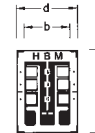
Contents per package: 10 pcs

Type	Dimensions (mm)			
	a	Grid b	c	Carrier d
1-TN1-3/1.05		6	11	8

TN1 3/1.05

Adjustable foil resistor for temperature compensation of the zero point. Nickel foil on a polyimide carrier with a raw resistance of twice about 0.7 Ω. For each bridge branch, a maximum of 1.05 Ω can be connected, with the following stages: 0.6 Ω – 0.3 Ω – 0.15 Ω ± 20%^{a)}
Temperature coefficient of the resistor: (+ 20°C...+ 70°C): 4.9 · 10⁻³/K

TC0 compensating resistor



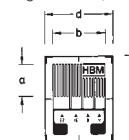
Contents per package: 10 pcs

Type	Dimensions (mm)			
	a	Grid b	c	Carrier d
1-TC1-4/60	4.2	7	11.5	9

TC1 4/60

Adjustable foil resistor for temperature compensation of the sensitivity. Nickel foil on a polyimide carrier with a raw resistance of about 1 Ω. For each bridge branch, a maximum of 60 Ω can be connected, with the following stages: 32 Ω – 16 Ω – 8 Ω – 4 Ω ± 20%^{a)}
Temperature coefficient of the resistor: (+ 20°C...+ 70°C): 4.9 · 10⁻³/K

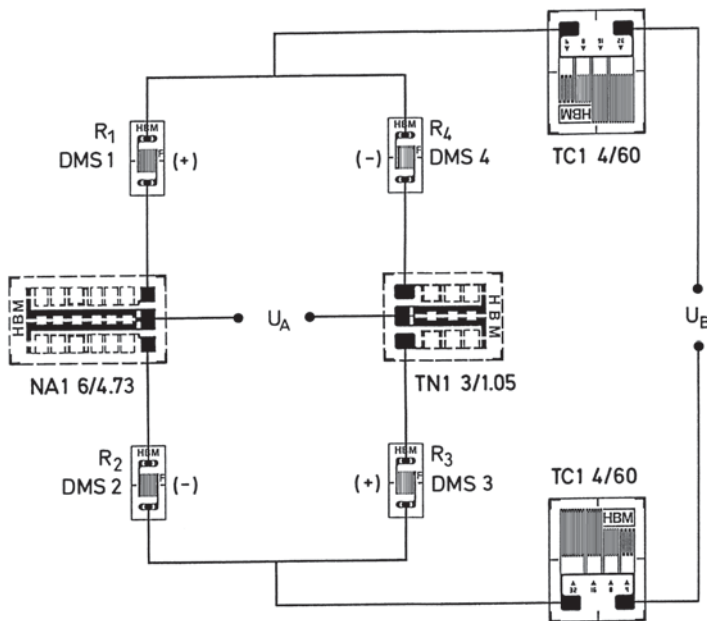
TCS compensating resistor
(grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs

^{a)} Reference temperature for resistor specifications T=23°C

SG / K series balancing and compensating elements



Example circuit diagram of balancing and compensating elements in a strain gage full bridge

Note: For more details, please refer to the HBM book "The Route to Measurement Transducers"

It's so easy,using stick-on strain gages:

- Preparation:
- Roughly clean the installation area and degrease it (e.g. using RMS1)
 - Grind (grain size 220-300), sandblast (e.g. corundum, grain size 80-100)
 - Clean with ultrapure solvent (e.g. RMS1)
- Strain gage: No preparation required
- Fixing the SG: Use heat-resistant adhesive tape (e.g. 1-Klebeband)
- Pressing of the SG: e.g. using a clamping device – protect the strain gage from damage using separating foil (e.g. 1-Teflon) and pressure compensation pads
- Curing of adhesives:
- Prerequisites for optimum curing:
- Contact pressure: 20-35 N/cm²
 - Rate of heating (under pressure): 2.5K/min from room temperature to 160°C
 - Curing time: 3.5h at 160°C
 - Cooling (under pressure): down to room temperature
 - Subsequent curing (without pressure): 1h at 160°C

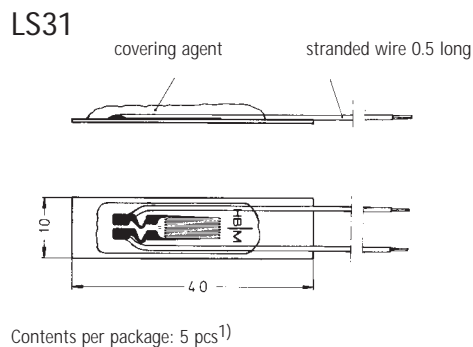
K strain gages without leads are also available with the "stick-on" option

Special SG / Weldable strain gage

Field of application: Strain measurements at increased temperatures on weldable components on which – due to their size – strain gage installation using hot curing adhesive is not possible. Use of strain gages “on site” where the cleanliness required for bonding cannot be guaranteed (construction sites, production plants, etc.).

Bonding: Spot welding is a simple bonding method for strain gages as hardly any preparations are necessary and very little practical experience is required of users.

Strain gage layout: Y series foil strain gage on carrier plate, covered with transparent silicone rubber; fitted with 0.5 m stranded connection wires



Specifications		
Type		LS 31-6/350
strain gage construction		foil strain gage (quarter bridge), polyimide carrier and constantan measuring grid, hot-bonded to carrier plate
measuring grid mm	6	
carrier plate		
l x w	mm	40 x 10
thickness	mm	0.1
material		X 8 Cr 17 (1.4016)
nominal resistance	Ω	350
resistance tolerance per package	%	± 1 ; measured at end of cable
gage factor		approx. 2
nominal value of the gage factor		specified on each package
maximum permissible bridge excitation voltage	V	15
reference temperature	°C	+ 23
operating temperature range	°C	- 200 ... + 150
temperature response at customer's choice matched to the thermal expansion coefficient α for ferritic steel	1/K	10.8 · 10 ⁻⁶
temperature response with matching in the range of	°C	- 10...+ 120
minimum radius of curvature at reference temperature	mm	75
longitudinal and transverse	μm/m	±3,000 (Δ ± 0.3 %)
maximum elongation at reference temperature	N	< 250
strain-related restoring force	1,000 μm/m	
bonding method		spot welding method

¹⁾ Each package is supplied with two plates for welding exercises

Strain gages for high strain

Strain gages for high strain

These strain gages are used in all applications where they are extended or shortened by > 5%.

Specifications: maximum elongation $\pm 100,000 \mu\text{m/m}$ ($\Delta \pm 10\%$).

Fatigue life: less resistance to alternating loads than with Y series strain gages.

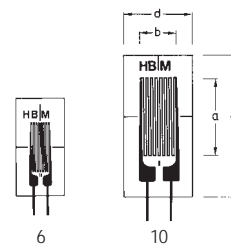
More specifications: see page 23

Stock types	No-minal resistance Ω	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm effective bridge excitation voltage V	Solder terminals
		Measuring grid		Measuring grid carrier			
		a	b	c	d		
1-LD20-6/120	120	6	2.8	12.8	6	8	LS 7
1-LD20-10/120	120	10	4.9	18.5	9.5	13	LS 5

LD20

Linear strain gage for high strains
No matching of temperature response

Illustrations show actual size
(Grid length in mm)



Contents per package: 10 pcs

Crack propagation gages

These strain gages are used to determine the crack propagation on a component. HBM offers three different types: Types RDS20 and RDS40 consist of electrically separated resistor lines, i.e. as the crack extends, individual circuits will be interrupted.

Type RDS22 consists of conductor tracks connected in parallel which will tear if the crack extends under the crack propagation gage. This will gradually increase the electrical resistance of the strain gage as the crack continues to extend.

This change in resistance can be measured using a resistance meter or a strain gage amplifier (see connection diagram).

Order designation of the standard types	Resistance per web Ω	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Pitch t center of link/center of link mm	Number of link	Max. perm effective excitation voltage V
		Link length a	Measuring grid width b	Measuring grid carrier c d				
1-RDS20	13	20	22.5	28	25	1.15	20	1.5
1-RDS22	44	22	5	27.8	6.8	0.1	50	0.8
1-RDS40	28	40	8.4	47	10	0.8	10	2.5

Resistance tolerance $\pm 20\%$

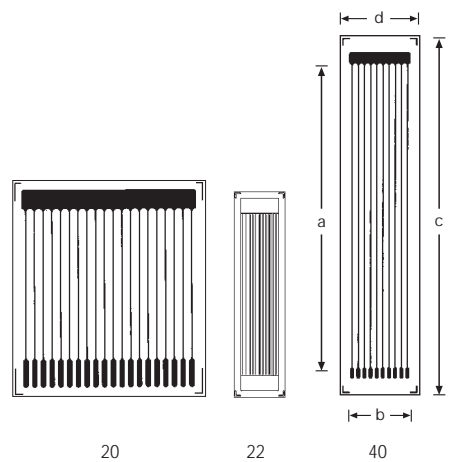
RDS20, RDS22, RDS40

Crack propagation gages
Illustrations show actual size
(Grid length in mm)

Construction:

Carrier: phenolic resin, glass-fiber reinforced, thickness $(35 \pm 10) \mu\text{m}$

Grid foil: constantan foil, thickness, $5 \mu\text{m}$



Contents per package: 5 pcs

Crack propagation gages

Connecting a crack propagation gage

There are two different types of crack propagation gages: RDS22 consisting of conductor tracks connected in parallel which will tear if the crack extends under the crack propagation gage. This will gradually increase the electrical resistance of the strain gage as the crack continues to extend. Types RDS20 and RDS40 consist of electrically separated resistor lines, i.e. as the crack extends, individual circuits will be interrupted. If these are contacted individually, the direction in which the gap extends can be detected.

The easiest way to detect the signals of crack propagation gages (RDS) is to measure the resistance. Many amplifiers from HBM enable such direct resistance measurements to be taken (e.g. MGCplus or Spider8 with the appropriate modules).

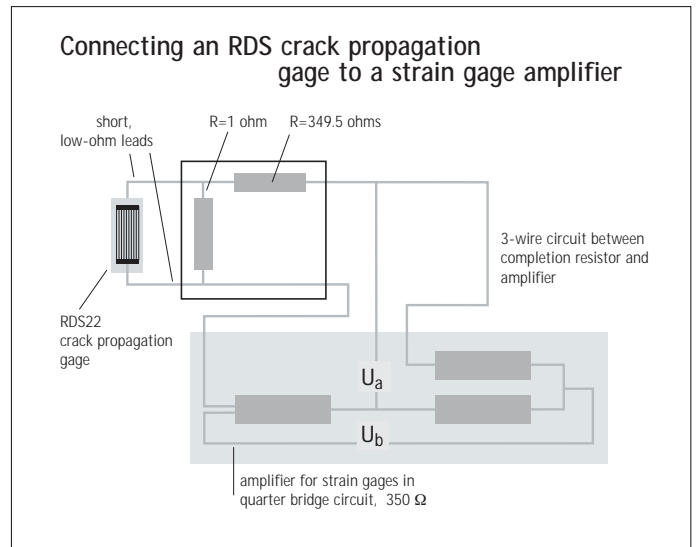
The resulting resistance (R) of the RDS is dependent on the number of torn links and can easily be calculated. n identical resistors (R_i) are connected in parallel:

$$R_n = \frac{R_i}{n}$$

If a grid line is interrupted, this is described by

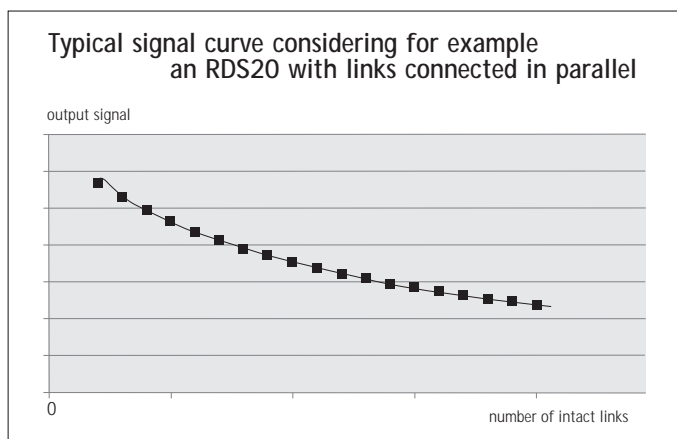
$$R_{(n-1)} = \frac{R_i}{(n-1)}$$

The measurement can also be taken using an amplifier for strain gage measurements. The connection diagram shows how the RDS has to be complemented to obtain a resistance change that is inside the measuring range of an amplifier for strain gage quarter bridges.



Temperature effects can be minimized using temperature stable fixed resistors or strain gages as completion resistors. A higher sensitivity can be obtained by selecting a parallel resistor with a higher resistance value.

Please contact us (e-mail: support@hbm.com) to get a table and a diagram showing the bridge output signal depending on the number of torn links for each crack propagation gage.



SG for determination of residual stress

For determining residual stresses, the two following proven strain gage based technologies are frequently used: the ring core method and the hole-drilling method. A common feature of both methods is that, after installation of the strain gage rosettes onto the workpiece, the residual stress condition is disturbed by a suitable action. In case of the ring core method this is done by cutting a circular groove around the strain gage rosette. In case of the hole-drilling method, a hole is drilled into the center of the rosette.

Following this action, residual stresses cause strains on the surface of the workpiece, which are detected by the strain gage, and then used for calculating the residual stress state. HBM's product range provides three different methods for determining residual stresses.

Ring core method

The XY51 rosettes (for residual stresses with known principal direction) and RY51 (for residual stresses with unknown principal direction) are specifically designed for the ring core method. This process enables high precision measurements to be taken and the residual stresses to be represented in relation to the drilling depth.

Stock types		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-XY51-5/350			350	5	2.5	12	-	6.5	-

Specifications:

Resistance tolerance $\pm 1\%$
More specifications: see page 23

As these strain gages are covered by a print plate, they can be used on level or weakly curved surfaces only.

Stock types		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Others	Measuring grid		Measuring grid carrier		
			Ω	a	b	c	d	V	
1-RY51-5/350			350	5	2.5	12	-	4.5	-

Specifications:

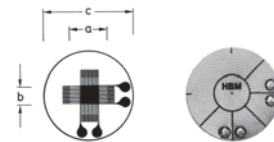
Resistance tolerance $\pm 1\%$
More specifications: see page 23

As these strain gages are covered by a print plate, they can be used on level or weakly curved surfaces only.

XY51

0°/90° ring core rosette
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$
operating temperature range: + 10°... + 60°C

Illustrations show actual size

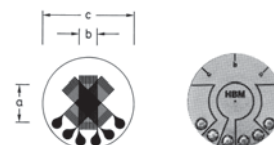


Contents per package: 5 pcs.

RY51

0°/45°/90° ring core rosette
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$
operating temperature range: + 10°... + 60°C

Illustrations show actual size



Contents per package: 5 pcs.

SG for determination of residual stress

Hole-drilling method according to the integral method

Using RY21 or, particularly easy to handle, RY61 and the associated drilling device (page 76), it is possible to determine the residual stresses according to the integral method.

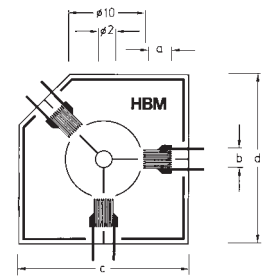
The result is the integral mean value of the residual stresses over the entire drilling depth.

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-RY21-3/120			120	3	2.5	22	22	4.5	LS 5

RY21

0°/45°/90° hole-drilling rosette
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

Illustrations show actual size



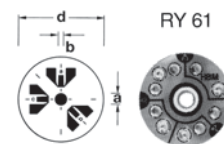
Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No- minal resis- tance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
1-RY61-1,5/120			120	1.5	0.7	-	12	2	LS 5

RY61

0°/45°/90° hole-drilling rosette
For use with HBM drilling device RY 61
Temperature response matched to steel
with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$
operating temperature range: + 10°... + 60°C

Illustrations show actual size



Contents per package: 5 pcs.

Specifications:

Resistance tolerance $\pm 1\%$
More specifications: see page 23

As these strain gages are covered by a print plate, they can be used on level or weakly curved surfaces only.

(1) Solder terminals are not compulsory

SG for determination of residual stress

Hole-drilling method by means of "High speed drilling"

The RY 61S, RY 61K, and VY 61S rosettes have been specifically designed for the requirements of high speed drilling. This method uses a special drilling technology, with a speed of 300,000 rpm. This prevents new residual stresses from arising due to processing.

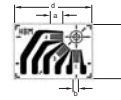
The resulting highly precise measurement values allow a very precise representation of the residual stresses in relation to the drilling depth.

Stock types		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
			120	1.5	0.7	7.2	10.2	2	LS 7
1-RY61-1.5/120K									

RY61K

0°/45°/90° rectangular hole drilling rosette strain gage with integrated solder tabs
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

Illustrations show actual size



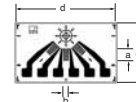
Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
		1-RY6x-1.5/120K**	120	1.5	0.7	8	13.5	2	LS 7

RY61R

0°/45°/90° hole-drilling rosette
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

Illustrations show actual size



Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
			120	1.5	0.7	-	10.2	2	LS 5
1-RY61-1.5/120S									

RY61S

0°/45°/90° hole-drilling rosette
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$ (see p. 47).

Illustrations show actual size



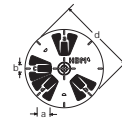
Contents per package: 5 pcs.

Stock types		Variants	No-minal resistance	Dimensions (mm) [1 inch = 25.4 mm]				Max. perm. effective bridge excitation voltage	Solder terminals (1)
Steel	Aluminum			Measuring grid		Measuring grid carrier			
		Others	Ω	a	b	c	d	V	
		1-VY6x-1.5/120S**	120	1.5	0.7	-	10.2	2	LS 5

VY61S

0°/45°/90°/135° hole-drilling rosette
Temperature response matched to steel with $\alpha = 10.8 \cdot 10^{-6}/K$

Illustrations show actual size



Contents per package: 5 pcs.

(1) Solder terminals are not compulsory

** = only available with temperature response matched to ferritic steel

MTS 3000... the system for automatically determining residual stress using strain gages

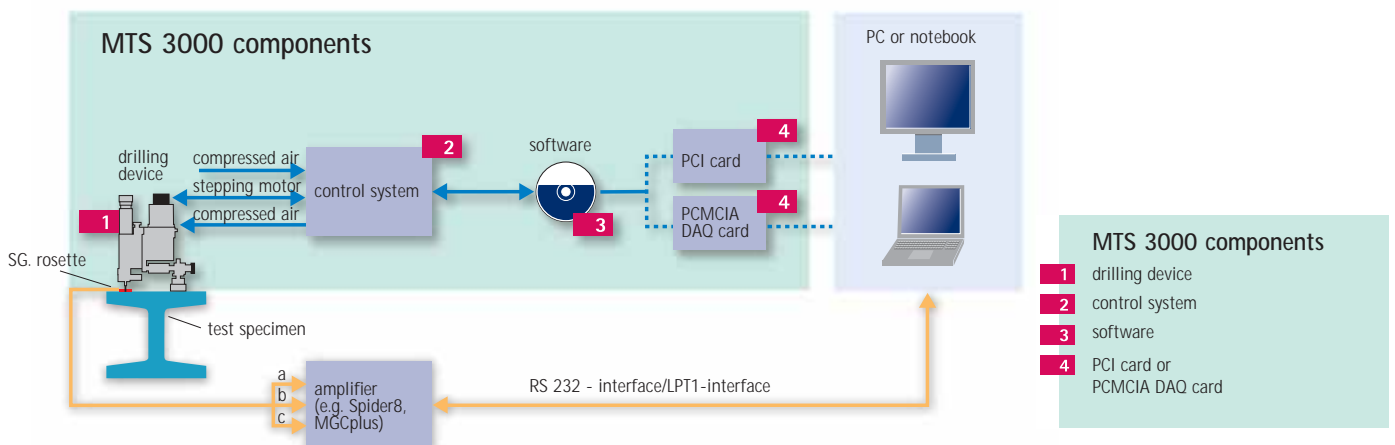
The strength behavior of components is influenced by residual stresses existing in these components without showing any visible signs. Therefore, the aim is to determine the mechanical stresses in the components. With the hole-drilling method for determining residual stresses, a small hole of 1.6 mm diameter is drilled into the work piece and strain gages are used to measure the resulting strain.

HBM offers both the required amplifier and the MTS 3000 system which enable this process to be implemented comfortably. The system uses a stepping motor which permits drilling at 300,000 rpm. The strain changes arising due to the step-by-step drilling of the hole into the work piece will be detected by a strain gage rosette specifically designed for this process.

Signal processing is performed digitally. In addition to system control functions, the software package comprises four different evaluation algorithms which enable the mechanical stresses to be computed from the measured strain. The entire measurement process is PC-controlled. This ensures a high degree of measurement reliability as well as optimum reproducibility.



RY61S special strain gage rosette



MTS 3000 ... hole drilling method



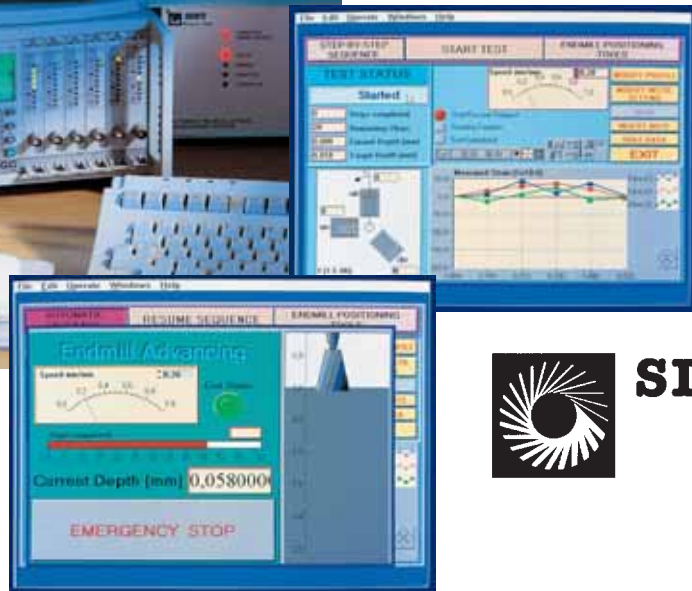
Complete measuring chain with amplifier and control and analysis PC

Spare turbine for MTS 3000:
Order no.: 1-SINTT

Spare milling cutter MTS 3000:
Order no.: 1-SINTB

Diamond milling cutter MTS 3000:
Order no.: 1-SINTD

For more detailed information,
please request our MTS 3000
data sheet.



Integral hole drilling method



RY 61 drilling device for hole drilling rosette 1-RY61-1,5/120
The drilling device is used to apply the hole in the center of
the installed hole drilling rosette. It comprises a magnetic holder,
a centering pin, a shaft drill, and a universal coupling:

Order no.: 1-RY61

Spare drill for material hardness up to 30 HRC:

Order no.: 1-8410.0019

Carbide drill for material hardness up to 45 HRC:

Order no.: 2-9219.9133

Customized strain gages

- You have special requirements which cannot be met by a strain gage from our standard product range?
- You are looking for a strain gage which is equivalent to the one you currently use?
- You have designed your own strain gage?



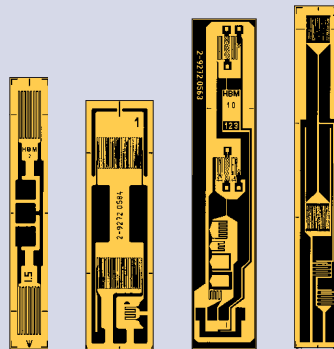
Contact us, we will produce customized strain gages according to your requirements, already from quantities of 20 packages. Please use the request form included in our price list or send your request or layout direct via fax or e-mail to: info@hbm.com

Please also see our catalog "Strain Gages for Transducer Manufacturers".

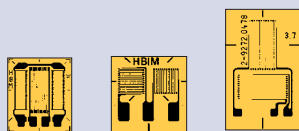
Customized strain gages



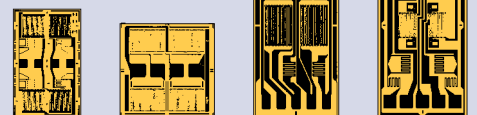
Diaphragm rosette strain gages



Half-bridge strain gages



T strain gages



Full-bridge strain gages

SG accessories ...bonding material

The most common way in which strain gages are attached to the test object is by bonding. It is prerequisite to use application-specific adhesives that meet the following requirements:

- transmission (as much as possible without loss) of the deformations of the test object to the strain gages
- stable behavior across a temperature and strain range which is as wide as possible
- strain gage and test object must not be chemically attacked

All adhesive packages from HBM include the adhesive and the accessories (such as Teflon foil) required for bonding and, in addition, a safety data sheet. Your criteria for adhesive selection should be:

- application temperature
- material of the measuring body and recommendations for the relevant strain gage
- requirements for long-term stability and reproducibility
- surface roughness

Hot curing adhesives

Hot curing adhesives can be used where the test object can be brought up to the curing temperature. This is generally possible in the manufacture of transducers, but also where installations can be made before machine assembly or where the machine can be disassembled. Hot curing adhesives meet higher quality demands and can be used within a greater temperature range than cold curing adhesives.



Z 70



BCY 01



X 60



X 280



EP 310 S



EP 250

Adhesive	Description	Suitable SG	Pot life at room temperature (RT)
cold curing Z 70 Order no.: 1-Z 70 for optional use with Z 70 BCY 01	single component adhesive Cyanoacrylate thin liquid accelerator for Z 70	optimum: Y, C, LD, LE, V residual stress strain gages good: K, G	—
X 60 Order no.: 1-X 60	two component adhesive Polymethyl Methacrylate pasty, even on absorbent or uneven surfaces	optimum: Y, C, LD, DA, V residual stress strain gages good: K, G, LS	5 minutes
X 280 Order no.: 1-X 280	two component epoxy resin adhesive	optimum: Y, C, LD, LE, V good: G, K for smooth and absorbent surfaces	30 minutes
hot curing EP 310 S Order no.: 1-EP 310 S	two component epoxy resin adhesive thin liquid	optimum: Y, C, K, G, LD, LE good: residual stress SG	1 month (at RT) 6 months (at + 2°C) 12 months (at - 32°C)
EP 250 Order no.: 1-EP 250	two component epoxy resin adhesive pasty, even on absorbent surfaces	optimum: Y, C, K, G, LD, LE good: residual stress SG	24 h

SG accessories ...bonding material

Cold curing adhesives

Cold curing adhesives are easy to use and can be processed at minimum cost and effort since they harden under normal ambient conditions. If they feature short curing times they are also called "superglue". The preferred field of application is in experimental stress analysis. However, if the temperature around the measuring point is higher than about 80° C, we recommend to use a hot curing adhesive or a heat resistant, cold curing epoxy resin adhesive (X280).

Spot weld joints

Spot weld joints are only possible with the special strain gage of type LS 31, and if the test object is of a weldable material. This method is particularly suitable for applications where the cleanliness required for bonding cannot be guaranteed. Hardly any preparations are necessary and the installer needs very little previous experience. However, it is essential to follow the process instructions supplied with the strain gages.

Storage time	Curing temperature	Curing period ³⁾	Contact pressure (N/mm ²)	Temperature limits		Delivery quantity
				lower	upper absolute ¹⁾	
6 months at -15°C: almost unlimited	5°C ³⁾ 20°C 30°C	10 minutes 1 minute 0.5 minutes	thumb pressure	-55°C (temporarily -70°C)	+100°C	10 ml
> 1 year	0°C 20°C 35°C	60 minutes 10 minutes 2 minutes	thumb pressure	-200°C	+60°C	component A = 0.1 kg B = 80 ml other quantities see price list
1 year at +4°C	RT...95°C	8 h...1 h	0.05...2.0	-70°C	+200°C	6 double pouches à 10 g = 60 g
6 months	95...205°C	5 h...0.5 h	0.1...0.5	-270°C	+260°C	component A = 60 ml B = 30 ml
1 year	95...200°C	16 h...0.5 h	0.1...1.5	-240°C	+250°C	5 double pouches à 10.5 g = 52.5 g

¹⁾ zero-point related measurement

²⁾ non zero-point related measurement

³⁾ curing conditions: relative humidity between 30-80%

SG accessories ... strain gage covering agents

The quality of a measuring point with strain gages is not only dependent on the strain gage itself but mainly on the type of installation and its implementation. A perfectly functioning measuring point requires a thorough preparation of the installation surface, careful bonding, correct connection, and a protective covering. It is therefore important to provide the user with all necessary aids. With its strain gage accessories, the HBM product range offers everything necessary for a good strain gage installation.

Strain gage covering agents

In general, it is recommended that strain gages be protected against external effects such as humidity or mechanical damage since even small fluctuations in the atmospheric humidity affect the measured signal of a strain gage.

Suitable covering agents should have only minimum effects on the measuring point. Strain gage and test object must not be affected at all. Criteria for selecting the appropriate covering agent should be:

- application temperature,
- media surrounding the measuring point.

The following table will help in the selection of a suitable means of measuring point protection, which for special requirements can also be carried out in several layers. For instance, it would make sense to apply AK22, with - in extremely humid environments - additional sealing by ABM 75. Caution: NG150 cannot be combined with PU120. Please ensure, in the case of multi-layer covering, that the second layer may only be applied after full curing of the first layer and that it should overlap on all sides. All HBM covering agents are supplied with a safety data sheet.



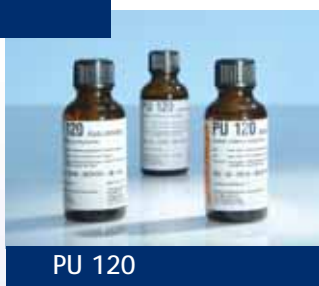
SG accessories ... strain gage covering agents



ABM 75



AK 22



PU 120



SG 250



NG 150



SL 450

Strain gage covering agent	Temperature range of resistance in air in °C	Package contents	One package suffices for approx.	Application method	Curing conditions	Storage capability at room temperature	Components
AK 22 viscous putty Order no.: 1-AK 22	- 50 ... + 170	1 kg	30 strain gages	kneading on by hand	-	unlimited	viscous, kneadable sticky putty
ABM 75 aluminum foil c/w knead. compound Order no.: 1-ABM 75	- 196 ... + 75	11 pcs. 205 mm x 100 mm	200 strain gages	pressing on by hand	-	unlimited	0.05 mm thick aluminum foil, coated with 3 mm thick kneading compound
NG 150 ¹⁾ nitrile rubber Order no.: 1-NG 150	- 269 ... + 150	3 bottles c/w approx. 25 cm ³ each	35 strain gages	brush application	air drying at room temperature	max. 1 year	one-component solvent containing nitrile rubber
SG 250 transparent silicone rubber Order no.: 1-SG 250	- 70 ... + 250	tube with approx. 85 g	20 strain gages	tube application	air drying at room temperature	6 months	transparent one-component solvent free silicone rubber
PU 120 ¹⁾ polyurethane paint Order no.: 1-PU 120	- 40 ... + 120	3 bottles c/w approx. 30 ml each	250 strain gages	brush application	room temperature ... + 100°C	1 year	one-component solvent containing polyurethane paint
SL 450 transparent silicone resin Order no.: 1-SL 450	- 50 ... + 450	3 bottles c/w approx. 25 g each	90 strain gages	brush application	in temperature steps from 95°C ... 315°C	6 months	transparent solvent containing silicone resin

1) Caution: PU120 cannot be combined with NG 150

SG accessories ... strain gage covering agents

Chemical resistance of HBM covering agents

Chemical substance	AK 22	ABM 75	NG 150	SG 250	PU 120	SL 450
Exposure	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Water: water under pressure (400 bar) condensation tropical climate vapour	yes yes – – no	yes – – – –	yes – – – –	yes – – – –	yes – yes yes –	yes – – – –
Oils: engine oil (RT/70°C) mineral oil (RT/70°C) hydraulic oil (RT/70°C)	no – – –	no – – –	yes yes yes yes	yes – – –	yes – – –	– – – –
Fats	–	–	–	–	yes	–
Solvents general	no	conditional	conditional	no	conditional	conditional
Fuels: petrol kerosene	no no –	no no –	yes yes yes	no no –	– – –	– – –
Aromatic substances/aliphatic mixtures	–	–	conditional	–	–	–
Aromatic substances: benzene toluene xylene	no – no no	no – no no	conditional no conditional conditional	no – no no	conditional – yes conditional	no – no no
Chlorinated solvents: dichloromethane carbon tetrachloride perchloroethylene 1,2-dichloroethane o-dichlorobenzene	no no – – – –	no no – – – –	no no no no no no	no no – – – –	no no – – – –	no no – – – –
Alcohols: ethyl alcohol methyl glycole butyl alcohol iso-propyl alcohol ethylene glycole	conditional conditional – – – –	yes yes – – – –	conditional conditional no conditional conditional yes	conditional conditional – – – –	conditional ¹⁾ conditional conditional conditional conditional –	yes yes – – – –
Ketone: acetone methyl ethyl ketone (MEK)	conditional conditional no	conditional conditional no	no no no	no no no	no no no	conditional yes conditional
Terpene: dipenten turpentine	– – –	– – –	conditional conditional yes	– – –	– – –	– – –
Acids: hydrochloric conc. sulphuric acid 50 % acetic acid 50 % nitric acid 50 % oleic acid conc. lactic acid conc. air which contains acid	no no no no – – –	conditional ²⁾ – – – – – –	conditional conditional yes no no yes conditional –	yes yes yes yes – – –	no no no no – – yes	yes yes yes conditional yes – –
Lyes: sodium hydroxide 10 % potassium hydroxide 10 % ammonia 28 % air which contains alkaline	conditional conditional – – –	conditional ²⁾ – – – –	conditional no no conditional –	no no – – –	conditional no – – yes	yes yes – – –
Liquified gases (except oxygen)	–	–	yes	–	–	–
UV resistance	yes	yes	yes	yes	yes	–

¹⁾ low alcohol

²⁾ up to 5 % (destruction of aluminum foil)
conditional = conditionally resistant
(minimum 10 days at RT)

Chemical resistance:

Unless identified specifically, the resistance refers to room temperature. No information can be provided on long term effects. The data is based on our own experience or was taken from literature. Since the specific conditions vary with each user, it is recommended individual users carry out their own tests on resistance. Some covering agents become milky when in contact with some chemicals.

SG accessories ... cleaning agents, aids for bonding and soldering

Cleaning agent RMS 1

Satisfactory bonding joints are only achieved if the adhesive covers the bonded surfaces well. Therefore, the application surfaces must be cleaned prior to bonding with a chemically pure solvent and a clean cleaning pad. RMS 1 is an environmentally friendly mixture of Isopropanol and Acetone which dissolves all normal contamination. One packing unit contains 1 l cleaning agent and 500 cleaning pads.

Order no.: 1-RMS 1

Teflon foil

33 m Teflon foil on reel, suitable for cold curing and hot curing strain gage bonding. The Teflon foil prevents other material except the strain gage from bonding to the component.

Thickness: 0.05 mm, width: 60 mm

Order no.: 1-Teflon

Flux pen

Soldering aid in felt pen format helps to achieve perfect small soldering connections. Suitable for solders with melting points up to 350°C. The flux pen contains non-corrosive flux without chloride.

Package contents: 5 pcs.

Order no.: 1-FS 01



Flux pen

Polyimide tape

33 m heat resistant tape, 19 mm in width. Suitable for all standard strain gage installation procedures to ensure safe positioning of the strain gage on the workpiece.

Temperature resistant up to 270°C

Order no.: 1-Klebeband

Cleaning pads

Cellulose for cleaning of test objects prior to strain gage installation.

Format 5 cm x 5 cm.

Package contents: 500 pcs.

Order no.: 1-8402.0026

Cleaning agent dispenser

In order to avoid contamination of the solvent in the course of time, we recommend to use the RSP 120 cleaning agent dispenser.

Order no.: 1-RSP 120



Cleaning agent dispenser

Resin cored solder

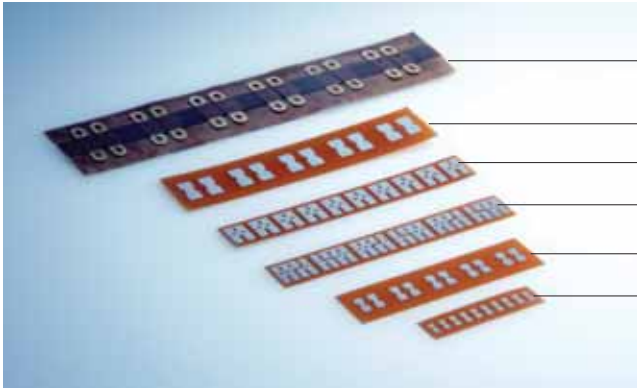
Resin cored solder as used in strain gage applications. Soldering wire \varnothing 0.5 mm consisting of solder S-SN60Pb38Cu2 with resin core, type F-SW32. The flux is non-corrosive. Conversion to lead-free solder is scheduled for 2006.

Melting range: 183 to 190 C.

Delivery form: 1 kg on reel

Order no.: 1-Lot

SG accessories ... solder terminals



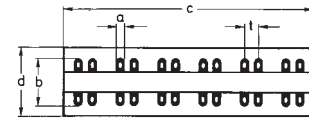
- LS 2
- LS 4
- LS 212
- LS 224
- LS 5
- LS 7

For strain gages with leads or wires, solder terminals should be installed between the connecting cables and the strain gage itself. This facilitates the perfect soldering joint and provides strain relief of the strain gage connections. The solder terminals are installed in the same manner as the strain gages onto the test object. HBM offers solder terminals in different designs and dimensions.

Order no.	Dimensions (mm)				Distance t	Contents per package
	Soldering tag		Carrier			
	a	b	c	d		
1-LS 2	2,5	14	72	20	4	36 pairs

LS2

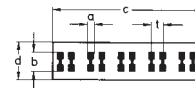
bronze soldering tag on teflon carrier suitable for dynamic loads
 attachment to test object: bonding
 usable up to 180°C, for short periods up to 260°C



Order no.	Dimensions (mm)				Distance t	Contents per package
	Soldering tag		Carrier			
	a	b	c	d		
1-LS 7	1	3	20	6	2	125 pairs
1-LS 5	1,5	4,5	35	10	2,5	125 pairs
1-LS 4	2,5	6,5	50	13	4	125 pairs

LS7/5/4

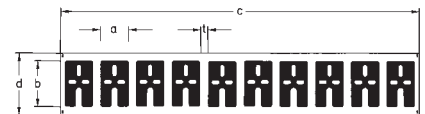
copper, nickel-plated, on polyimide
 attachment to test object: bonding
 usable up to 180°C, for short periods up to 260°C



Order no.	Dimensions (mm)				Distance t	Contents per package
	Soldering tag		Carrier			
	a	b	c	d		
1-LS 212	3,7	6	47,5	8	1	125 pairs

LS212

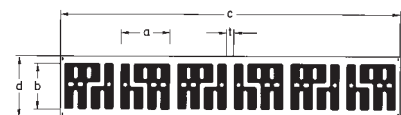
copper nickel-plated on polyimide
 attachment to test object: bonding
 usable up to 180°C, for short periods up to 260°C



Order no.	Dimensions (mm)				Distance t	Contents per package
	Soldering tag		Carrier			
	a	b	c	d		
1-LS 224	6,5	6	45	8	1	75 pairs

LS224

copper nickel-plated on polyimide
 attachment to test object: bonding
 usable up to 180°C, for short periods up to 260°C



SG accessories ... cables and stranded wires

PVC ribbon cable

PVC insulated ribbon cable consisting of six leads each with a cross section of 0.14 mm², 50 m per reel, resistance 0.131 Ω/m.

Order no.: 1-3133.0034

Paint insulated copper wire

Polyurethane-insulated copper wire with a cross section of 0.04 mm², 25 m in length.

Order no.: 1-CULD01

Jumper wire

Teflon insulated jumper wire with a cross section of 0.05 mm², yellow, 100 m per reel, resistance 0.34 Ω/m.

Order no.: 1-3130.0239-G

Very flexible stranded wire

For internal, exposed wiring of transducers; cross section of 0.04 mm² (multi-wire) and 0.6 mm outer diameter, resistance 0.417 Ω/m, permissible temperature +70°C, 25 m per reel, PVC insulation.

Order no. 1-SLI 01

Flexible stranded wire

Teflon-insulated flexible stranded wire with a cross section of 0.24 mm² (multi-wire) and an outside diameter of 0.9 mm, 100 m per reel, resistance 0.0741 Ω/m.

blue Order no.: 1-3301.0092-B

green Order no.: 1-3301.0091-Gr

white Order no.: 1-3301.0094-W

black Order no.: 1-3301.0088-S

red Order no.: 1-3301.0089-R

Designation	Insulation	Thermal resistance	Chemical resistance	Typical application
Flexible stranded wire 1-3301.0088-S 1-3301.0089-R 1-3301.0091-Gr 1-3301.0092-B 1-3301.0094-W	Teflon	- 200 . . . + 260 °C	resistant against nearly all chemicals. except: elementary fluoride, chlorine trifluoride, molten alkali metals	for internal connection of strain gage bridges or for contacting from strain gage through to solder terminal
Jumper wire 1-3130.0239-G	Teflon	- 200 . . . + 260 °C	see flexible stranded wire	see flexible stranded wire
Very flexible stranded wire 1-SLI 01	PVC	short period 105 °C permanent ...70 °C	non resistant against: ester, chlorinated hydrocarbons, ketone, aromatic hydrocarbons, benzene, liquid halogens, nitric acid conc., depending on the softener used, also aqueous solutions	for internal connection of the strain gages in the transducer
PVC ribbon cable 1-3133.0034	PVC	short period 105 °C permanent ...90 °C	see very flexible stranded wire	see very flexible stranded wire
Paint insulated copper wire 1-CULD 01	Polyurethane	short period 120 °C permanent -40...80 °C	non resistant against: strong acids, strong lyes, alcohols, aromatic hydrocarbons, saturated vapor, hot water	for internal connection of the strain gages in the transducer

SG accessories ... cable and stranded wire

Shielded

Type	Kab4.1/00-3	Kab5/00-4	Kab8/00-4	Kab7/00-4	Kab9/00-4
Notes	Inexpensive cable for connection of 1/4 bridges in three-wire circuit (CF 600 Hz < 50 m; CF 4.8 kHz < 20 m)	Low-capacitance, therefore also suitable for CF amplifiers and longer distances. Very thin, predestined for geometrically critical circumstances	Very low-capacitance cable with low line resistances, therefore suitable for long distances	Wide temperature range and good chemical resistance. If CF amplifiers are used, the usable cable length is reduced (CF 600 Hz < 50 m; CF 4.8 kHz < 20 m)	See KAB7/00-4, however, with lower line resistance, therefore, wider range if low-frequency CF amplifiers or DC amplifiers are used
Sheath color	gray	gray	gray	gray	gray
No. of cores	3	4	4	4	4
Outside diameter [mm]	4.1	5	8	6.5	8.8
Core cross section [mm]	0.14	0.17	0.26	0.5	1.25
Insulation material (core)	PVC	PE	PE	Teflon	Teflon
Sheath material	PVC	PVC	PVC	silicone	silicone
Resistance [Ω /m]	0.130	0.106	0.075	0.040	0.014
Insulation resistance (core-core) [Ω /m]	10^{12}	10^{12}	10^{12}	10^{12}	10^{12}
Capacitance (core-core) [pF/m]	110	80	67	140	140
Capacitance (core-shield) [pF/m]	110	80	67	140	140
Temperature range [°C]	-20...80	-35...80	-35...80	-50...180	-50...180
1/4-bridges in 3-wire circuit, half bridges without sensing lead connected	x	x	x	x	x
1/4-bridges in 4-wire circuit, full bridges without sensing lead connected	x	x	x	x	x
Half bridges; full bridges with sensing lead connected					
Order no.	4-3131.0017	4-3133.0002	4-3133.0023	4-3131.0048	4-3131.0012

Minimum order quantity: 10 m

For more information please refer to our Price List (load cells, transducers, amplifiers, data acquisition and software)

SG accessories ... cable and stranded wire

cable

	Kab5.4/00-6	Kab6.5/00-6-TPE	Kab6.5/00-6-SIL	Kab4.2/00-6-PUR	Kab8/00-2/2/2	Kab8/00-2/2/2 SIC
	Inexpensive 6-wire cable for uncritical applications (CF 600 Hz < 50 m; CF 4.8 kHz < 20 m)	See Kab5.4/00-6, however, with extended temperature range	Chemically resistant cable with extended temperature range. Reduced capacitance and low resistance, therefore, suitable for longer distances	Special cable for use in the soil (CF 600 Hz < 50 m; CF 4.8 kHz < 20 m)	Quad-shielded cable twisted in pairs, also suitable for longer distances and higher-frequency CF amplifiers	See Kab8/00-2/2/2, however, better chemical resistance
	gray	gray	gray	black	gray	gray
	6	6	6	6	6	6
	5.4	6.5	6.5	4.2	7.5	7.5
	0.14	0.25	0.25	0.15	0.14	0.14
	PE	TPE	Teflon	TPE	PE	PE
	PVC	TPE	silicone	PUR	PVC	silicone
	130	77	80	ca. 120	138	138
	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²	10 ¹²
	82	100	100	95	75	75
	82	100	100	140	130	130
	-30...85	-50...120	-50...180	-50...125	-30...70	-30...70
	x	x	x	x	x	x
	4-3131.0071	4-3301.0115	4-3301.0108	4-3301.0151	4-3301.0071	4-3301.0169

SG accessories ... bridge completion, resistance meter

Bridge completions

Bridge completion resistors are connected to the strain gages of a measuring point to form the Wheatstone bridge circuit. In accordance with the nominal strain gage resistances, HBM offers different resistance values.

2 x 120 Ω , Order no.: 3-3054.0334

2 x 350 Ω , Order no.: 3-3054.0282

TO 3 resistance meter

The TO 3 is an electronic measuring unit (ohmmeter and megohmmeter) for determining resistances within the range of 0 to 50 G Ω . This pocket megohmmeter has been designed, and is particularly suitable, for fast checking of the insulation resistance of strain gage installations and strain gage resistances in the field and in service.

It features a total of 16 measuring ranges for insulation resistance and throughput measurements. Four self-adjusting measuring voltages (50 V, 25 V, 10 V, and 2.5 V) enable adaptation to the measuring task in hand and prevent any possible destruction of a specimen by a test voltage which is too high. The megohmmeter is accommodated in a solid plastic housing complete with carrying handle, and it is supplied with a protective bag and two measuring cables.

Order no.: 1-TO3

Specifications		TO 3 resistance meter
measuring range	M Ω	0 – 50,000
number of measuring ranges		16
minimum resistance that can be read off	Ω	20
measuring voltages	V	2.5; 10; 25 and 50, dep. on measuring range
open circuit voltage		1.1 x UN max.
display		analog display with mirror scale, scale length 110 mm
application position		horizontal
accuracy class		2.5 (IEC publication 51)
adjustment time, max.	s	4
operating temperature range	$^{\circ}\text{C}$	0...+40 (30% up to 60% rel. humidity)
temperature error	%/10K	± 1.5
batteries		6 pcs. 1.5 V, rod batteries (type IEC LR 14)
number of measurements		approx. 2,000 with a single battery set
protection class per EN 60529 (IEC 529)		IP 50 (measuring mechanism), IP 20 (other parts)
safety		EN 61010-1 class 2, (tested at 1 kV AC / 1 min.)
conformity (CE mark)		EN 45014, EN 50081-1, EN 50082-1, EN 61010-1, IEC 51, IEC 529, VDE 0410
housing		plastic, impact resistant, with carrier strap
dimensions	mm	205 x 128 x 100
weight, approx.	kg	1

SG accessories ... installation case

DAK 1 strain gage starter kit

The DAK1 starter kit is convenient to use, contains the equipment needed for installing strain gages for the first time and provides an easy introduction to strain gage technology. The specialized book by Karl Hoffmann, an experienced specialist in strain gage technology, provides comprehensive know-how both on the installation and wiring of strain gages and on the evaluation of measured values.

For the first practical steps it includes:

- strain gages,
- solder terminals,
- cleaning agents and cleaning pads,
- emery cloth,
- the cold curing adhesives X60 and Z70,
- stranded connection wires,
- 2 agents for measuring point protection: AK22 and ABM75

Because DAK1 has been used in company-internal strain gage and instrumentation seminars for many years, the contents of this kit has been constantly optimized.

Order no.: 1-DAK1



Contents of DAK 1

10	LY11-6/120A SG
1	Z 70
1	X 60
1	AK 22
1	ABM 75
	Solder terminals
	Stranded connection wire
	Emery cloth
	RMS 1
	Cleaning pads
	Solder
1	Specialized book „An Introduction to Measurements using Strain Gages“
1	Petri dish

DAK 2 strain gage installation case

The DAK 2 strain gage installation case contains all tools and aids required for strain gage installations. It is portable and lockable. In the bottom part of the DAK 2 there is empty space for various adhesives and other uses, below the removable insert.

Dimensions: 470 x 170 x 360 mm

Weight: approx. 6 kg

(incl. standard scope of delivery)

Order no.: 1-DAK 2



Contents of DAK 2

1	Ersa soldering iron (16 W)	1	Petri dish 60/15
1	flat brush	1	scalpel holder, plus 6 blades
1	folding magnifying glass (6 times)	10 m	ribbon cable 6 x 0.14 mm ² , multi-colored
1	graduated ruler, 150 mm	25 g	solder diameter Ø 1 mm
1	glass fiber erasing brush, plus 1 spare brush	1	lux pen
1	pair of scissors, toothed	1	roll of Scotch tape
1	pair of pointed scissors	1	rubber
1	wide pair of tweezers	1	HBM pen
1	pointed pair of tweezers	1 each	sheet of corundum cloth grain size 180/220/360
1	flexible ruler, 300 mm	100 cm ³	cleaning agent RMS 1
1	dental probe with bent tip	200	cleaning pads 50 x 50 mm
1	cement spatula		
1	cutting pliers with wire strippers		

HBM-software ... for stress analysis

With its catman family HBM provides the complete measurement chain – the complete solution from strain gages right through to the software.

The amplifier is set up by simply assigning the strain gage or sensor from the sensor database.

Already during the measurement, the comprehensive mathematics library enables strain gage rosettes to be analyzed online.



catman®Easy

Easy data acquisition software

- Quick results thanks to modern and intuitive user interface
- Library for experimental stress analysis
- Graphical data analysis with optional export of curves (e.g. Word)
- Data export in commonly used formats (Excel, ASCII, DIAdem)



catman®Professional

The complete solution for measurement, visualization, analysis and documentation

- Free definition of individual interfaces for visualization and reports
- Mathematical analysis (signal analysis, statistics, etc.)
- Automation of individual measurement sequences
- Development of your own applications using catman Script
- Open ActiveX interface

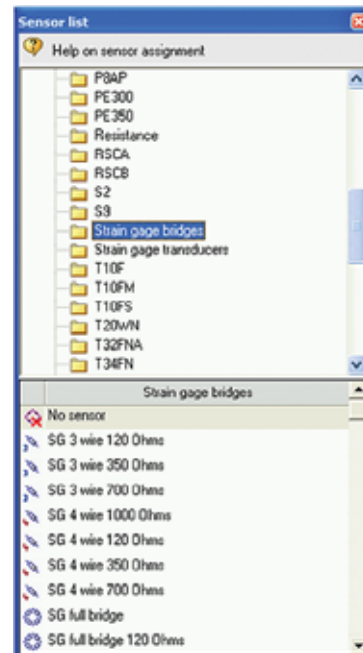
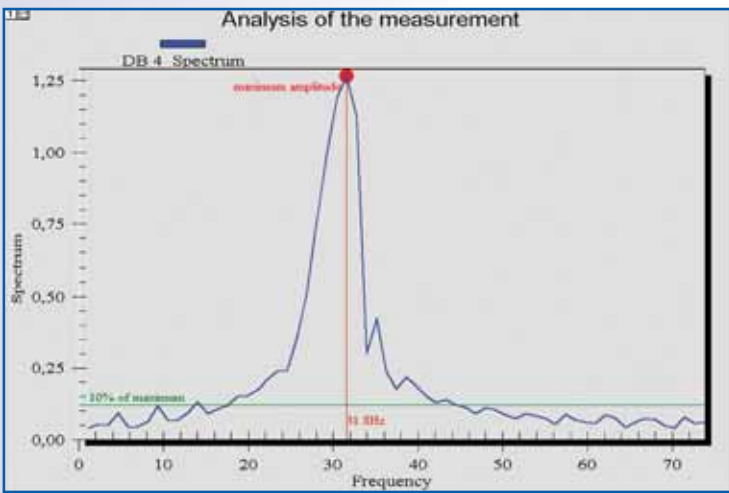
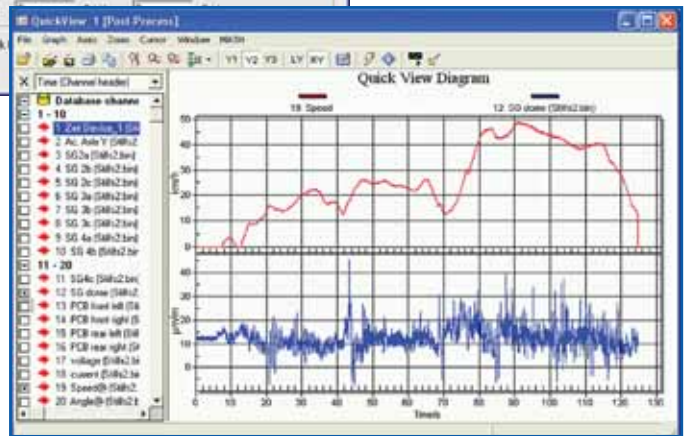
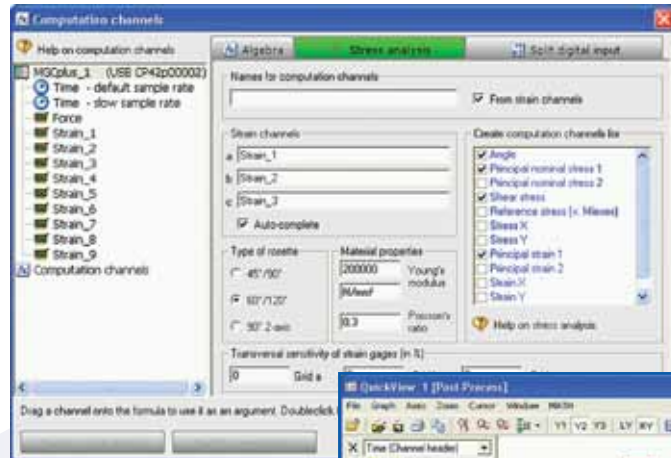


catman®Enterprise

Comfortable configuration of up to 10,000 channels

- Client/server architecture for distributed data access over a network
- Online data distribution to several client PCs
- Comprehensive trigger functions (e.g. reference curve or limit trigger)
- Complete measurement run reported in a log file
- Automatic check of all strain gage measuring points
- Trend analysis

... for stress analysis



-family



HBM amplifiers ... used in stress analysis

MGCplus

Modular computer-controllable measuring amplifier system for universal applications

- stand-alone amplifier modules for all standard measurement quantities
- different computer interfaces (RS232, Ethernet, USB, CANbus, ProfibusDP)
- parallel synchronous data acquisition of up to 128 channels per device
- sampling rate of up to 19,200 measured values / sec. / channel
- 24 bit resolution
- can be operated manually via operating panel or computer
- stand-alone data acquisition on PC-Card hard disk
- proven HBM technology also with 8-channel modules
- quarter, half- and full bridge connection
- patented transducer identification technology, T-ID and TEDS

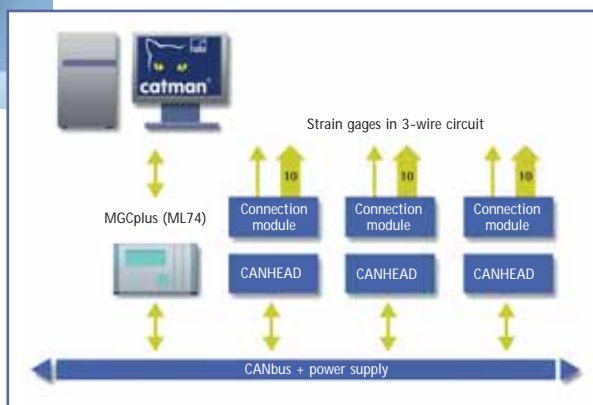


*MGCplus
amplifier
system from
HBM*



CANHEAD

Amplifier module for installation close to the measuring point and for data transfer via standard CANbus system. A maximum of 10 strain gages per CANHEAD amplifier module and up to 12 CANHEADs can be connected to one CANbus line. Installation costs can be reduced by a ratio of 10:1.



CANHEAD includes two components:

- intelligent base module for strain gage wiring
- amplifier module for the amplifying and processing of measured signals

HBM amplifiers ... used in stress analysis

Spider8 and Spider8-30

PC measurement electronics with 4 carrier frequency amplifiers. Spider8 can be retrofitted with SR55 (4.8 kHz) and SR01 (DC module), Spider 8-30 can be retrofitted with SR30 (600 Hz) and SR01 (max. 8 channels per device).

- Voltage supply via power pack or 10 – 16 V/DC
- Sensor supply, signal adaptation, A/D conversion, digital filter and computer interface in EMC tested housing
- High sampling rate at 16 bit resolution
- Parallel and serial interface for parameterization of the device and data acquisition.

Connection, for example, via parallel printer port of the computer; optionally via USB adaptor.

- No PC interference required
- 8 devices can be cascaded via parallel interfaces
- Can be combined with laptop computer for mobile applications



Scout55

Single channel universal amplifier with carrier frequency 4.8 kHz for strain gage half- and full bridges, inductive half- and full bridges, LVDT, piezo-resistive and potentiometric transducers

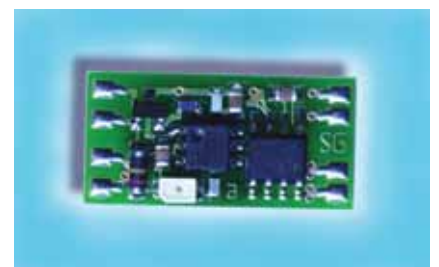
- Serial interface signal output and full parameterization
- Interactive control via LCD display



T-ID

In experimental stress analysis with large numbers of measuring points, strain gages are identified using T-ID modules. An unambiguous, 64-bit-long identification number written on the T-ID module in a non-erasable format is read off through the same cable connections that are also used for transmission of the analog measurement signals. Thanks to the patented wiring technique, the additional digital information processing does not affect the highly sensitive and precise analog measurement signal.

Similar to the solder terminals, T-ID modules can be located in the direct vicinity of the strain gage. HBM software enables alias names to be assigned to the identification numbers and LEDs on the T-ID modules to be driven which facilitates locating of individual strain gages.



Literature, teaching pack, seminars, CD ROM

Literature, teaching pack,

Specialized book

„An Introduction to Measurements Using Strain Gages“.

A practical introduction into this specialist area of measurement technology with a focus on how to avoid or correct measuring errors.

Order no. 1-Hoffm. Buch-D (German)

1-Hoffm. Buch-E (English)

Strain gage teaching pack

The strain gage teaching pack provides a multimedia introduction to the installation of strain gages. The film explains the competent installation of strain gages by means of cold curing and hot curing adhesives.

In addition, the tips and tricks shown can be read in the manuscript and in the specialized book „An Introduction to Measurements Using Strain Gages“.

Order no.: 1-DMS-Lernpaket

Seminars

Learning by rote is not our style. HBM offers you practical basic and advanced training in the field of the electrical measurement of mechanical quantities. By means of hands-on lectures, the basics will first be explained and demonstrated, and then used in practice in subsequent training courses. Theory and practice sessions alternate several times during the course of the seminar, in order to discuss and clarify questions - which usually first occur in practical application sessions - in the next theory block.

Our concept offers the right seminar for everybody – ranging from the free one-day lecture through workshops up to 1-week seminars.



seminars, CD ROM

DK

Basics of strain gage bonding and measuring technology

Target group: Specialist personnel, master tradesmen or engineers who want to implement strain gage installations independently and under their own responsibility.

DM

Strain gage measuring technology in the manufacture of transducers and in experimental stress analysis

Target group: Users from all specialist disciplines who want to carry out measurements by means of strain gages.

For more detailed information on our seminars on HBM device technology and software and all seminar dates, please visit our homepage at www.hbm.com. Or request our seminar program from seminare@hbm.com.

It is of course possible to implement all seminars that are offered in our seminar center at Darmstadt directly on your own premises. On request, we will modify our seminars in order to enable us to offer a target-oriented basic and advanced training.

DMSdirekt CD/SGdirect CD

Electronic order catalog and manual for strain gages

The CD-ROM DMSdirekt is to make it as easy as possible for you to apply and order strain gages. The CD-ROM DMSdirekt contains:

- help and assistance with regard to strain gage selection,
- installation notes,
- tips and tricks in strain gage handling,
- the option to generate a legally binding strain gage quotation for yourself as well as to print out the appropriate order
- film "The correct installation of strain gages using our Z70 superglue".

To request your free DMSdirekt CD/SGdirect CD,
please e-mail to info@hbm.com



SG installation service ... service – for you from us

Benefit from our more than 50 years experience in applications

We provide you with the below services:

- Strain gage installation
 - Planning support
 - Installation of strain gages, additional sensors and amplifiers
 - Taking and logging of measurements
- Special transducers
 - Applications engineers design and develop special transducers in cooperation with you, these are built, applied and tested at HBM
- Measuring machine parts
 - Machine parts are fitted with strain gages and thus become transducers adapted to your measurement task
- Commissioning of HBM measuring equipment
- Customized adapted system solutions for data acquisition and processing
- System calibrations including calibration certificate



At your premises ...
our experienced service engineers ...

Come

Consult

Install

Measure

Calibrate

or, at our factory in Darmstadt

Contact us:

Strain gage installation service

For on-site installations:

Tel. : +49 (0) 80 00 18 23 88

E-mail to service@hbm.com

For installation at the factory:

E-mail to: specialsensors@hbm.com

Calibration laboratory

Darmstadt calibration laboratory: Tel. 06151/803-436

Local service number: Tel. +49 (0) 80 00 18 23 88

E-mail to: dkdcal@hbm.de

www.hbm.com

List of Representatives (The current List of Representatives is also available on the Internet at <http://www.hbm.com/Representatives>)

Germany

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH:
 Berlin office: Magirusstraße 5, D-12103 Berlin
 Tel. (030) 75 48 95 50, Fax (030) 75 48 95 52
 Dresden office: Würzburger Str.35, D-01187 Dresden
 Tel. (0351) 4 70 06 21, Fax (0351) 4 70 06 22
 Düsseldorf office: Hauptstraße 13, D-40699 Erkrath
 Tel. (02104) 93 56 01, Fax (02104) 93 56 11
 Frankfurt office: Im Tiefen See 45,
 D-64293 Darmstadt
 Tel. (06151) 803-161, Fax (06151) 803-184
 Hannover office: Gutenbergstraße 3,
 D-30966 Hemmingen / Hannover
 Tel. (0511) 94 26 48 0, Fax (0511) 94 26 48 20
 Nürnberg/München office: Goldbachstr. 9,
 D-90480 Nürnberg
 Tel. (0911) 940 83 10, Fax (0911) 940 83 33
 Stuttgart office: Bassermannstraße 7,
 D-70563 Stuttgart
 Tel. (0711) 901 55 50, Fax (0711) 901 55 88

Europe

Austria: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH,
 Lemböckgasse 63/2/2, A-1230 Wien
 Tel. (+43) 1 865 84 41, Fax (+43) 1 865 84 41-420
 e-mail: info@at.hbm.com
 Baltic provinces (Estonia, Latvia, Lithuania): ISOMETRIJA SIA,
 Mukusalas iela 42, LV-1004 Riga,
 Tel. (+371) 76 14 427, Fax (+371) 76 15 140
 e-mail: isometrija@apollo.lv
 Belgium: refer to Netherlands
 Bulgaria: SIGMAMETRO EOOD, Bistar Potok Str. 30,
 BG-1641 Sofia
 Tel. (+359) 2 9515172, Fax (+359) 2 9516680
 e-mail: sigmametro@cabelnet.net
 Croatia: refer to Slovenia
 Czech Republic and Slovakia Republic:
 HBP, Ing. Ivan Wasgestian, Podskalska 7, CZ-128 00 Praha 2,
 Tel. (+42) 02 24 92 18 61, 02 24 91 24 37
 Fax (+42) 02 24 91 36 57
 e-mail: hbmcz@hbm.cz
 Denmark: NORIS Måleteknik ApS,
 Nydamsvej 19D, DK-8362 Hørning
 Tel. (+45) 87 68 05 00, Fax (+45) 87 68 05 01
 e-mail: sales@noris.dk
 Finland: Oy Transmotec Ab, Kutomotie 9C, SF-00380 Helsinki
 Tel. (+358) 98 67 830 0, Fax (+358) 98 67 830 30
 e-mail: info@transmotec.fi
 Web: <http://www.transmotec.fi>
 France: HBM France SAS, 46 rue du Champoreux, BP 76
 F-91542 Mennecy Cedex
 Tel. (+33) 1 69 90 63 70, Fax (+33) 1 69 90 63 80
 e-mail: info@fr.hbm.com
 Greece: Meta Engineering, 54 Agias Marinis Str.,
 GR-15127 Melissia / Athens
 Tel. (+30) 210 6130929, Fax (+30) 210 6131329
 e-mail: meta@ath.forthnet.gr
 Web: <http://www.meta-gr.com>
 Hungary: HB Mérnöki Iroda, Ákos Teleki, Szolo u. 27-29,
 P.O. Box 81, H-2101 Godollo
 Tel. (+36) 28 430 209, Fax (+36) 28 430 115
 e-mail: hbmiroda@vnet.hu
 Iceland: refer to Norway
 Ireland: refer to United Kingdom
 Italy: HBM Italia s.r.l., Via Pordenone, 8, I-20132 Milano
 Tel. (+39) 02 45 47 16 16, Fax (+39) 02 45 47 16 72
 e-mail: info@it.hbm.com
 Liechtenstein: refer to Switzerland
 Luxembourg: refer to Netherlands
 Netherlands: HBM Benelux, Laan van Westroijen 2F-G,
 NL-4003 AZ Tiel, Postbus 6035, NL-4000 HA Tiel
 Tel. (+31) 344 67 3434, Fax (+31) 344 67 3435
 e-mail: info@bnl.hbm.com
 Norway: IAF Maaleteknikk AS,
 P.B. 254, Kapellveien 18, N-1411 Kolbotn,
 Tel. (+47) 66 82 31 60, Fax (+47) 66 82 31 61
 e-mail: post@iaf.no
 Poland: Biuro Inzynierskie M. Zajczkowski
 ul. Krauthofera 16, PL 60-203 Poznan
 Tel. + Fax (+48) 61 66 25 666
 e-mail: info@bimzajac.com.pl
 web: www.bimzajac.com.pl

Portugal: HBM Ibérica, S.L.
 Sucursal, Av. Tomás Ribeiro, Ed. de Escritórios
 Quinta do Jamor, Gabinete 3, 2795-891 Queijas
 Tel. (+351) 214 182 126, Fax (+351) 214 182 127
 e-mail: info@es.hbm.com
 Romania: Spectromas Srl
 Office Bukarest: Str. Horia Macelararu nr. 18, Bl.20/1A, Sc.C,
 Parter, Ap.30, RO-013936 Bucuresti, Sector 1
 Tel. (+40) 21 2325791, Fax (+40) 21 2325131
 e-mail: info@spectromas.ro
 Office Cluj-Napoca: Dipl. Eng. Dragos Muntean
 Str. Donath 17, Bloc M2, Scara 2, Ap. 14 RO-3400 Cluj-Napoca
 Tel. + Fax (+40) 264 586426
 e-mail: dragos_muntean@spectromas.ro
 Web: <http://www.spectromas.ro>
 Russia (West): *KWT, Romanov per., 3, strojenije 6, of. 87,
 RUS-125009 Moskva
 Tel. (+7) 095 743 6827, Fax (+7) 095 747 8362
 e-mail: hbmwt@aha.ru
 Web: <http://www.hbmwt.ru>
 **Messtechnik Moskva
 A/Ja (post-Box) 63, RUS-125047 Moskva
 Tel. (+7) 095 787 11 84, Fax (+7) 095 787 11 83
 e-mail: hbmint@aha.ru
 Web: <http://www.messtechnik.ru>
 Russia (Siberia): *Cestus Ltd., D. Bednogo Str., 6/67,
 RUS-Kemerovo-99, 650099
 Tel. + Fax (+7) 3842 36 28 12
 e-mail: cestus@polenet.ru
 Slovenia and Croatia: TRC, Vreckova 2, SLO-4000 Kranj
 Tel. (+386) 4 235 83 10, Fax (+386) 4 235 83 11
 e-mail: ljudmila.licen@siol.net
 Spain: HBM Ibérica, S. L.,
 Avda. de los Encuartes, 19, E-28760 Tres Cantos (Madrid)
 Tel. (+34) 91 806 2610, Fax (+34) 91 804 9327
 e-mail: info@es.hbm.com
 Sweden: Metrolink Scandinavia AB,
 Reprovägen 6, S-183 77 Täby,
 Tel. (+46) 87 56 23 33, Fax (+46) 87 56 23 47
 e-mail: info@metrolink.se
 Switzerland: Hottinger Baldwin Messtechnik AG
 Chriesbaumstrasse 6, CH-8604 Volketswil
 Tel. (+41) 44 943 60 80, Fax (+41) 44 943 60 81
 e-mail: info@ch.hbm.com
 Büro Yverdon: Hottinger Baldwin Messtechnik SA
 Route de Bellevue 11, 1400 Yverdon-les-bains
 Tel. (+41) 24 426 72 80, Fax (+41) 24 426 72 85
 Turkey: Sensor Teknolojileri Ltd. Sti.,
 Ziyabey Cad.13. Sk. No: 22/1, 06520 Balgat / Ankara
 Tel. +90 (312) 284 9723, Fax + 90 (312) 284 9213
 e-mail: t.batur@sensor-hbm.com
 Web: www.sensor-hbm.com
 Ukraine: ANWIT, Garmatna 8, UA-03067 Kiev,
 Tel. + Fax (+380) 44 451 4699, e-mail: but@ukrnet.net
 United Kingdom: HBM United Kingdom Ltd., 1 Churchill
 Court, 58 Station Road, North Harrow, Middlesex, HA2 7SA
 Tel. +44 (0) 208 515 6100, Fax +44 (0)208 515 6149
 e-mail: info@uk.hbm.com
 Yugoslavia and Macedonia: TRCpro, Preradoviceva 31,
 YU-21131 Petrovaradin
 Tel. + Fax (+381) 21-6433774, 6433824, 6431929
 e-mail: trcpro@neobee.net

Rest of the world

Argentina: I.S.P.I.S.A., I.S. Proveedores de Industrias S.A.,
 Ameghino 3321 - (B1674AGO), Sáenz Peña, 1674 Buenos Aires
 Tel. (+54)11 47571839, Fax (+54)11 47571839 ext.39
 e-mail: ispisa@rcc.com.ar
 Australia: *Rinstrum, 41 Success Street, Acacia Ridge, Qld.
 4110, P.O. Box 300, Archerfield, Qld. 4108
 Tel. (+61) 7 3216 7166, Fax (+61) 7 3216 6211
 Web: www.rinstrum.com
 e-mail: sales@rinstrum.com
 Brazil: HBM do Brasil Ltda, Rua José de Carvalho, 55
 São Paulo, SP, 04714-020 Brazil
 Tel. (+55) 11 5188 8193, Fax (+55) 11 5182 5339
 e-mail: hbm@hbm-br.com.br
 China: Hottinger Baldwin Measurement (Suzhou) Co., Ltd.
 106 Heng Shan Road, Suzhou 215009, Jiangsu, PR China
 Tel. (+86) 512 68247776, Fax (+86) 512 68259343
 e-mail: hbmchina@hbm.com.cn
 Chile: CELESTRON, Eliodoro Yañez 1231, Providencia, Santiago
 Tel. (+56) 2 2640404, Fax (+56) 2 2641434
 e-mail: celestron@celestron.cl
 Columbia: B.C.I., Básculas comerciales e Industriales Ltda.,
 Kra. 56 B #46-40, Barrio Salitre-Greco, Bogotá
 Tel. (57) 1 3157572, Fax (+57) 1 3156457
 e-mail: bci@supercabletv.net.co
 Egypt: **SOI Scientific Office for Instruments,
 P.O. Box 262: Sidi Gaber, El Horia Avenue behind 330
 Sidi Gaber Alexandria
 Tel. (+203) 542 5609, Fax (+203) 546 5412
 e-mail: ebtehalf@aast.edu
 Hong Kong: refer to China
 India: IPS, Integrated Process Systems, 9 MP Avenue,
 Santhome, Chennai-600 004
 Tel. (+91) 44 2498 17 86, 44 2498 00 91 + 92
 Fax (+91) 44 2498 17 90
 e-mail: ips@vsnl.com
 Indonesia: refer to China
 Israel: **Elina Technologies Ltd., P.O. Box 11475,
 3 Hametzuda St., Ind. Area Azur, Azur 58001
 Tel. (+972) 3 559 0277, Fax (+972) 3 559 0360
 e-mail: elina@inter.net.il
 Japan: Spectris Co., Ltd. HBM Division
 Saitama Urawa Bld., 8F, 2-2-3 Takasago, Urawa-Ku,
 Saitama City, Saitama Pref., 330-0063 Japan
 Tel. (+81) 48 814 0251, Fax (+81) 48 814 0252
 e-mail sales: hbm-sales@spectris.co.jp
 e-mail support: kyomi_yokokawa@spectris.co.jp
 Web: <http://www.hbm.com/jp>
 Korea: Spectris Korea Co. Ltd. / HBM Team,
 #431-070, 4Fl., Shinsegi town., Phungchon-dong, Dongan-Ku,
 Anyang city, Kyounggi-Do, Korea
 Tel. (+82) 31 387 8023, Fax (+82) 31 387 8025
 e-mail: wjchung@hbmkorea.co.kr
 Web: <http://www.hbmkorea.co.kr>
 Malaysia: refer to China
 Mexico: D.F. CP 11400
 Tel. (+52) 5 553419999, Fax (+52) 5 553417981
 e-mail: byasa@prodigy.net.mx
 Morocco: Auterep S.A.R.L., 8 Bis, Rue Neufchatel - Belvédère,
 Casablanca 05
 Tel.: (+212) 2 22 24 73 44 +36, Fax: (+212) 22 24 79 74
 www.auterep.com.ma,
 e-mail: auterep@alpha.net.ma
 Singapore: refer to China
 South-Africa: **H. Rohloff (Pty) Ltd., Northlands Business
 Park, Technology House – 188 Olympic Duel Avenue, North
 Riding, Randburg, 2194. P. O. Box 265, North Riding 2162
 Tel. (+27) 11 704 2233, Fax (+27) 11 704 5859
 e-mail: info@rohloff.co.za
 Web: <http://www.rohloff.co.za>
 *Massamatic (Pty) Ltd. Boompiers Street, P.O. Box 6007,
 Parow East 7501, Western Cape Province
 Tel. (+27) 21 930 25 10, Fax (+27) 21 939 84 88
 e-mail: sales@massamatic.com
 South American countries: refer to Brazil
 Syria: *Charbek & Harirah Est., Al-Taweel Building,
 New Clock Square, P.O. Box 4439, Homs / Syria
 Tel. (+963) 31 226 577, Fax (+963) 31 222 020
 e-mail: abc.est@scs-net.org
 Taiwan: Liu-Weight Enterprise Inc., General Manager Tony Liu,
 9F-2, No. 240, Sec. 2, Ta-Tung Rd., Hsi-Chi Town,
 Taipei Hsien, Taiwan R.O.C.,
 Tel. (+886) 2 2649 7330, Fax (+886) 2 2649 7335
 e-mail: liu.wt@msa.hinet.net
 Thailand: **Dynistec Co Ltd., 32/92 Moo 8, Nuanchan Road,
 Klongkum, Bungkum, Bangkok 10230
 Tel. (+66) 2 9461735 7, Fax (+66) 2 8410039
 e-mail: intro@ksc.th.com
 Tunisia: SCOPIA , 24 Bis, Rue Said Abou Baker, 1001 Tunis
 Tel. (+216) 71 25 66 96, Fax (+216) 71 33 27 06
 e-mail: Sonelect.scofia@gnet.tn
 USA: HBM, Inc., 19 Bartlett Street, Marlborough, MA 01752
 Tel. +1-800-578-4260 / +1-508-624-4500,
 Fax +1-508-485-7480
 e-mail: info@usa.hbm.com
 Venezuela: I.C.C. Ingeniería de Control de Calidad,
 Av. Fco. De Miranda, Torre Profesional La California, Piso 1,
 Oficina 1-3, Urb. La California Norte, Caracas 1070A
 Tel. (+58) 212 2729756, Fax (+58) 212 2713270
 e-mail: ventas@icc.com.ve
 Vietnam: **Thuan Quoc Jsc., 53 Lac Trung-Hai Ba Trung, Hanoi,
 Tel. (+84) 4 7762744, Fax (+84) 4 7762745
 e-mail: tqco@hn.vnn.vn

*= for Weighing components

**= for Industrial Measurement components

Modifications reserved.

All details describe our products in general form only. They are not to be understood as express warranty and do not constitute any liability whatsoever.

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH

Im Tiefen See 45, D-64293 Darmstadt, Germany
 Tel.: +49 6151-803-0
 Fax: +49 6151-803-9100
 Email: info@hbm.com
 Internet: www.hbm.com



measurement with confidence

GP2D02

Compact, High Sensitive Distance Measuring Sensor

■ Features

1. Impervious to color and reflectivity of reflective object
2. High precision distance measurement output for direct connection to microcomputer
3. Low dissipation current at OFF-state
(dissipation current at OFF-state : TYP. 3 μ A)
4. Capable of changing of distance measuring range through change the optical portion (lens)

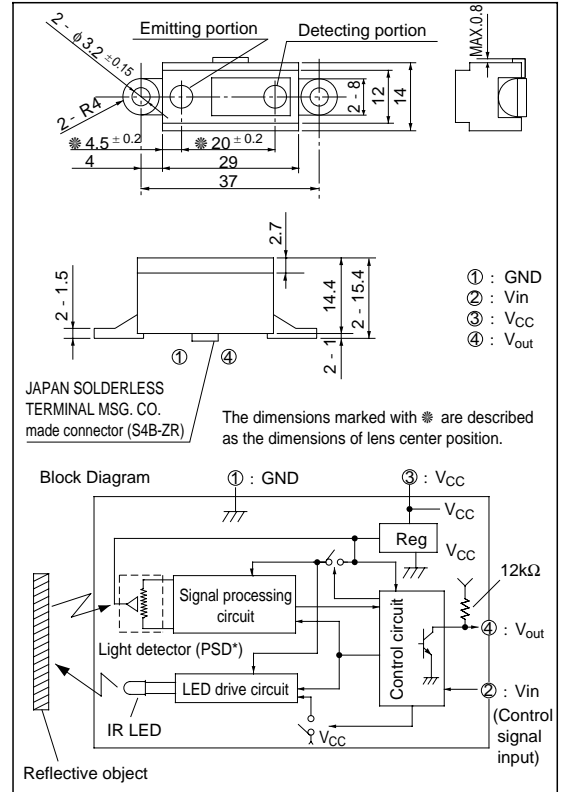
■ Applications

1. Sanitary sensors
2. Human body sensors for consumer products such as electric fans and air conditioners
3. Garage sensors

* PSD : Position Sensitive Detector

■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



■ Absolute Maximum Ratings (T_a=25°C, V_{CC}=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{CC}	- 0.3 to + 10	V
*1 Input terminal voltage	V _{in}	- 0.3 to + 3	V
Output terminal voltage	BV _O	- 0.3 to + 10	V
Operating temperature	T _{opr}	- 10 to + 60	°C
Storage temperature	T _{stg}	- 40 to + 70	°C

*1 Open drain operation input

■ Operating Supply Voltage

Symbol	Rating	Unit
V _{CC}	4.4 to 7	V

Electro-optical Characteristics

(Ta=25°C, Vcc=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Distance measuring range	ΔL	*1	10	-	80	cm
Output terminal voltage	V_{OH}	Output voltage at High L = 20cm	$V_{CC} - 0.3$	-	-	V
	V_{OL}	Output voltage at Low *1	-	-	0.3	V
Distance characteristics of output	D	L = 80cm, *1	-	75	-	DEC
	ΔD	Output change at L=80 cm to 20 cm, *1	48	58	68	DEC
Dissipation current	at operating	I_{CC} L = 20cm, *1, *2	-	22	35	mA
	at OFF-state	I_{off} L = 20cm, *1	-	3	8	μA
Vin terminal current	I_{vin}	Vin = 0V	-	- 170	- 280	μA

Note) L : Distance to reflective object

DEC : Decimalized value of sensor output (8-bit serial)

*1 Reflective object : White paper (reflectivity : 90%)

*2 Average dissipation current value during distance measuring operation when detecting of input signal, Vin as shown in the timing chart

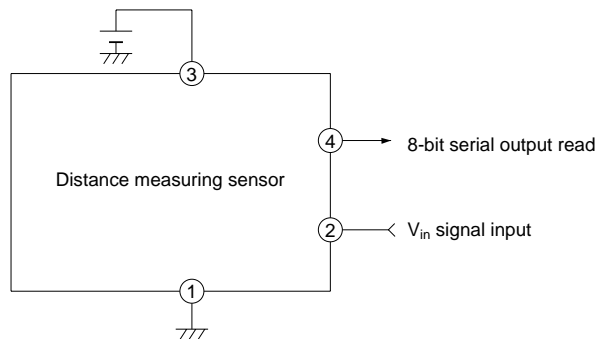
*3 Vin terminal : Open drain drive input.

Conditions : Vin terminal current at Vin OFF-state : -1 μA

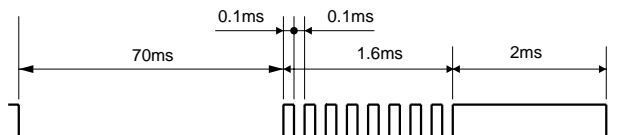
Vin terminal current at Vin ON-state : 0.3V

Test Circuit

1. Test circuit



2. Vin input signal for measurement



■ Timing Chart

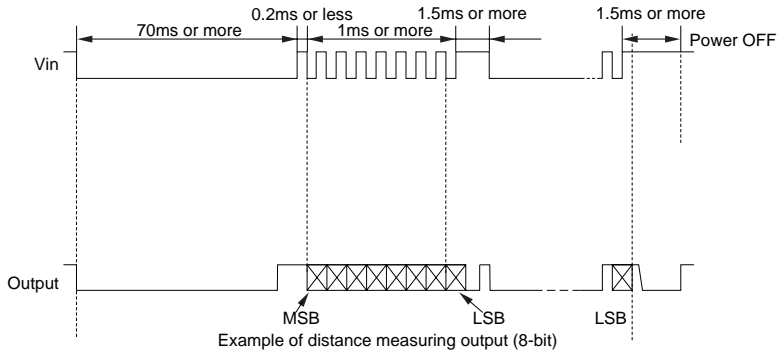


Fig. 1 Distance Measuring Output vs. Distance to Reflective Object

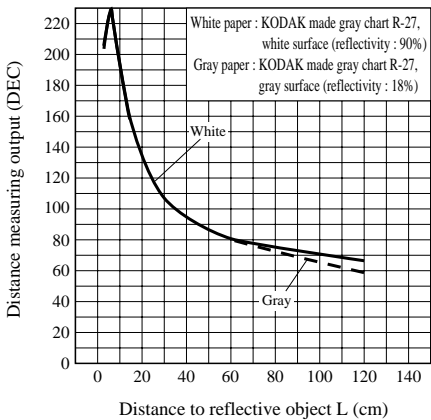
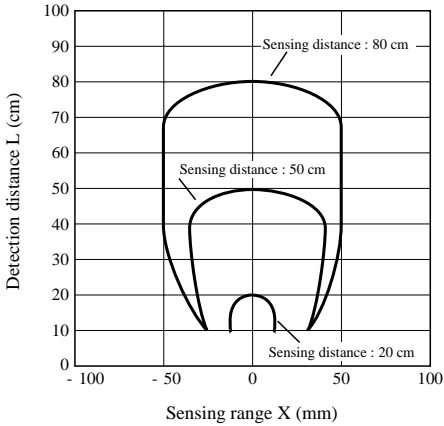


Fig. 2 Detection Distance vs. Sensing Range



Test Method for Sensing Range Characteristics

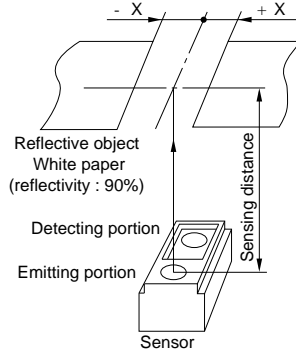
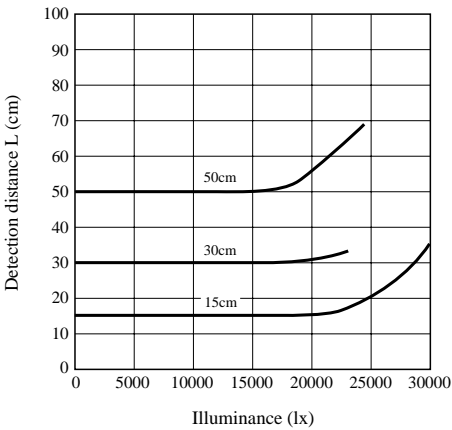
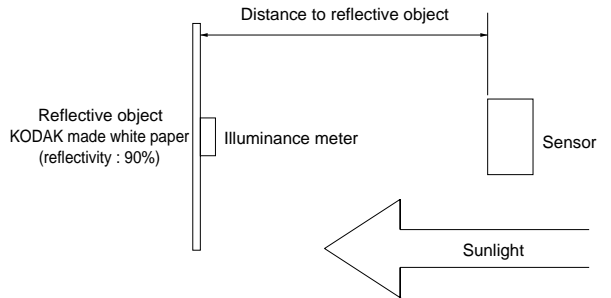


Fig. 3 Detection Distance vs. Illuminance



Test Method for Anti External Disturbing Light Characteristics



HD44780U (LCD-II)

(Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver)

HITACHI

Description

The HD44780U dot-matrix liquid crystal display controller and driver LSI displays alphanumerics, Japanese kana characters, and symbols. It can be configured to drive a dot-matrix liquid crystal display under the control of a 4- or 8-bit microprocessor. Since all the functions such as display RAM, character generator, and liquid crystal driver, required for driving a dot-matrix liquid crystal display are internally provided on one chip, a minimal system can be interfaced with this controller/driver.

A single HD44780U can display up to one 8-character line or two 8-character lines.

The HD44780U has pin function compatibility with the HD44780S which allows the user to easily replace an LCD-II with an HD44780U. The HD44780U character generator ROM is extended to generate 208 5×8 dot character fonts and 32 5×10 dot character fonts for a total of 240 different character fonts.

The low power supply (2.7V to 5.5V) of the HD44780U is suitable for any portable battery-driven product requiring low power dissipation.

Features

- 5×8 and 5×10 dot matrix possible
- Low power operation support:
 - 2.7 to 5.5V
- Wide range of liquid crystal display driver power
 - 3.0 to 11V
- Liquid crystal drive waveform
 - A (One line frequency AC waveform)
- Correspond to high speed MPU bus interface
 - 2 MHz (when $V_{cc} = 5V$)
- 4-bit or 8-bit MPU interface enabled
- 80×8 -bit display RAM (80 characters max.)
- 9,920-bit character generator ROM for a total of 240 character fonts
 - 208 character fonts (5×8 dot)
 - 32 character fonts (5×10 dot)

HD44780U

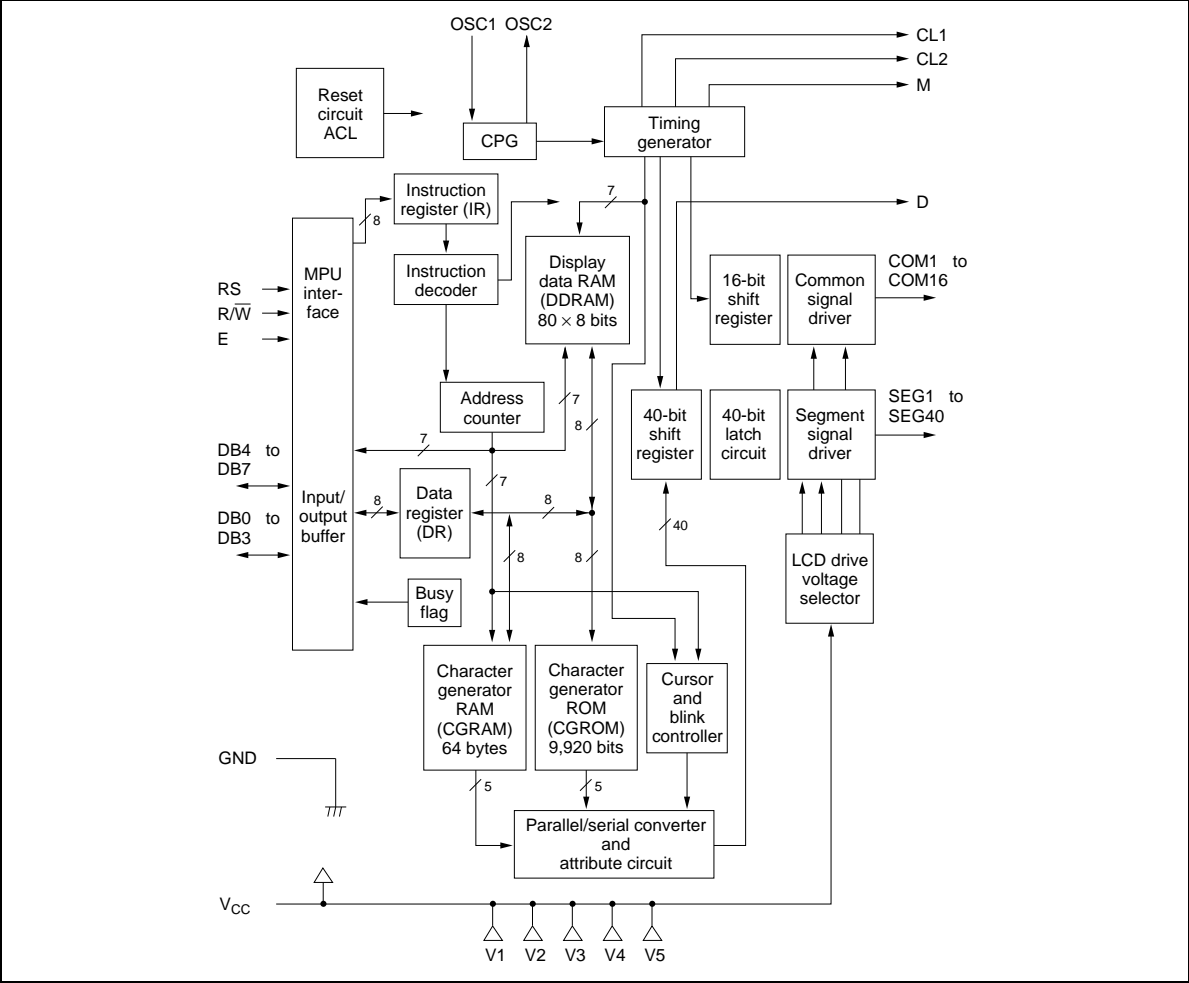
- 64 × 8-bit character generator RAM
 - 8 character fonts (5 × 8 dot)
 - 4 character fonts (5 × 10 dot)
- 16-common × 40-segment liquid crystal display driver
- Programmable duty cycles
 - 1/8 for one line of 5 × 8 dots with cursor
 - 1/11 for one line of 5 × 10 dots with cursor
 - 1/16 for two lines of 5 × 8 dots with cursor
- Wide range of instruction functions:
 - Display clear, cursor home, display on/off, cursor on/off, display character blink, cursor shift, display shift
- Pin function compatibility with HD44780S
- Automatic reset circuit that initializes the controller/driver after power on
- Internal oscillator with external resistors
- Low power consumption

Ordering Information

Type No.	Package	CGROM
HD44780UA00FS	FP-80B	Japanese standard font
HCD44780UA00	Chip	
HD44780UA00TF	TFP-80F	
HD44780UA02FS	FP-80B	European standard font
HCD44780UA02	Chip	
HD44780UA02TF	TFP-80F	
HD44780UBxxFS	FP-80B	Custom font
HCD44780UBxx	Chip	
HD44780UBxxTF	TFP-80F	

Note: xx: ROM code No.

HD44780U Block Diagram

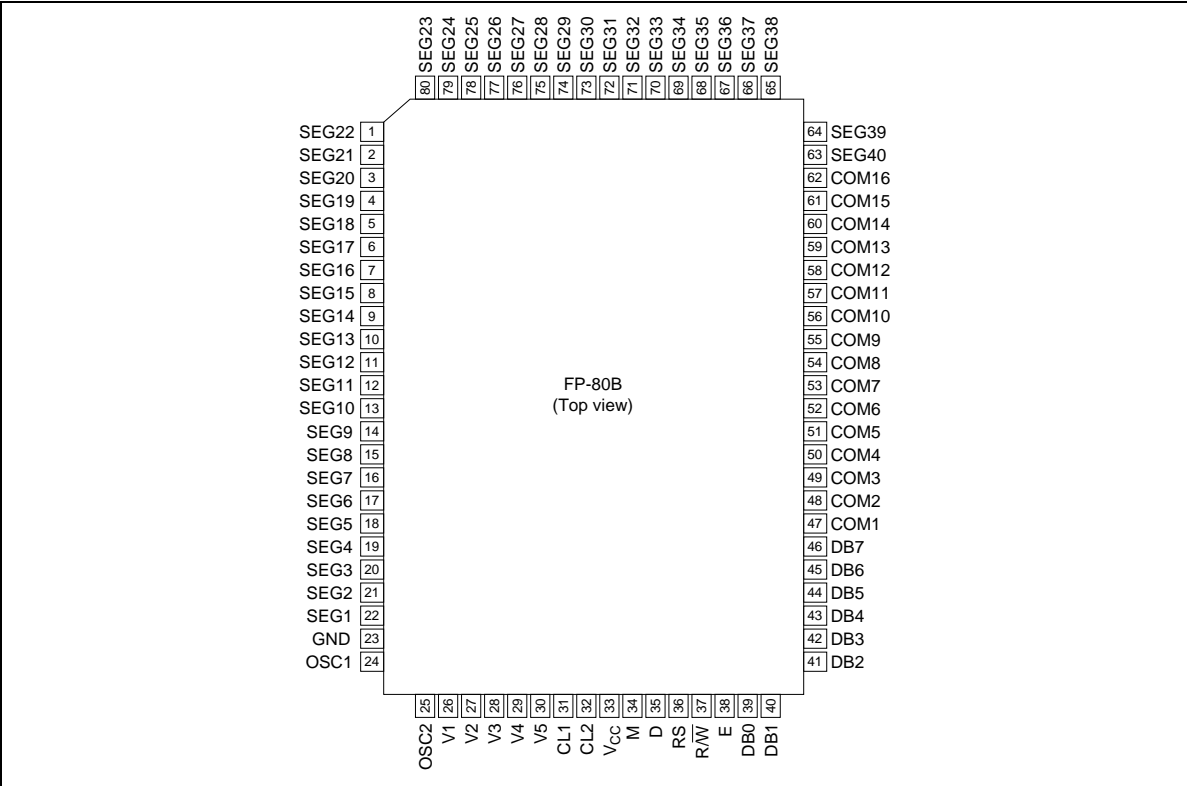


HD44780U

LCD-II Family Comparison

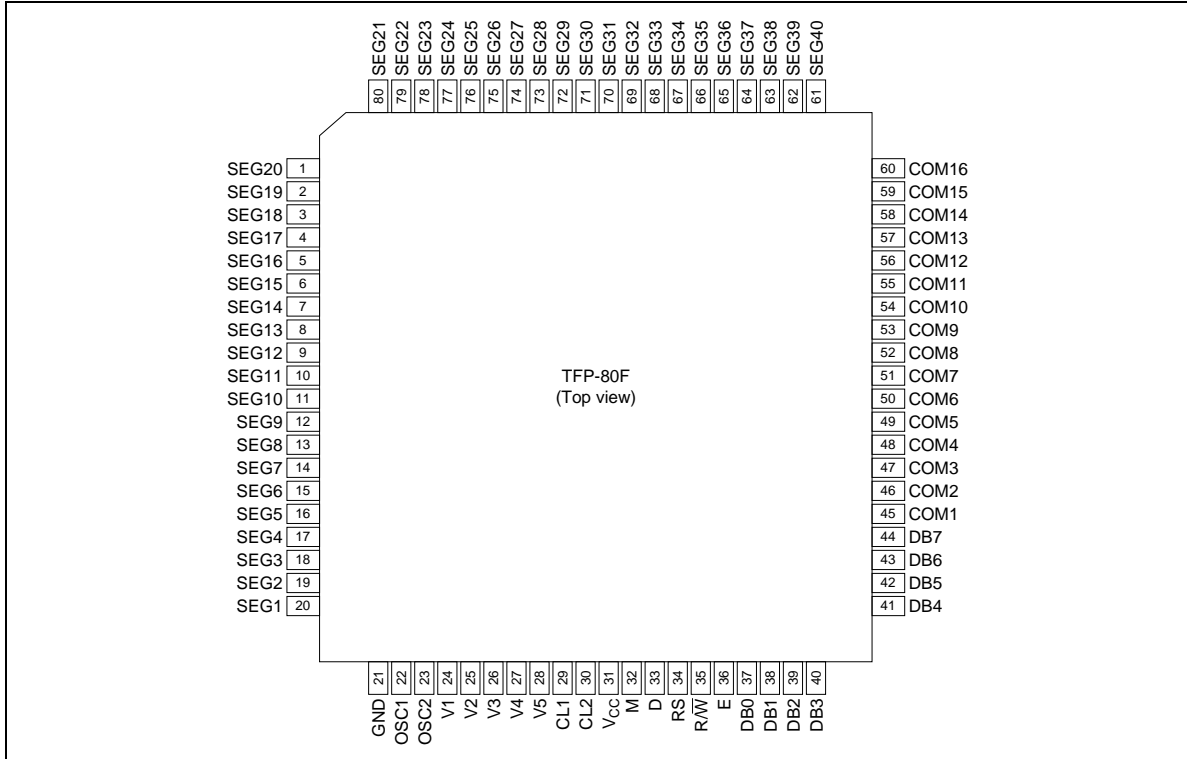
Item		HD44780S	HD44780U
Power supply voltage		5 V \pm 10%	2.7 to 5.5 V
Liquid crystal drive voltage VLCD	1/4 bias	3.0 to 11.0V	3.0 to 11.0V
	1/5 bias	4.6 to 11.0V	3.0 to 11.0V
Maximum display digits per chip		16 digits (8 digits \times 2 lines)	16 digits (8 digits \times 2 lines)
Display duty cycle		1/8, 1/11, and 1/16	1/8, 1/11, and 1/16
CGROM		7,200 bits (160 character fonts for 5 \times 7 dot and 32 character fonts for 5 \times 10 dot)	9,920 bits (208 character fonts for 5 \times 8 dot and 32 character fonts for 5 \times 10 dot)
CGRAM		64 bytes	64 bytes
DDRAM		80 bytes	80 bytes
Segment signals		40	40
Common signals		16	16
Liquid crystal drive waveform		A	A
Oscillator	Clock source	External resistor, external ceramic filter, or external clock	External resistor or external clock
	R _i oscillation frequency (frame frequency)	270 kHz \pm 30% (59 to 110 Hz for 1/8 and 1/16 duty cycles; 43 to 80 Hz for 1/11 duty cycle)	270 kHz \pm 30% (59 to 110 Hz for 1/8 and 1/16 duty cycles; 43 to 80 Hz for 1/11 duty cycle)
	R _i resistance	91 k Ω \pm 2%	91 k Ω \pm 2% (when V _{cc} = 5V) 75 k Ω \pm 2% (when V _{cc} = 3V)
Instructions		Fully compatible within the HD44780S	
CPU bus timing		1 MHz	1 MHz (when V _{cc} = 3V) 2 MHz (when V _{cc} = 5V)
Package		FP-80 FP-80A	FP-80B TFP-80F

HD44780U Pin Arrangement (FP-80B)

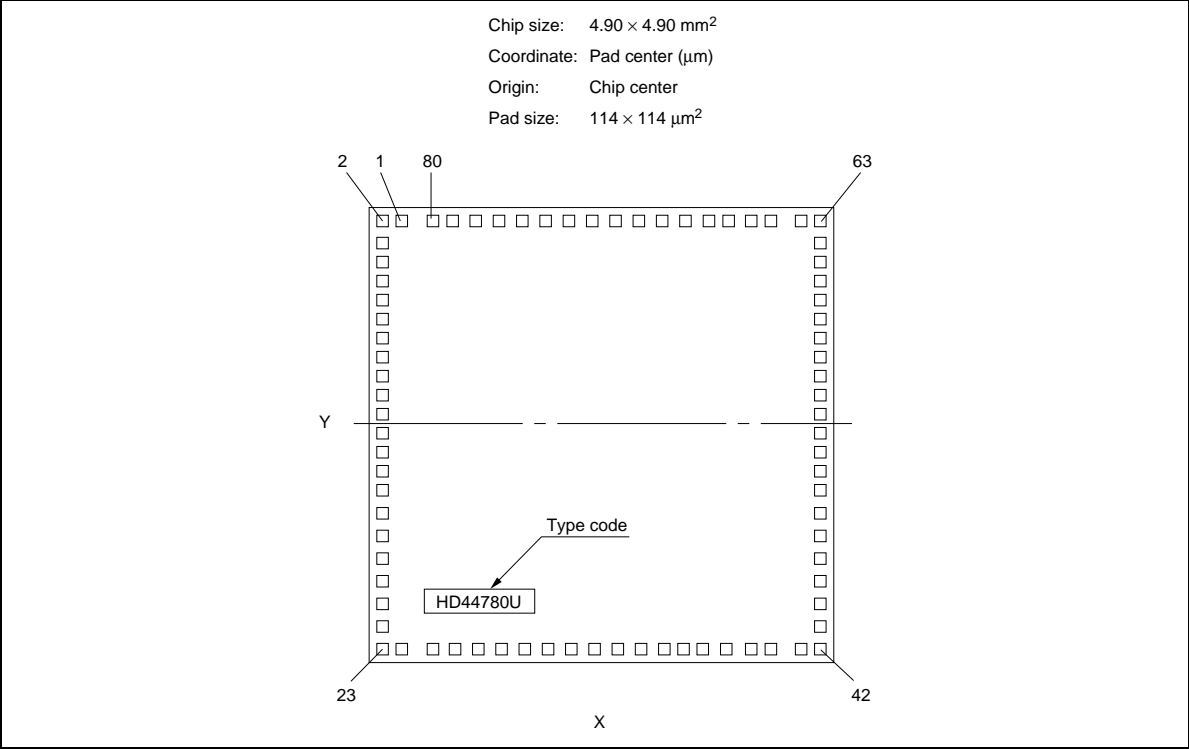


HD44780U

HD44780U Pin Arrangement (TFP-80F)



HD44780U Pad Arrangement



HD44780U

HCD44780U Pad Location Coordinates

Pad No.	Function	Coordinate		Pad No.	Function	Coordinate	
		X (um)	Y (um)			X (um)	Y (um)
1	SEG22	-2100	2313	41	DB2	2070	-2290
2	SEG21	-2280	2313	42	DB3	2260	-2290
3	SEG20	-2313	2089	43	DB4	2290	-2099
4	SEG19	-2313	1833	44	DB5	2290	-1883
5	SEG18	-2313	1617	45	DB6	2290	-1667
6	SEG17	-2313	1401	46	DB7	2290	-1452
7	SEG16	-2313	1186	47	COM1	2313	-1186
8	SEG15	-2313	970	48	COM2	2313	-970
9	SEG14	-2313	755	49	COM3	2313	-755
10	SEG13	-2313	539	50	COM4	2313	-539
11	SEG12	-2313	323	51	COM5	2313	-323
12	SEG11	-2313	108	52	COM6	2313	-108
13	SEG10	-2313	-108	53	COM7	2313	108
14	SEG9	-2313	-323	54	COM8	2313	323
15	SEG8	-2313	-539	55	COM9	2313	539
16	SEG7	-2313	-755	56	COM10	2313	755
17	SEG6	-2313	-970	57	COM11	2313	970
18	SEG5	-2313	-1186	58	COM12	2313	1186
19	SEG4	-2313	-1401	59	COM13	2313	1401
20	SEG3	-2313	-1617	60	COM14	2313	1617
21	SEG2	-2313	-1833	61	COM15	2313	1833
22	SEG1	-2313	-2073	62	COM16	2313	2095
23	GND	-2280	-2290	63	SEG40	2296	2313
24	OSC1	-2080	-2290	64	SEG39	2100	2313
25	OSC2	-1749	-2290	65	SEG38	1617	2313
26	V1	-1550	-2290	66	SEG37	1401	2313
27	V2	-1268	-2290	67	SEG36	1186	2313
28	V3	-941	-2290	68	SEG35	970	2313
29	V4	-623	-2290	69	SEG34	755	2313
30	V5	-304	-2290	70	SEG33	539	2313
31	CL1	-48	-2290	71	SEG32	323	2313
32	CL2	142	-2290	72	SEG31	108	2313
33	V _{cc}	309	-2290	73	SEG30	-108	2313
34	M	475	-2290	74	SEG29	-323	2313
35	D	665	-2290	75	SEG28	-539	2313
36	RS	832	-2290	76	SEG27	-755	2313
37	R \bar{W}	1022	-2290	77	SEG26	-970	2313
38	E	1204	-2290	78	SEG25	-1186	2313
39	DB0	1454	-2290	79	SEG24	-1401	2313
40	DB1	1684	-2290	80	SEG23	-1617	2313

Pin Functions

Signal	No. of Lines	I/O	Device Interfaced with	Function
RS	1	I	MPU	Selects registers. 0: Instruction register (for write) Busy flag: address counter (for read) 1: Data register (for write and read)
R/W	1	I	MPU	Selects read or write. 0: Write 1: Read
E	1	I	MPU	Starts data read/write.
DB4 to DB7	4	I/O	MPU	Four high order bidirectional tristate data bus pins. Used for data transfer and receive between the MPU and the HD44780U. DB7 can be used as a busy flag.
DB0 to DB3	4	I/O	MPU	Four low order bidirectional tristate data bus pins. Used for data transfer and receive between the MPU and the HD44780U. These pins are not used during 4-bit operation.
CL1	1	O	Extension driver	Clock to latch serial data D sent to the extension driver
CL2	1	O	Extension driver	Clock to shift serial data D
M	1	O	Extension driver	Switch signal for converting the liquid crystal drive waveform to AC
D	1	O	Extension driver	Character pattern data corresponding to each segment signal
COM1 to COM16	16	O	LCD	Common signals that are not used are changed to non-selection waveforms. COM9 to COM16 are non-selection waveforms at 1/8 duty factor and COM12 to COM16 are non-selection waveforms at 1/11 duty factor.
SEG1 to SEG40	40	O	LCD	Segment signals
V1 to V5	5	—	Power supply	Power supply for LCD drive $V_{cc} - V5 = 11 \text{ V (max)}$
V_{cc} , GND	2	—	Power supply	V_{cc} : 2.7V to 5.5V, GND: 0V
OSC1, OSC2	2	—	Oscillation resistor clock	When crystal oscillation is performed, a resistor must be connected externally. When the pin input is an external clock, it must be input to OSC1.

HD44780U

Function Description

Registers

The HD44780U has two 8-bit registers, an instruction register (IR) and a data register (DR).

The IR stores instruction codes, such as display clear and cursor shift, and address information for display data RAM (DDRAM) and character generator RAM (CGRAM). The IR can only be written from the MPU.

The DR temporarily stores data to be written into DDRAM or CGRAM and temporarily stores data to be read from DDRAM or CGRAM. Data written into the DR from the MPU is automatically written into DDRAM or CGRAM by an internal operation. The DR is also used for data storage when reading data from DDRAM or CGRAM. When address information is written into the IR, data is read and then stored into the DR from DDRAM or CGRAM by an internal operation. Data transfer between the MPU is then completed when the MPU reads the DR. After the read, data in DDRAM or CGRAM at the next address is sent to the DR for the next read from the MPU. By the register selector (RS) signal, these two registers can be selected (Table 1).

Busy Flag (BF)

When the busy flag is 1, the HD44780U is in the internal operation mode, and the next instruction will not be accepted. When $RS = 0$ and $R/\overline{W} = 1$ (Table 1), the busy flag is output to DB7. The next instruction must be written after ensuring that the busy flag is 0.

Address Counter (AC)

The address counter (AC) assigns addresses to both DDRAM and CGRAM. When an address of an instruction is written into the IR, the address information is sent from the IR to the AC. Selection of either DDRAM or CGRAM is also determined concurrently by the instruction.

After writing into (reading from) DDRAM or CGRAM, the AC is automatically incremented by 1 (decremented by 1). The AC contents are then output to DB0 to DB6 when $RS = 0$ and $R/\overline{W} = 1$ (Table 1).

Table 1 Register Selection

RS	R/ \overline{W}	Operation
0	0	IR write as an internal operation (display clear, etc.)
0	1	Read busy flag (DB7) and address counter (DB0 to DB6)
1	0	DR write as an internal operation (DR to DDRAM or CGRAM)
1	1	DR read as an internal operation (DDRAM or CGRAM to DR)

Display Data RAM (DDRAM)

Display data RAM (DDRAM) stores display data represented in 8-bit character codes. Its extended capacity is 80×8 bits, or 80 characters. The area in display data RAM (DDRAM) that is not used for display can be used as general data RAM. See Figure 1 for the relationships between DDRAM addresses and positions on the liquid crystal display.

The DDRAM address (A_{DD}) is set in the address counter (AC) as hexadecimal.

- 1-line display ($N = 0$) (Figure 2)
 - When there are fewer than 80 display characters, the display begins at the head position. For example, if using only the HD44780, 8 characters are displayed. See Figure 3.
 - When the display shift operation is performed, the DDRAM address shifts. See Figure 3.

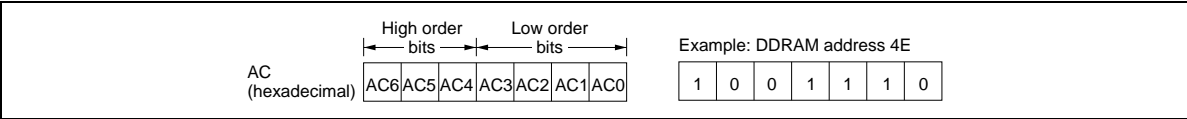


Figure 1 DDRAM Address

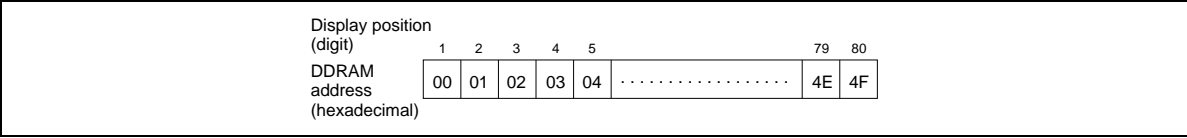


Figure 2 1-Line Display

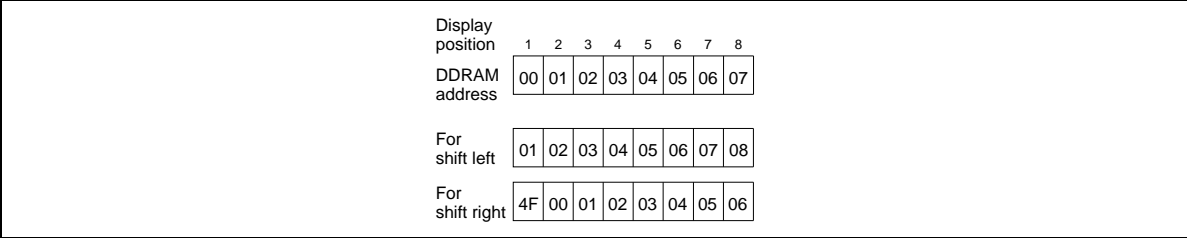


Figure 3 1-Line by 8-Character Display Example

HD44780U

- 2-line display (N = 1) (Figure 4)
 - Case 1: When the number of display characters is less than 40×2 lines, the two lines are displayed from the head. Note that the first line end address and the second line start address are not consecutive. For example, when just the HD44780 is used, 8 characters \times 2 lines are displayed. See Figure 5.
 - When display shift operation is performed, the DDRAM address shifts. See Figure 5.

Display position	1	2	3	4	5	.....	39	40
DDRAM address (hexadecimal)	00	01	02	03	04	.....	26	27
	40	41	42	43	44	.....	66	67

Figure 4 2-Line Display

Display position	1	2	3	4	5	6	7	8
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07
	40	41	42	43	44	45	46	47
For shift left	01	02	03	04	05	06	07	08
	41	42	43	44	45	46	47	48
For shift right	27	00	01	02	03	04	05	06
	67	40	41	42	43	44	45	46

Figure 5 2-Line by 8-Character Display Example

— Case 2: For a 16-character × 2-line display, the HD44780 can be extended using one 40-output extension driver. See Figure 6.

When display shift operation is performed, the DDRAM address shifts. See Figure 6.

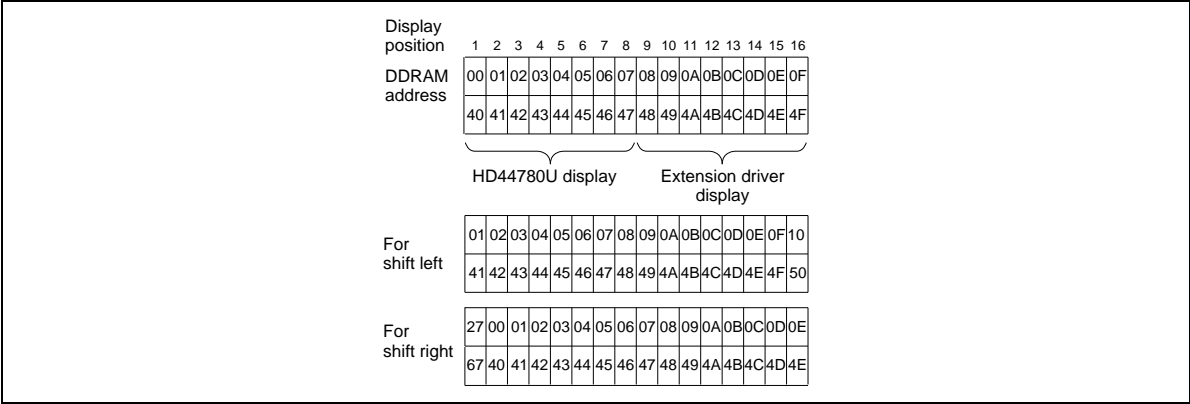


Figure 6 2-Line by 16-Character Display Example

Character Generator ROM (CGROM)

The character generator ROM generates 5×8 dot or 5×10 dot character patterns from 8-bit character codes (Table 4). It can generate 208 5×8 dot character patterns and 32 5×10 dot character patterns. User-defined character patterns are also available by mask-programmed ROM.

Character Generator RAM (CGRAM)

In the character generator RAM, the user can rewrite character patterns by program. For 5×8 dots, eight character patterns can be written, and for 5×10 dots, four character patterns can be written.

Write into DDRAM the character codes at the addresses shown as the left column of Table 4 to show the character patterns stored in CGRAM.

See Table 5 for the relationship between CGRAM addresses and data and display patterns.

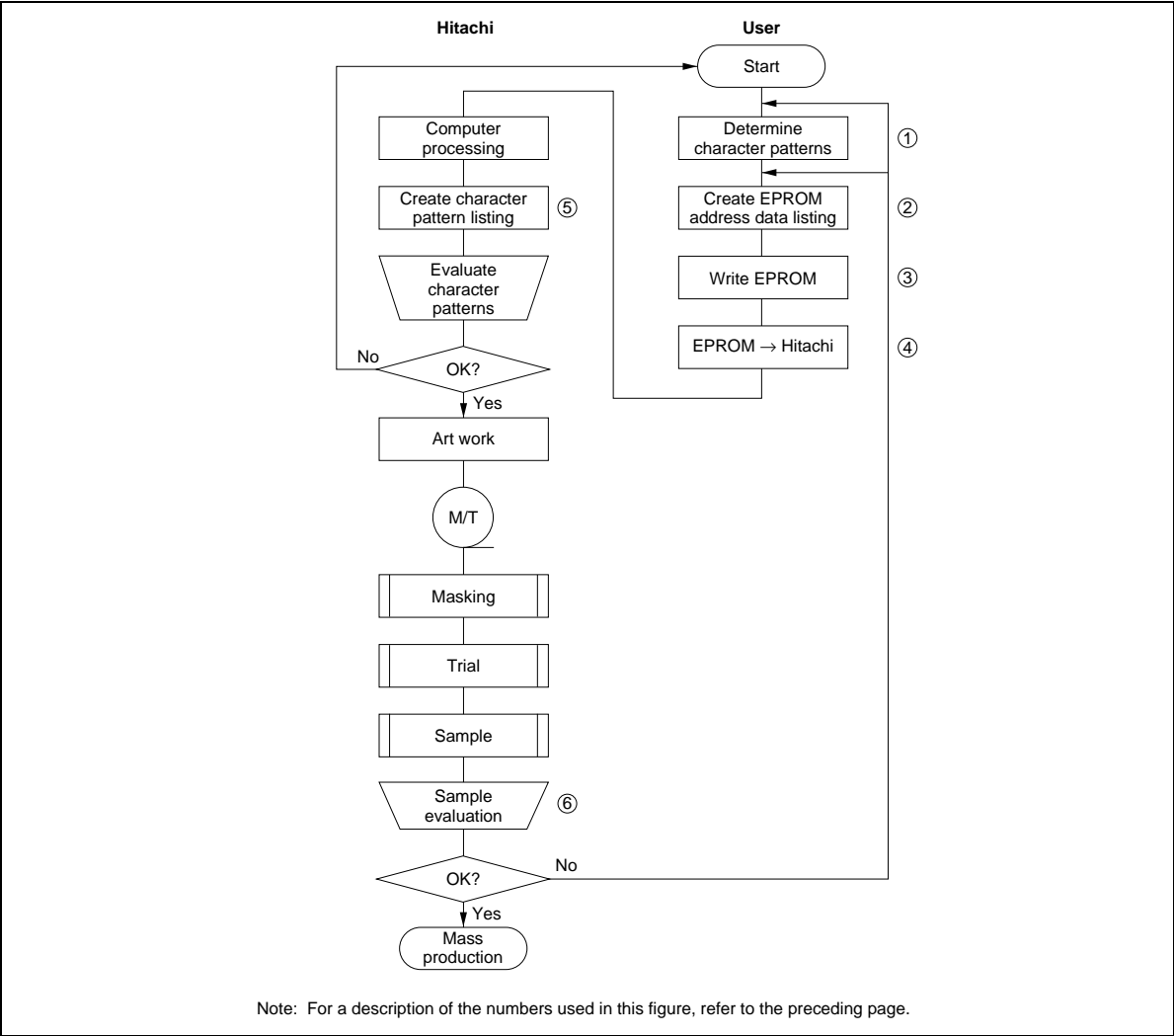
Areas that are not used for display can be used as general data RAM.

Modifying Character Patterns

- Character pattern development procedure

The following operations correspond to the numbers listed in Figure 7:

1. Determine the correspondence between character codes and character patterns.
2. Create a listing indicating the correspondence between EPROM addresses and data.
3. Program the character patterns into the EPROM.
4. Send the EPROM to Hitachi.
5. Computer processing on the EPROM is performed at Hitachi to create a character pattern listing, which is sent to the user.
6. If there are no problems within the character pattern listing, a trial LSI is created at Hitachi and samples are sent to the user for evaluation. When it is confirmed by the user that the character patterns are correctly written, mass production of the LSI proceeds at Hitachi.



Note: For a description of the numbers used in this figure, refer to the preceding page.

Figure 7 Character Pattern Development Procedure

HD44780U

- Programming character patterns

This section explains the correspondence between addresses and data used to program character patterns in EPROM. The HD44780U character generator ROM can generate 208 5×8 dot character patterns and 32 5×10 dot character patterns for a total of 240 different character patterns.

— Character patterns

EPROM address data and character pattern data correspond with each other to form a 5×8 or 5×10 dot character pattern (Tables 2 and 3).

Table 2 Example of Correspondence between EPROM Address Data and Character Pattern (5×8 Dots)

EPROM Address										Data						
A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	O4	O3	O2	O1	O0
												1	0	0	0	0
												1	0	0	0	0
												1	0	1	1	0
												1	1	0	0	1
												1	0	0	0	1
												1	0	0	0	1
												1	1	1	1	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
												1	0	0	0	0
												1	0	0	1	0
												1	0	1	0	0
												1	0	1	1	0
												1	1	0	0	0
												1	1	0	1	0
												1	1	1	0	0
												1	1	1	1	0

Character code Line position

← Cursor position

- Notes:
- EPROM addresses A11 to A4 correspond to a character code.
 - EPROM addresses A3 to A0 specify a line position of the character pattern.
 - EPROM data O4 to O0 correspond to character pattern data.
 - EPROM data O5 to O7 must be specified as 0.
 - A lit display position (black) corresponds to a 1.
 - Line 9 and the following lines must be blanked with 0s for a 5×8 dot character fonts.

— Handling unused character patterns

1. EPROM data outside the character pattern area: Always input 0s.
2. EPROM data in CGRAM area: Always input 0s. (Input 0s to EPROM addresses 00H to FFH.)
3. EPROM data used when the user does not use any HD44780U character pattern: According to the user application, handled in one of the two ways listed as follows.
 - a. When unused character patterns are not programmed: If an unused character code is written into DDRAM, all its dots are lit. By not programming a character pattern, all of its bits become lit. (This is due to the EPROM being filled with 1s after it is erased.)
 - b. When unused character patterns are programmed as 0s: Nothing is displayed even if unused character codes are written into DDRAM. (This is equivalent to a space.)

Table 3 Example of Correspondence between EPROM Address Data and Character Pattern (5 × 10 Dots)

EPROM Address										Data						
A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	O4	O3	O2	O1	O0
												0	0	0	0	0
												0	0	0	0	0
												0	1	1	0	1
												1	0	0	1	1
												1	0	0	0	1
												1	0	0	0	1
												0	1	1	1	1
0	1	0	1	0	0	1	0					0	0	0	0	1
												1	0	0	0	1
												1	0	0	0	1
												1	0	1	0	0
												1	0	1	1	0
												1	1	0	0	0
												1	1	0	1	0
												1	1	1	0	0
												0	0	0	0	0

Character code Line position

← Cursor position

- Notes:
1. EPROM addresses A11 to A3 correspond to a character code.
 2. EPROM addresses A3 to A0 specify a line position of the character pattern.
 3. EPROM data O4 to O0 correspond to character pattern data.
 4. EPROM data O5 to O7 must be specified as 0.
 5. A lit display position (black) corresponds to a 1.
 6. Line 11 and the following lines must be blanked with 0s for a 5 × 10 dot character fonts.

HD44780U

Table 4 Correspondence between Character Codes and Character Patterns (ROM Code: A00)

Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	
xxxx0000	CG RAM (1)			0	a	P	`	P				-	9	3	o	p	
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q				2	7	4	ä	q	
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r				!	U	×	þ	ø	
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s				!	U	7	E	ø	
xxxx0100	(5)		\$	4	D	T	d	t				\	I	†	μ	ø	
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u				.	†	1	o	ü	
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v				7	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w				7	†	又	う	g	π
xxxx1000	(1)		(	8	H	X	h	x				!	ウ	ネ	リ	フ	ア
xxxx1001	(2)		)	9	I	Y	i	y				ウ	†	ル	'	y	
xxxx1010	(3)		*	:	J	Z	j	z				!	コ	ハ	レ	j	†
xxxx1011	(4)		+	;	K	L	k	l				!	ウ	ヒ	ロ	*	ア
xxxx1100	(5)		,	<	L	≠	1	1				!	シ	フ	ワ	φ	ア
xxxx1101	(6)		-	=	M	I	m	)				!	ス	ハ	ン	レ	†
xxxx1110	(7)		.	>	N	^	n	†				!	セ	ホ	°	ñ	
xxxx1111	(8)		/	?	0	_	o	†				!	ウ	リ	マ	°	■

Note: The user can specify any pattern for character-generator RAM.

Table 4 Correspondence between Character Codes and Character Patterns (ROM Code: A02)

Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)	␣		0	a	P	`	F	B	o	l	l	o	À	á	â
xxxx0001	(2)	!	1	A	Q	a	9	A	J	i	±	Á	Ñ	ã	ñ	
xxxx0010	(3)	“	”	2	B	R	b	r	W	Γ	Q	²	À	ò	á	ó
xxxx0011	(4)	”	#	3	C	S	c	s	3	π	€	³	Á	ó	ã	ó
xxxx0100	(5)	£	\$	4	D	T	d	t	M	Σ	×	ℝ	À	ó	ã	ó
xxxx0101	(6)	¥	%	5	E	U	e	u	ñ	o	¥	ℙ	À	ó	ã	ó
xxxx0110	(7)	•	&	6	F	V	f	v	J	J	!	9	È	Ö	ø	ö
xxxx0111	(8)	↓	'	7	G	W	w	π	τ	§	•	©	×	ç	÷	
xxxx1000	(1)	↑	(	8	H	X	h	x	Y	*	†	ω	É	È	é	è
xxxx1001	(2)	↓	)	9	I	Y	i	y	U	Ø	¹	É	Ù	é	ù	
xxxx1010	(3)	÷	*	:	J	Z	j	z	4	Q	æ	œ	É	Ù	é	Ù
xxxx1011	(4)	←	+	:	K	I	k	(	W	δ	«	»	É	Ù	é	Ù
xxxx1100	(5)	≤	,	<	L	\	l	l	W	*	0	§	ì	ò	ì	ò
xxxx1101	(6)	≥	-	=	M	I	m	)	b	•	9	§	í	ý	í	ý
xxxx1110	(7)	▲	.	>	N	^	n	~	h	s	0	¼	î	þ	î	þ
xxxx1111	(8)	▼	/	?	O	_	o	ó	3	0	'	¿	ï	ß	ï	ß

Table 5 Relationship between CGRAM Addresses, Character Codes (DDRAM) and Character Patterns (CGRAM Data)

For 5 × 8 dot character patterns

Character Codes (DDRAM data)		CGRAM Address				Character Patterns (CGRAM data)																																																													
7	6	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0																																														
High				Low				High				Low				High				Low																																															
0 0 0 0 * 0 0 0								0 0 0				0	0	0	0	*	*	*	1	1	1	1	0	↑	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
												1	0	0	0	1																																																			
												1	0	0	0	1																																																			
												1	1	1	1	0																																																			
												1	0	1	0	0																																																			
												1	0	0	1	0																																																			
												1	0	0	0	1																																																			
												0	0	0	0	0																																																			
0	0	1	1	1	1	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↓	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0									
0	1	0	1	0																																																															
1	1	1	1	1																																																															
0	0	1	0	0																																																															
1	1	1	1	1																																																															
0	0	1	0	0																																																															
0	0	1	0	0																																																															
0	0	0	0	0																																																															
0 0 0 0 * 0 0 1								0 0 1				0	0	0	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↑	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
												0	1	0	1	0																																																			
1	1	1	1	1																																																															
0	0	1	0	0																																																															
1	1	1	1	1																																																															
0	0	1	0	0																																																															
0	0	1	0	0																																																															
0	0	0	0	0																																																															
0	0	1	1	1	1	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↓	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
0	0	0	0	0																																																															
1	1	1	1	1																																																															
0	0	1	0	0																																																															
0	0	1	0	0																																																															
0	0	0	0	0																																																															
0	0	0	0	0																																																															
0	0	0	0	0																																																															
0 0 0 0 * 1 1 1								1 1 1				1	0	0	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↑	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0															
												1	0	0	0	1																																																			
												1	0	1	0	0																																																			
												1	1	0	0	0																																																			
1	1	1	0	0																																																															
1	0	1	0	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↓	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0																										
1	0	0	0	1																																																															
1	0	1	0	0																																																															
1	1	0	0	0																																																															
1	1	1	0	0																																																															
1	1	0	0	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↓	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0																										
1	0	0	0	1																																																															
1	0	1	0	0																																																															
1	1	0	0	0																																																															
1	1	1	0	0																																																															
1	1	1	0	0	*	*	*	1	0	0	0	1	↓	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </table>								1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0																										
1	0	0	0	1																																																															
1	0	1	0	0																																																															
1	1	0	0	0																																																															
1	1	1	0	0																																																															

- Notes:
1. Character code bits 0 to 2 correspond to CGRAM address bits 3 to 5 (3 bits: 8 types).
 2. CGRAM address bits 0 to 2 designate the character pattern line position. The 8th line is the cursor position and its display is formed by a logical OR with the cursor.
Maintain the 8th line data, corresponding to the cursor display position, at 0 as the cursor display.
If the 8th line data is 1, 1 bits will light up the 8th line regardless of the cursor presence.
 3. Character pattern row positions correspond to CGRAM data bits 0 to 4 (bit 4 being at the left).
 4. As shown Table 5, CGRAM character patterns are selected when character code bits 4 to 7 are all 0. However, since character code bit 3 has no effect, the R display example above can be selected by either character code 00H or 08H.
 5. 1 for CGRAM data corresponds to display selection and 0 to non-selection.
- * Indicates no effect.

Table 5 Relationship between CGRAM Addresses, Character Codes (DDRAM) and Character Patterns (CGRAM Data) (cont)

For 5 × 10 dot character patterns

Character Codes (DDRAM data)		CGRAM Address				Character Patterns (CGRAM data)		
7	6	5	4	3	2	1	0	
High Low		High Low		High Low				
0 0 0 0 * 0 0 *			0	0	0	0	* * *	0 0 0 0 0 0
			0	0	0	1	↑	0 0 0 0 0 0
			0	0	1	0	↑	1 0 1 1 0
			0	0	1	1	↑	1 1 0 0 1
			0	1	0	0	↑	1 0 0 0 1
			0	1	0	1	↑	1 0 0 0 1
			0	1	1	0	↑	1 1 1 1 0
			0	1	1	1	↑	1 0 0 0 0
			1	0	0	0	↑	1 0 0 0 0
			1	0	1	0	↑	1 0 0 0 0
		1	0	1	1	↑	* * * 0 0 0 0 0	
		1	0	1	1	↑	* * * * * * * *	
		1	1	0	0	↑	* * * * * * * *	
		1	1	0	1	↑	* * * * * * * *	
		1	1	1	0	↑	* * * * * * * *	
		1	1	1	1	↑	* * * * * * * *	
		0	0	0	0	↑	* * * * * * * *	
		0	0	0	1	↑	* * * * * * * *	
		0	0	1	0	↑	* * * * * * * *	
		0	0	1	1	↑	* * * * * * * *	
		1	1	0	0	↑	* * * * * * * *	
		1	1	0	1	↑	* * * * * * * *	
		1	1	1	0	↑	* * * * * * * *	
		1	1	1	1	↑	* * * * * * * *	

Character pattern
 Cursor position

- Notes:
- Character code bits 1 and 2 correspond to CGRAM address bits 4 and 5 (2 bits: 4 types).
 - CGRAM address bits 0 to 3 designate the character pattern line position. The 11th line is the cursor position and its display is formed by a logical OR with the cursor.
Maintain the 11th line data corresponding to the cursor display position at 0 as the cursor display.
If the 11th line data is "1", "1" bits will light up the 11th line regardless of the cursor presence.
Since lines 12 to 16 are not used for display, they can be used for general data RAM.
 - Character pattern row positions are the same as 5 × 8 dot character pattern positions.
 - CGRAM character patterns are selected when character code bits 4 to 7 are all 0.
However, since character code bits 0 and 3 have no effect, the P display example above can be selected by character codes 00H, 01H, 08H, and 09H.
 - 1 for CGRAM data corresponds to display selection and 0 to non-selection.
- * Indicates no effect.

Timing Generation Circuit

The timing generation circuit generates timing signals for the operation of internal circuits such as DDRAM, CGROM and CGRAM. RAM read timing for display and internal operation timing by MPU access are generated separately to avoid interfering with each other. Therefore, when writing data to DDRAM, for example, there will be no undesirable interferences, such as flickering, in areas other than the display area.

Liquid Crystal Display Driver Circuit

The liquid crystal display driver circuit consists of 16 common signal drivers and 40 segment signal drivers. When the character font and number of lines are selected by a program, the required common signal drivers automatically output drive waveforms, while the other common signal drivers continue to output non-selection waveforms.

Sending serial data always starts at the display data character pattern corresponding to the last address of the display data RAM (DDRAM).

Since serial data is latched when the display data character pattern corresponding to the starting address enters the internal shift register, the HD44780U drives from the head display.

Cursor/Blink Control Circuit

The cursor/blink control circuit generates the cursor or character blinking. The cursor or the blinking will appear with the digit located at the display data RAM (DDRAM) address set in the address counter (AC).

For example (Figure 8), when the address counter is 08H, the cursor position is displayed at DDRAM address 08H.

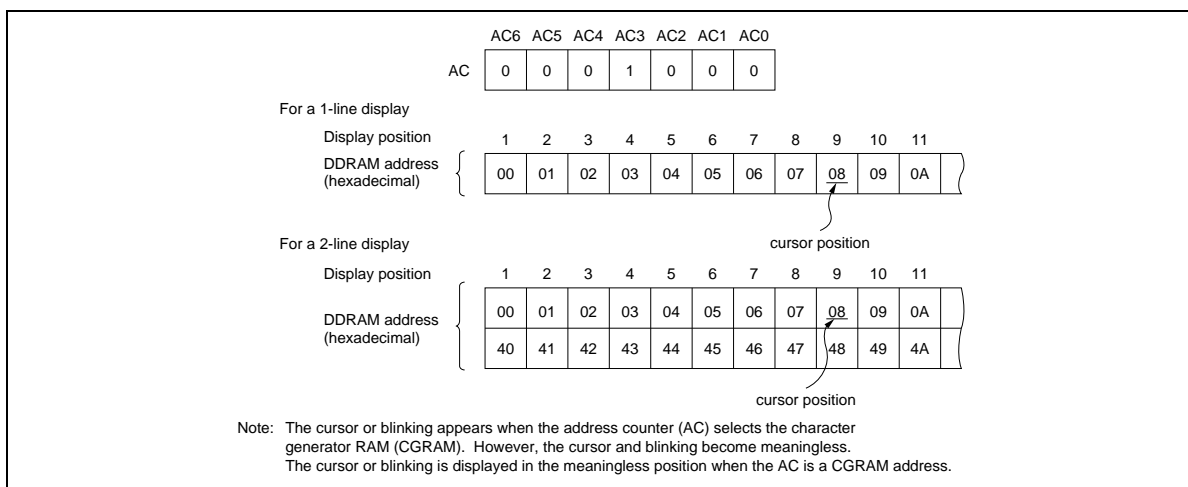


Figure 8 Cursor/Blink Display Example

Interfacing to the MPU

The HD44780U can send data in either two 4-bit operations or one 8-bit operation, thus allowing interfacing with 4- or 8-bit MPUs.

- For 4-bit interface data, only four bus lines (DB4 to DB7) are used for transfer. Bus lines DB0 to DB3 are disabled. The data transfer between the HD44780U and the MPU is completed after the 4-bit data has been transferred twice. As for the order of data transfer, the four high order bits (for 8-bit operation, DB4 to DB7) are transferred before the four low order bits (for 8-bit operation, DB0 to DB3).

The busy flag must be checked (one instruction) after the 4-bit data has been transferred twice. Two more 4-bit operations then transfer the busy flag and address counter data.

- For 8-bit interface data, all eight bus lines (DB0 to DB7) are used.

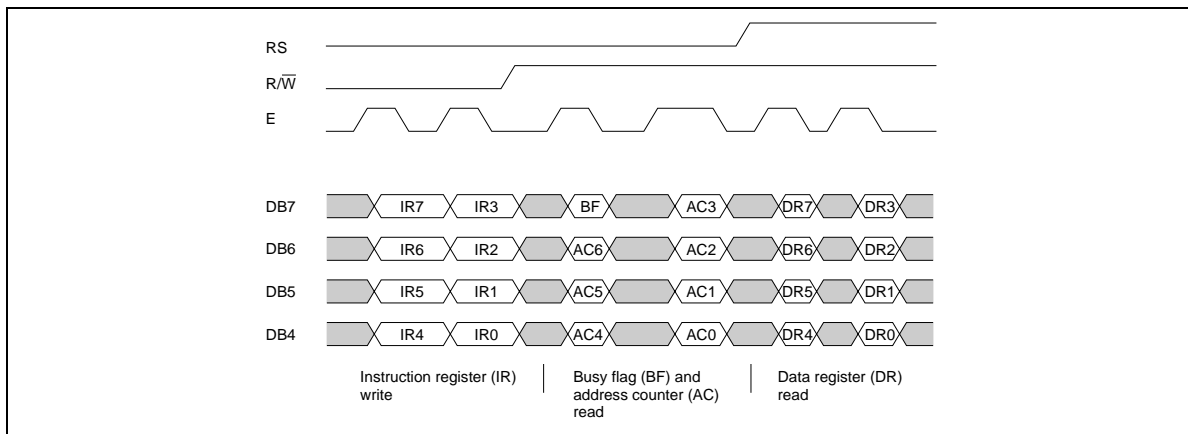


Figure 9 4-Bit Transfer Example

HD44780U

Reset Function

Initializing by Internal Reset Circuit

An internal reset circuit automatically initializes the HD44780U when the power is turned on. The following instructions are executed during the initialization. The busy flag (BF) is kept in the busy state until the initialization ends (BF = 1). The busy state lasts for 10 ms after V_{CC} rises to 4.5 V.

1. Display clear
2. Function set:
 - DL = 1; 8-bit interface data
 - N = 0; 1-line display
 - F = 0; 5 × 8 dot character font
3. Display on/off control:
 - D = 0; Display off
 - C = 0; Cursor off
 - B = 0; Blinking off
4. Entry mode set:
 - I/D = 1; Increment by 1
 - S = 0; No shift

Note: If the electrical characteristics conditions listed under the table Power Supply Conditions Using Internal Reset Circuit are not met, the internal reset circuit will not operate normally and will fail to initialize the HD44780U. For such a case, initialization must be performed by the MPU as explained in the section, Initializing by Instruction.

Instructions

Outline

Only the instruction register (IR) and the data register (DR) of the HD44780U can be controlled by the MPU. Before starting the internal operation of the HD44780U, control information is temporarily stored into these registers to allow interfacing with various MPUs, which operate at different speeds, or various peripheral control devices. The internal operation of the HD44780U is determined by signals sent from the MPU. These signals, which include register selection signal (RS), read/

write signal (R/\overline{W}), and the data bus (DB0 to DB7), make up the HD44780U instructions (Table 6). There are four categories of instructions that:

- Designate HD44780U functions, such as display format, data length, etc.
- Set internal RAM addresses
- Perform data transfer with internal RAM
- Perform miscellaneous functions

Normally, instructions that perform data transfer with internal RAM are used the most. However, auto-incrementation by 1 (or auto-decrementation by 1) of internal HD44780U RAM addresses after each data write can lighten the program load of the MPU. Since the display shift instruction (Table 11) can perform concurrently with display data write, the user can minimize system development time with maximum programming efficiency.

When an instruction is being executed for internal operation, no instruction other than the busy flag/address read instruction can be executed.

Because the busy flag is set to 1 while an instruction is being executed, check it to make sure it is 0 before sending another instruction from the MPU.

Note: Be sure the HD44780U is not in the busy state (BF = 0) before sending an instruction from the MPU to the HD44780U. If an instruction is sent without checking the busy flag, the time between the first instruction and next instruction will take much longer than the instruction time itself. Refer to Table 6 for the list of each instruction execution time.

Table 6 Instructions

Instruction	Code										Description	Execution Time (max) (when f_{cp} or f_{osc} is 270 kHz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Clears entire display and sets DDRAM address 0 in address counter.	
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	—	Sets DDRAM address 0 in address counter. Also returns display from being shifted to original position. DDRAM contents remain unchanged.	1.52 ms
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Sets cursor move direction and specifies display shift. These operations are performed during data write and read.	37 μ s
Display on/off control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Sets entire display (D) on/off, cursor on/off (C), and blinking of cursor position character (B).	37 μ s
Cursor or display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	—	—	Moves cursor and shifts display without changing DDRAM contents.	37 μ s
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	—	—	Sets interface data length (DL), number of display lines (N), and character font (F).	37 μ s
Set CGRAM address	0	0	0	1	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	ACG	Sets CGRAM address. CGRAM data is sent and received after this setting.	37 μ s
Set DDRAM address	0	0	1	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	ADD	Sets DDRAM address. DDRAM data is sent and received after this setting.	37 μ s
Read busy flag & address	0	1	BF	AC	AC	AC	AC	AC	AC	AC	Reads busy flag (BF) indicating internal operation is being performed and reads address counter contents.	0 μ s

HD44780U

Table 6 Instructions (cont)

Instruction	Code										Description	Execution Time (max) (when f_{cp} or f_{osc} is 270 kHz)		
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		$t_{ADD} = 4 \mu s^*$		
Write data to CG or DDRAM	1	0	Write data										Writes data into DDRAM or CGRAM.	$37 \mu s$ $t_{ADD} = 4 \mu s^*$
Read data from CG or DDRAM	1	1	Read data										Reads data from DDRAM or CGRAM.	$37 \mu s$ $t_{ADD} = 4 \mu s^*$
	I/D = 1: Increment I/D = 0: Decrement		DDRAM: Display data RAM CGRAM: Character generator RAM										Execution time changes when frequency changes	
	S = 1: Accompanies display shift S/C = 1: Display shift S/C = 0: Cursor move		ACG: CGRAM address ADD: DDRAM address (corresponds to cursor address)										Example: When f_{cp} or f_{osc} is 250 kHz, $37 \mu s \times \frac{270}{250} = 40 \mu s$	
	R/L = 1: Shift to the right R/L = 0: Shift to the left		AC: Address counter used for both DD and CGRAM addresses											
	DL = 1: 8 bits, DL = 0: 4 bits													
	N = 1: 2 lines, N = 0: 1 line													
	F = 1: 5×10 dots, F = 0: 5×8 dots													
	BF = 1: Internally operating BF = 0: Instructions acceptable													

Note: — indicates no effect.

* After execution of the CGRAM/DDRAM data write or read instruction, the RAM address counter is incremented or decremented by 1. The RAM address counter is updated after the busy flag turns off. In Figure 10, t_{ADD} is the time elapsed after the busy flag turns off until the address counter is updated.

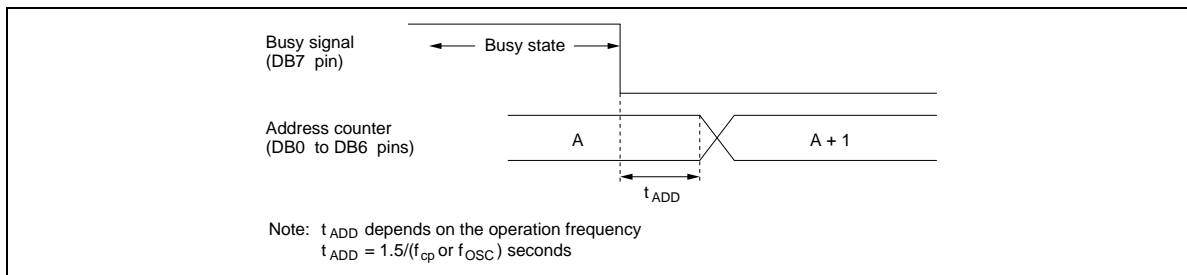


Figure 10 Address Counter Update

Instruction Description

Clear Display

Clear display writes space code 20H (character pattern for character code 20H must be a blank pattern) into all DDRAM addresses. It then sets DDRAM address 0 into the address counter, and returns the display to its original status if it was shifted. In other words, the display disappears and the cursor or blinking goes to the left edge of the display (in the first line if 2 lines are displayed). It also sets I/D to 1 (increment mode) in entry mode. S of entry mode does not change.

Return Home

Return home sets DDRAM address 0 into the address counter, and returns the display to its original status if it was shifted. The DDRAM contents do not change.

The cursor or blinking go to the left edge of the display (in the first line if 2 lines are displayed).

Entry Mode Set

I/D: Increments (I/D = 1) or decrements (I/D = 0) the DDRAM address by 1 when a character code is written into or read from DDRAM.

The cursor or blinking moves to the right when incremented by 1 and to the left when decremented by 1. The same applies to writing and reading of CGRAM.

S: Shifts the entire display either to the right (I/D = 0) or to the left (I/D = 1) when S is 1. The display does not shift if S is 0.

If S is 1, it will seem as if the cursor does not move but the display does. The display does not shift when reading from DDRAM. Also, writing into or reading out from CGRAM does not shift the display.

Display On/Off Control

D: The display is on when D is 1 and off when D is 0. When off, the display data remains in DDRAM, but can be displayed instantly by setting D to 1.

C: The cursor is displayed when C is 1 and not displayed when C is 0. Even if the cursor disappears, the function of I/D or other specifications will not change during display data write. The cursor is displayed using 5 dots in the 8th line for 5×8 dot character font selection and in the 11th line for the 5×10 dot character font selection (Figure 13).

B: The character indicated by the cursor blinks when B is 1 (Figure 13). The blinking is displayed as switching between all blank dots and displayed characters at a speed of 409.6-ms intervals when f_{cp} or f_{osc} is 250 kHz. The cursor and blinking can be set to display simultaneously. (The blinking frequency changes according to f_{osc} or the reciprocal of f_{cp} . For example, when f_{cp} is 270 kHz, $409.6 \times 250/270 = 379.2$ ms.)

Cursor or Display Shift

Cursor or display shift shifts the cursor position or display to the right or left without writing or reading display data (Table 7). This function is used to correct or search the display. In a 2-line display, the cursor moves to the second line when it passes the 40th digit of the first line. Note that the first and second line displays will shift at the same time.

When the displayed data is shifted repeatedly each line moves only horizontally. The second line display does not shift into the first line position.

The address counter (AC) contents will not change if the only action performed is a display shift.

Function Set

DL: Sets the interface data length. Data is sent or received in 8-bit lengths (DB7 to DB0) when DL is 1, and in 4-bit lengths (DB7 to DB4) when DL is 0. When 4-bit length is selected, data must be sent or received twice.

N: Sets the number of display lines.

F: Sets the character font.

Note: Perform the function at the head of the program before executing any instructions (except for the read busy flag and address instruction). From this point, the function set instruction cannot be executed unless the interface data length is changed.

Set CGRAM Address

Set CGRAM address sets the CGRAM address binary AAAAAA into the address counter.

Data is then written to or read from the MPU for CGRAM.

		RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
Clear display	Code	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Return home	Code	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Note: * Don't care.
Entry mode set	Code	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Display on/off control	Code	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Figure 11

		RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
Cursor or display shift	Code	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	Note: * Don't care.
Function set	Code	0	0	0	0	0	DL	N	F	*	*	
Set CGRAM address	Code	0	0	0	0	A	A	A	A	A	A	

← Higher order bit Lower order bit →

Figure 12

HD44780U

Set DDRAM Address

Set DDRAM address sets the DDRAM address binary AAAAAAA into the address counter.

Data is then written to or read from the MPU for DDRAM.

However, when N is 0 (1-line display), AAAAAAA can be 00H to 4FH. When N is 1 (2-line display), AAAAAAA can be 00H to 27H for the first line, and 40H to 67H for the second line.

Read Busy Flag and Address

Read busy flag and address reads the busy flag (BF) indicating that the system is now internally operating on a previously received instruction. If BF is 1, the internal operation is in progress. The next instruction will not be accepted until BF is reset to 0. Check the BF status before the next write operation. At the same time, the value of the address counter in binary AAAAAAA is read out. This address counter is used by both CG and DDRAM addresses, and its value is determined by the previous instruction. The address contents are the same as for instructions set CGRAM address and set DDRAM address.

Table 7 Shift Function

S/C	R/L	
0	0	Shifts the cursor position to the left. (AC is decremented by one.)
0	1	Shifts the cursor position to the right. (AC is incremented by one.)
1	0	Shifts the entire display to the left. The cursor follows the display shift.
1	1	Shifts the entire display to the right. The cursor follows the display shift.

Table 8 Function Set

N	F	No. of Display Lines	Character Font	Duty Factor	Remarks
0	0	1	5 × 8 dots	1/8	
0	1	1	5 × 10 dots	1/11	
1	*	2	5 × 8 dots	1/16	Cannot display two lines for 5 × 10 dot character font

Note: * Indicates don't care.

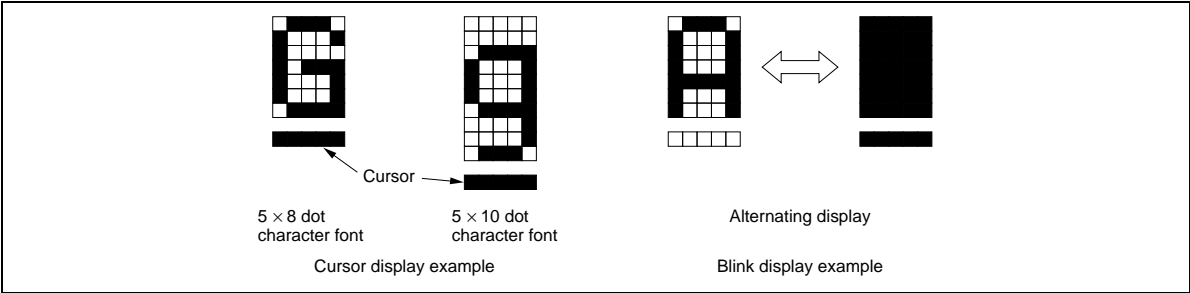


Figure 13 Cursor and Blinking

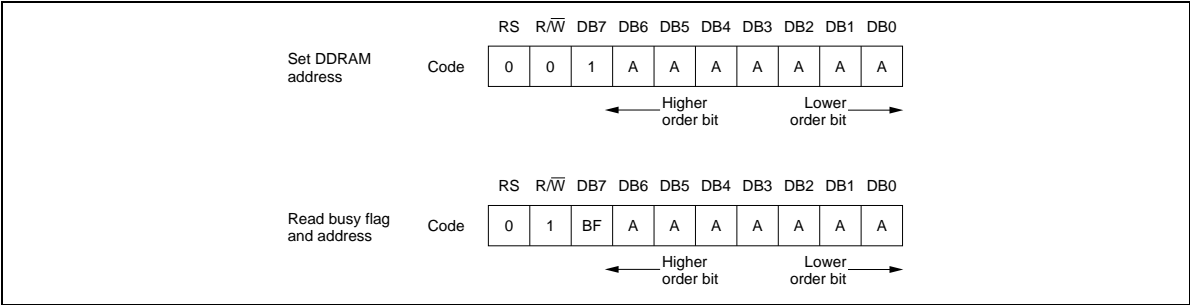


Figure 14

Write Data to CG or DDRAM

Write data to CG or DDRAM writes 8-bit binary data DDDDDDDD to CG or DDRAM.

To write into CG or DDRAM is determined by the previous specification of the CGRAM or DDRAM address setting. After a write, the address is automatically incremented or decremented by 1 according to the entry mode. The entry mode also determines the display shift.

Read Data from CG or DDRAM

Read data from CG or DDRAM reads 8-bit binary data DDDDDDDD from CG or DDRAM.

The previous designation determines whether CG or DDRAM is to be read. Before entering this read instruction, either CGRAM or DDRAM address set instruction must be executed. If not executed, the first read data will be invalid. When serially executing read instructions, the next address data is normally read from the second read. The address set instructions need not be executed just before this read instruction when shifting the cursor by the cursor shift instruction (when reading out DDRAM). The operation of the cursor shift instruction is the same as the set DDRAM address instruction.

After a read, the entry mode automatically increases or decreases the address by 1. However, display shift is not executed regardless of the entry mode.

Note: The address counter (AC) is automatically incremented or decremented by 1 after the write instructions to CGRAM or DDRAM are executed. The RAM data selected by the AC cannot be read out at this time even if read instructions are executed. Therefore, to correctly read data, execute either the address set instruction or cursor shift instruction (only with DDRAM), then just before reading the desired data, execute the read instruction from the second time the read instruction is sent.

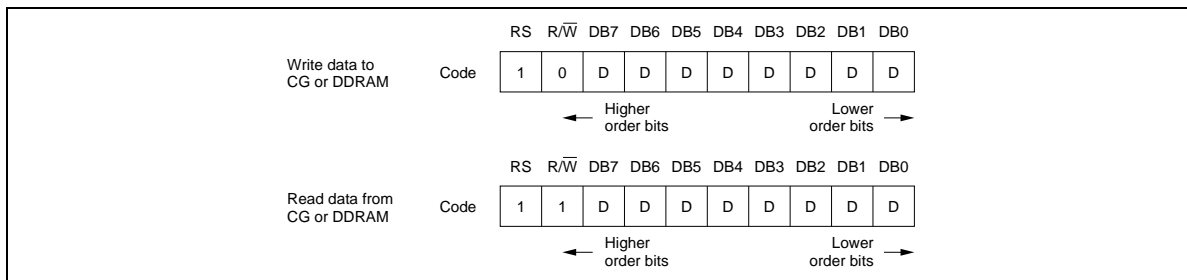


Figure 15

Interfacing the HD44780U

Interface to MPUs

- Interfacing to an 8-bit MPU
See Figure 17 for an example of using a I/O port (for a single-chip microcomputer) as an interface device.
In this example, P30 to P37 are connected to the data bus DB0 to DB7, and P75 to P77 are connected to E, R/W, and RS, respectively.

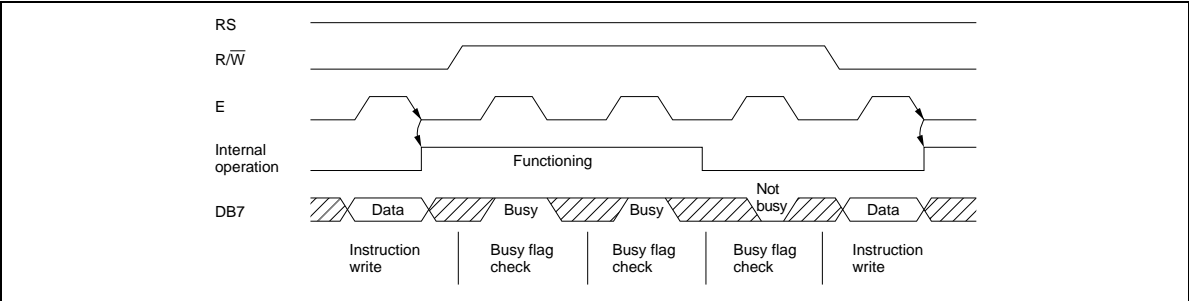


Figure 16 Example of Busy Flag Check Timing Sequence

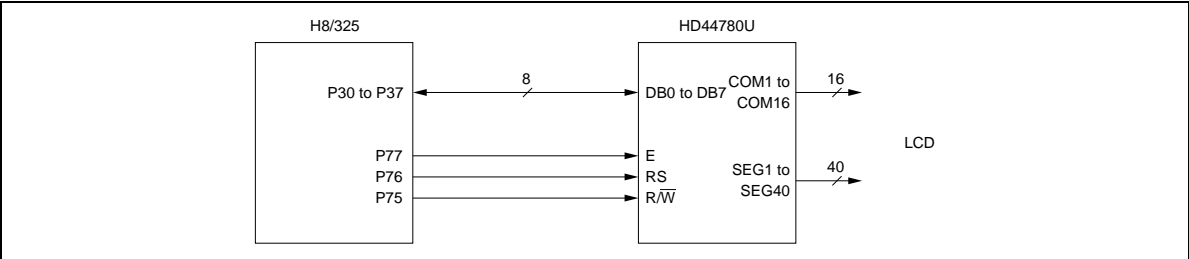


Figure 17 H8/325 Interface (Single-Chip Mode)

HD44780U

- Interfacing to a 4-bit MPU

The HD44780U can be connected to the I/O port of a 4-bit MPU. If the I/O port has enough bits, 8-bit data can be transferred. Otherwise, one data transfer must be made in two operations for 4-bit data. In this case, the timing sequence becomes somewhat complex. (See Figure 18.)

See Figure 19 for an interface example to the HMCS4019R.

Note that two cycles are needed for the busy flag check as well as for the data transfer. The 4-bit operation is selected by the program.

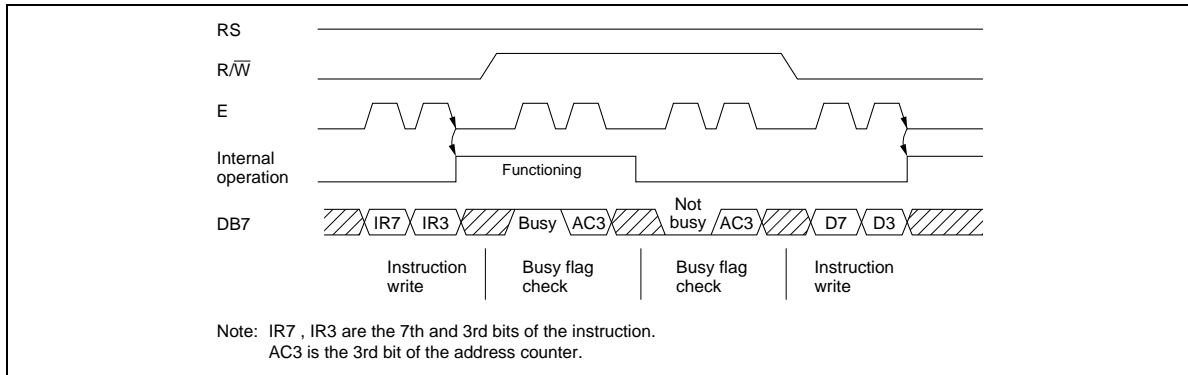


Figure 18 Example of 4-Bit Data Transfer Timing Sequence

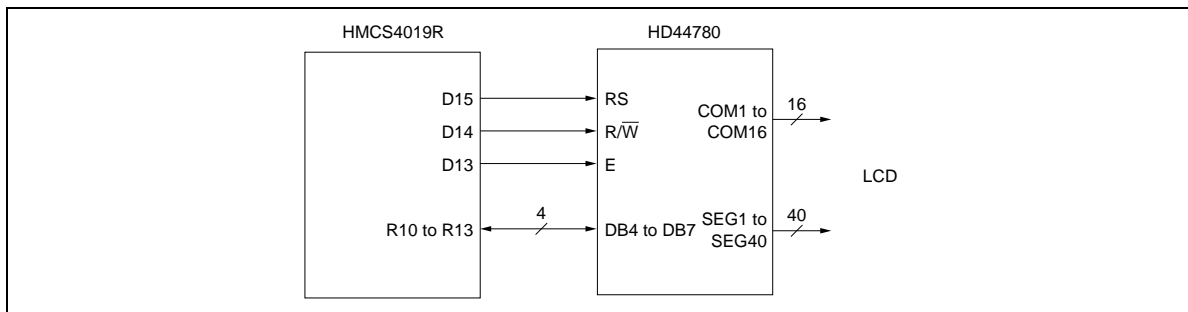


Figure 19 Example of Interface to HMCS4019R

Interface to Liquid Crystal Display

Character Font and Number of Lines: The HD44780U can perform two types of displays, 5 × 8 dot and 5 × 10 dot character fonts, each with a cursor.

Up to two lines are displayed for 5 × 8 dots and one line for 5 × 10 dots. Therefore, a total of three types of common signals are available (Table 9).

The number of lines and font types can be selected by the program. (See Table 6, Instructions.)

Connection to HD44780 and Liquid Crystal Display: See Figure 20 for the connection examples.

Table 9 Common Signals

Number of Lines	Character Font	Number of Common Signals	Duty Factor
1	5 × 8 dots + cursor	8	1/8
1	5 × 10 dots + cursor	11	1/11
2	5 × 8 dots + cursor	16	1/16

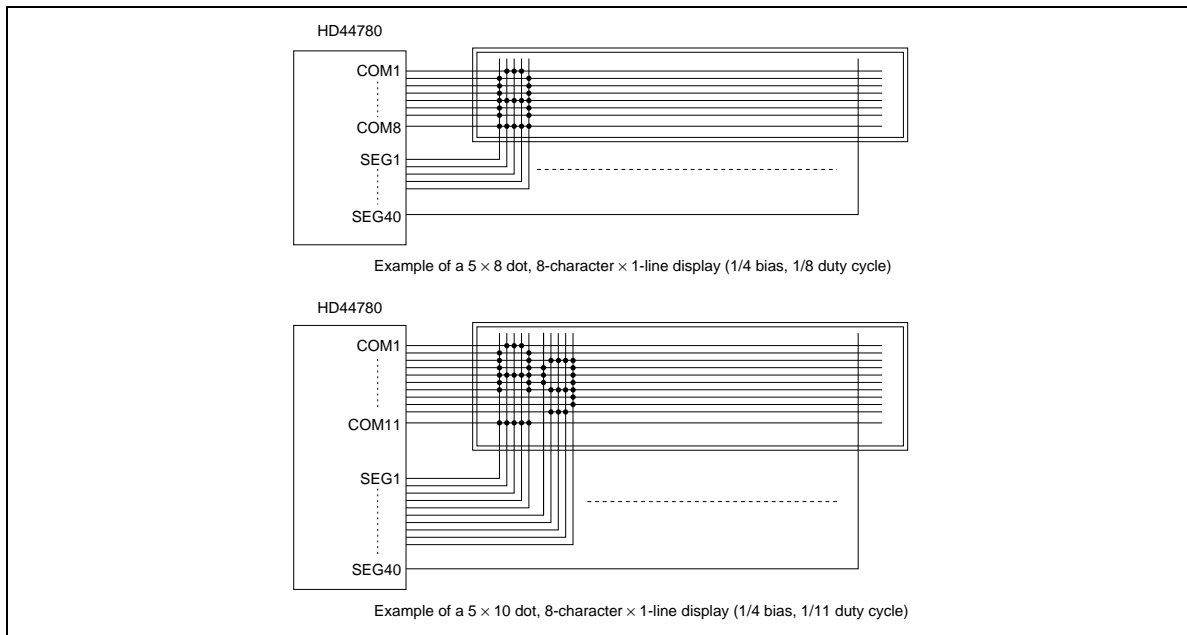


Figure 20 Liquid Crystal Display and HD44780 Connections

HD44780U

Since five segment signal lines can display one digit, one HD44780U can display up to 8 digits for a 1-line display and 16 digits for a 2-line display.

The examples in Figure 20 have unused common signal pins, which always output non-selection waveforms. When the liquid crystal display panel has unused extra scanning lines, connect the extra scanning lines to these common signal pins to avoid any undesirable effects due to crosstalk during the floating state (Figure 21).

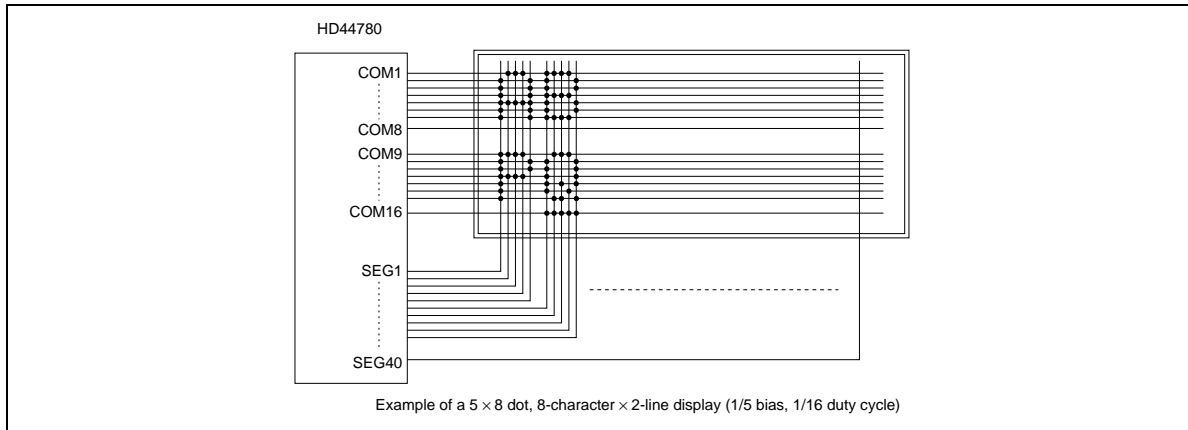


Figure 20 Liquid Crystal Display and HD44780 Connections (cont)

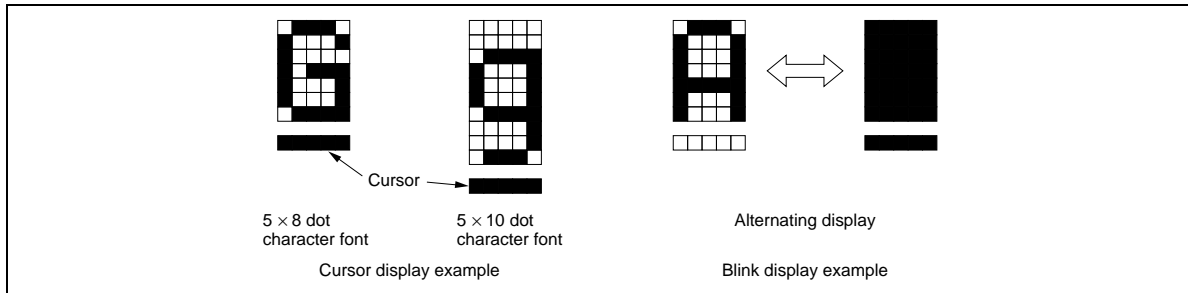


Figure 21 Using COM9 to Avoid Crosstalk on Unneeded Scanning Line

Connection of Changed Matrix Layout: In the preceding examples, the number of lines correspond to the scanning lines. However, the following display examples (Figure 22) are made possible by altering the matrix layout of the liquid crystal display panel. In either case, the only change is the layout. The display characteristics and the number of liquid crystal display characters depend on the number of common signals or on duty factor. Note that the display data RAM (DDRAM) addresses for 4 characters \times 2 lines and for 16 characters \times 1 line are the same as in Figure 20.

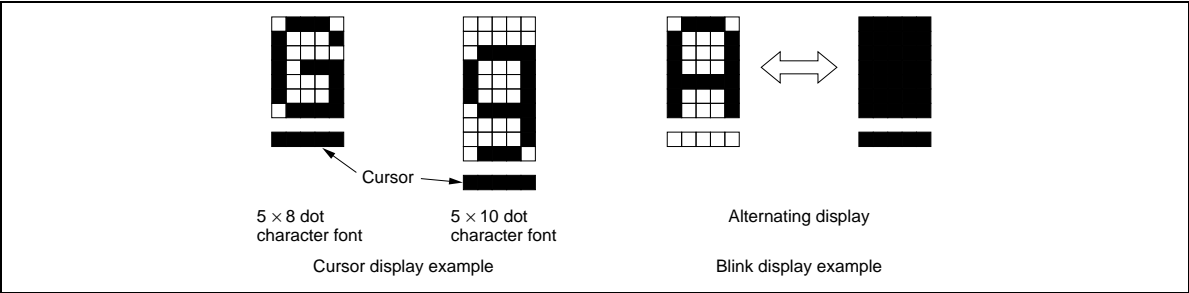


Figure 22 Changed Matrix Layout Displays

HD44780U

Power Supply for Liquid Crystal Display Drive

Various voltage levels must be applied to pins V1 to V5 of the HD44780U to obtain the liquid crystal display drive waveforms. The voltages must be changed according to the duty factor (Table 10).

VLCD is the peak value for the liquid crystal display drive waveforms, and resistance dividing provides voltages V1 to V5 (Figure 23).

Table 10 Duty Factor and Power Supply for Liquid Crystal Display Drive

Power Supply	Duty Factor	
	1/8, 1/11	1/16
	Bias	
	1/4	1/5
V1	$V_{cc} - 1/4 \text{ VLCD}$	$V_{cc} - 1/5 \text{ VLCD}$
V2	$V_{cc} - 1/2 \text{ VLCD}$	$V_{cc} - 2/5 \text{ VLCD}$
V3	$V_{cc} - 1/2 \text{ VLCD}$	$V_{cc} - 3/5 \text{ VLCD}$
V4	$V_{cc} - 3/4 \text{ VLCD}$	$V_{cc} - 4/5 \text{ VLCD}$
V5	$V_{cc} - \text{VLCD}$	$V_{cc} - \text{VLCD}$

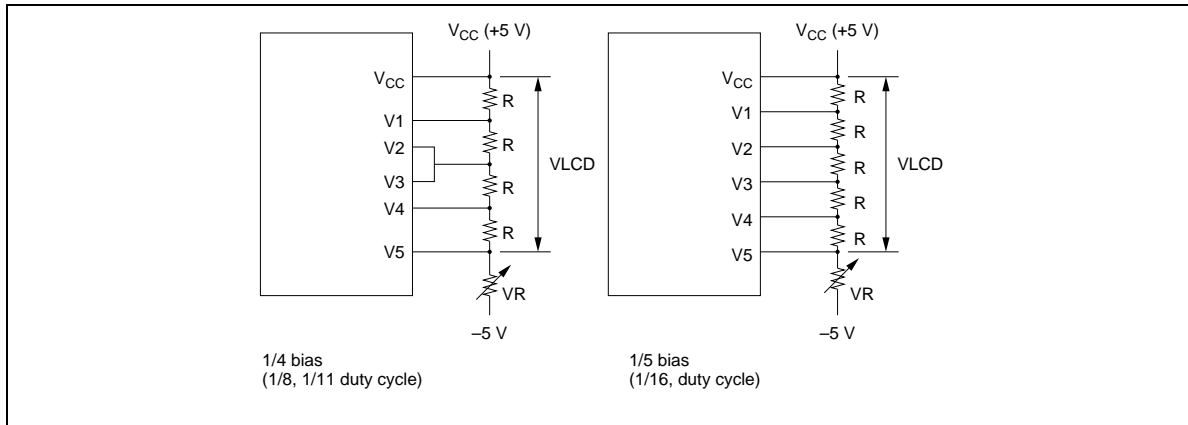


Figure 23 Drive Voltage Supply Example

Relationship between Oscillation Frequency and Liquid Crystal Display Frame Frequency

The liquid crystal display frame frequencies of Figure 24 apply only when the oscillation frequency is 270 kHz (one clock pulse of 3.7 μs).

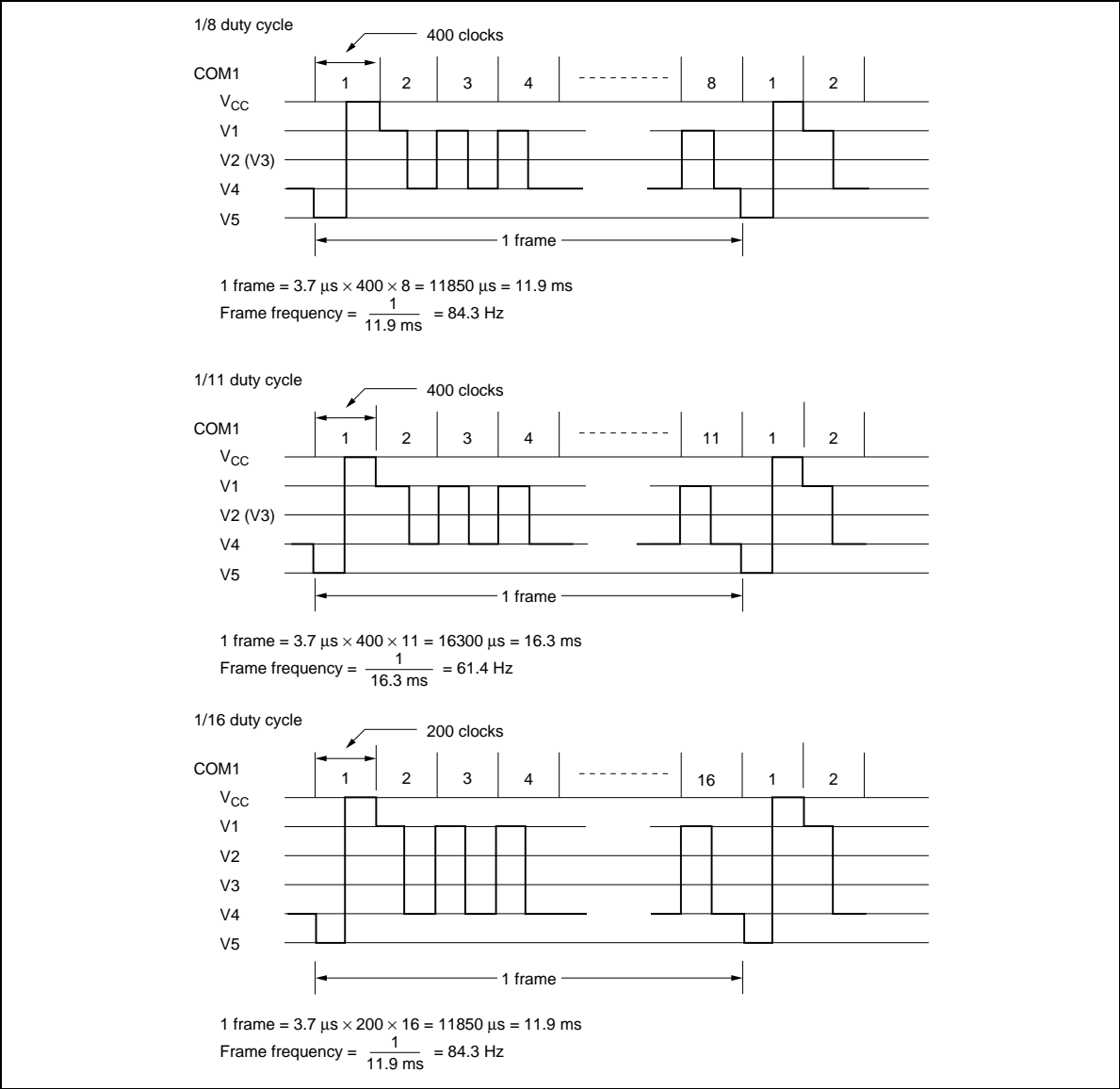


Figure 24 Frame Frequency

Instruction and Display Correspondence

- 8-bit operation, 8-digit × 1-line display with internal reset

Refer to Table 11 for an example of an 8-digit × 1-line display in 8-bit operation. The HD44780U functions must be set by the function set instruction prior to the display. Since the display data RAM can store data for 80 characters, as explained before, the RAM can be used for displays such as for advertising when combined with the display shift operation.

Since the display shift operation changes only the display position with DDRAM contents unchanged, the first display data entered into DDRAM can be output when the return home operation is performed.

- 4-bit operation, 8-digit × 1-line display with internal reset

The program must set all functions prior to the 4-bit operation (Table 12). When the power is turned on, 8-bit operation is automatically selected and the first write is performed as an 8-bit operation. Since DB0 to DB3 are not connected, a rewrite is then required. However, since one operation is completed in two accesses for 4-bit operation, a rewrite is needed to set the functions (see Table 12). Thus, DB4 to DB7 of the function set instruction is written twice.

- 8-bit operation, 8-digit × 2-line display

For a 2-line display, the cursor automatically moves from the first to the second line after the 40th digit of the first line has been written. Thus, if there are only 8 characters in the first line, the DDRAM address must be again set after the 8th character is completed. (See Table 13.) Note that the display shift operation is performed for the first and second lines. In the example of Table 13, the display shift is performed when the cursor is on the second line. However, if the shift operation is performed when the cursor is on the first line, both the first and second lines move together. If the shift is repeated, the display of the second line will not move to the first line. The same display will only shift within its own line for the number of times the shift is repeated.

Note: When using the internal reset, the electrical characteristics in the Power Supply Conditions Using Internal Reset Circuit table must be satisfied. If not, the HD44780U must be initialized by instructions. See the section, Initializing by Instruction.

Table 11 8-Bit Operation, 8-Digit × 1-Line Display Example with Internal Reset

Step No.	Instruction										Display	Operation
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
1	Power supply on (the HD44780U is initialized by the internal reset circuit)										<input type="text"/>	Initialized. No display.
2	Function set 0 0 0 0 1 1 0 0 * *										<input type="text"/>	Sets to 8-bit operation and selects 1-line display and 5 × 8 dot character font. (Number of display lines and character fonts cannot be changed after step #2.)
3	Display on/off control 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0										<input type="text"/>	Turns on display and cursor. Entire display is in space mode because of initialization.
4	Entry mode set 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0										<input type="text"/>	Sets mode to increment the address by one and to shift the cursor to the right at the time of write to the DD/CGRAM. Display is not shifted.
5	Write data to CGRAM/DDRAM 1 0 0 1 0 0 1 0 0 0										<input type="text" value="H_"/>	Writes H. DDRAM has already been selected by initialization when the power was turned on. The cursor is incremented by one and shifted to the right.
6	Write data to CGRAM/DDRAM 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1										<input type="text" value="HI_"/>	Writes I.
7											<input type="text"/>	.
											<input type="text"/>	.
											<input type="text"/>	.
											<input type="text"/>	.
											<input type="text"/>	.
8	Write data to CGRAM/DDRAM 1 0 0 1 0 0 1 0 0 1										<input type="text" value="HITACHI_"/>	Writes I.
9	Entry mode set 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1										<input type="text" value="HITACHI_"/>	Sets mode to shift display at the time of write.
10	Write data to CGRAM/DDRAM 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0										<input type="text" value="ITACHI _"/>	Writes a space.

HD44780U

Table 11 8-Bit Operation, 8-Digit × 1-Line Display Example with Internal Reset (cont)

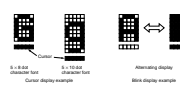
Step No.	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Display	Operation
11	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1		Writes M.
12												
13	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	MICROKO_	Writes O.
14	0	0	0	0	0	1	0	0	*	*	MICROKO	Shifts only the cursor position to the left.
15	0	0	0	0	0	1	0	0	*	*	MICROKO	Shifts only the cursor position to the left.
16	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	ICROCO	Writes C over K. The display moves to the left.
17	0	0	0	0	0	1	1	1	*	*	MICROCO	Shifts the display and cursor position to the right.
18	0	0	0	0	0	1	0	1	*	*	MICROCO_	Shifts the display and cursor position to the right.
19	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	ICROCOM_	Writes M.
20												
21	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	HITACHI	Returns both display and cursor to the original position (address 0).

Table 12 4-Bit Operation, 8-Digit × 1-Line Display Example with Internal Reset

Step		Instruction					Display	Operation
No.	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4		
1	Power supply on (the HD44780U is initialized by the internal reset circuit)							Initialized. No display.
2	Function set							Sets to 4-bit operation. In this case, operation is handled as 8 bits by initialization, and only this instruction completes with one write.
	0	0	0	0	1	0		
3	Function set							Sets 4-bit operation and selects 1-line display and 5 × 8 dot character font. 4-bit operation starts from this step and resetting is necessary. (Number of display lines and character fonts cannot be changed after step #3.)
	0	0	0	0	1	0		
	0	0	0	0	*	*		
4	Display on/off control							Turns on display and cursor. Entire display is in space mode because of initialization.
	0	0	0	0	0	0		
	0	0	1	1	1	0		
5	Entry mode set							Sets mode to increment the address by one and to shift the cursor to the right at the time of write to the DD/CGRAM. Display is not shifted.
	0	0	0	0	0	0		
	0	0	0	1	1	0		
6	Write data to CGRAM/DDRAM							Writes H. The cursor is incremented by one and shifts to the right.
	1	0	0	1	0	0		
	1	0	1	0	0	0		

Note: The control is the same as for 8-bit operation beyond step #6.

HD44780U

Table 13 8-Bit Operation, 8-Digit × 2-Line Display Example with Internal Reset

Step No.	Instruction										Display	Operation
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
1	Power supply on (the HD44780U is initialized by the internal reset circuit)											Initialized. No display.
2	0	0	0	0	1	1	1	0	*	*		Sets to 8-bit operation and selects 2-line display and 5 × 8 dot character font.
3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0		Turns on display and cursor. All display is in space mode because of initialization.
4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		Sets mode to increment the address by one and to shift the cursor to the right at the time of write to the DD/CGRAM. Display is not shifted.
5	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0		Writes H. DDRAM has already been selected by initialization when the power was turned on. The cursor is incremented by one and shifted to the right.
6												
7	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1		Writes I.
8	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0		Sets DDRAM address so that the cursor is positioned at the head of the second line.

Table 13 8-Bit Operation, 8-Digit × 2-Line Display Example with Internal Reset (cont)

Step No.	Instruction										Display	Operation
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
9	Write data to CGRAM/DDRAM										HITACHI M_	Writes M.
10											.	.
											.	.
											.	.
											.	.
11	Write data to CGRAM/DDRAM										HITACHI MICROCO_	Writes O.
12	Entry mode set										HITACHI MICROCO_	Sets mode to shift display at the time of write.
13	Write data to CGRAM/DDRAM										ITACHI ICROCOM_	Writes M. Display is shifted to the left. The first and second lines both shift at the same time.
14											.	.
											.	.
											.	.
											.	.
15	Return home										HITACHI MICROCOM	Returns both display and cursor to the original position (address 0).

Initializing by Instruction

If the power supply conditions for correctly operating the internal reset circuit are not met, initialization by instructions becomes necessary.

Refer to Figures 25 and 26 for the procedures on 8-bit and 4-bit initializations, respectively.

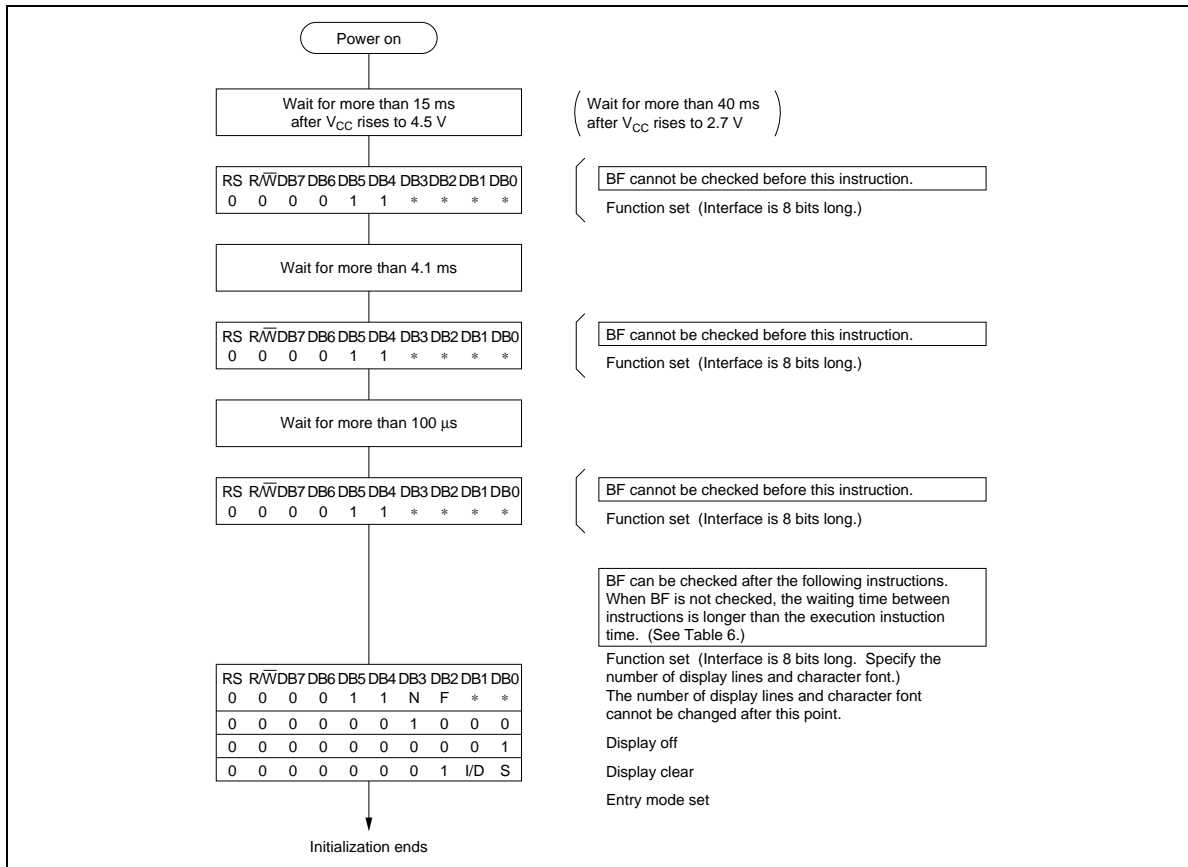


Figure 25 8-Bit Interface

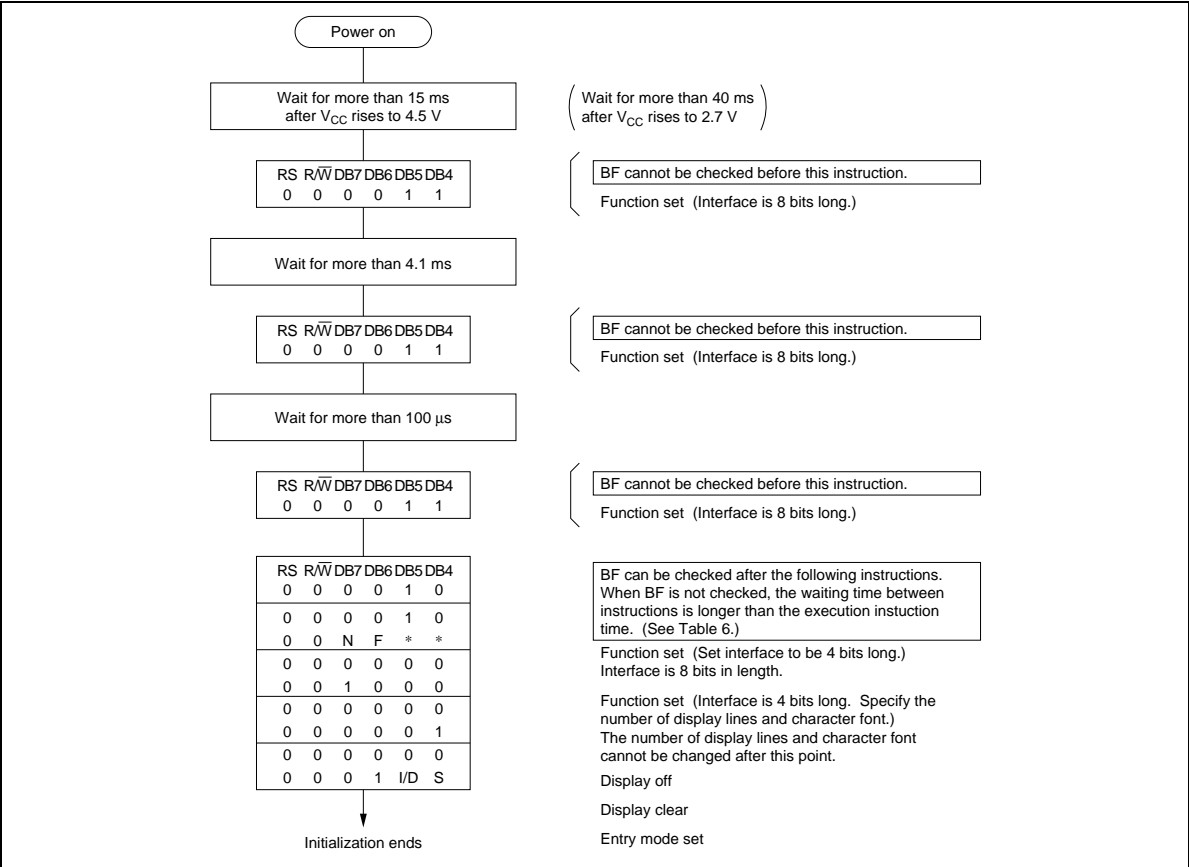


Figure 26 4-Bit Interface

HD44780U

Absolute Maximum Ratings*

Item	Symbol	Value	Unit	Notes
Power supply voltage (1)	V_{CC-GND}	-0.3 to +7.0	V	1
Power supply voltage (2)	V_{CC-V5}	-0.3 to +13.0	V	1, 2
Input voltage	V_t	-0.3 to $V_{CC} + 0.3$	V	1
Operating temperature	T_{opr}	-20 to +75	°C	
Storage temperature	T_{stg}	-55 to +125	°C	4

Note: * If the LSI is used above these absolute maximum ratings, it may become permanently damaged. Using the LSI within the following electrical characteristic limits is strongly recommended for normal operation. If these electrical characteristic conditions are also exceeded, the LSI will malfunction and cause poor reliability.

DC Characteristics ($V_{CC} = 2.7$ to 4.5 V, $T_a = -20$ to $+75^\circ\text{C}^{*3}$)

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition	Notes*
Input high voltage (1) (except OSC1)	V _{IH1}	0.7V _{CC}	—	V _{CC}	V		6
Input low voltage (1) (except OSC1)	V _{IL1}	-0.3	—	0.55	V		6
Input high voltage (2) (OSC1)	V _{IH2}	0.7V _{CC}	—	V _{CC}	V		15
Input low voltage (2) (OSC1)	V _{IL2}	—	—	0.2V _{CC}	V		15
Output high voltage (1) (DB0–DB7)	V _{OH1}	0.75V _{CC}	—	—	V	-I _{OH} = 0.1 mA	7
Output low voltage (1) (DB0–DB7)	V _{OL1}	—	—	0.2V _{CC}	V	I _{OL} = 0.1 mA	7
Output high voltage (2) (except DB0–DB7)	V _{OH2}	0.8V _{CC}	—	—	V	-I _{OH} = 0.04 mA	8
Output low voltage (2) (except DB0–DB7)	V _{OL2}	—	—	0.2V _{CC}	V	I _{OL} = 0.04 mA	8
Driver on resistance (COM)	R _{COM}	—	2	20	kΩ	±I _d = 0.05 mA, VLCD = 4 V	13
Driver on resistance (SEG)	R _{SEG}	—	2	30	kΩ	±I _d = 0.05 mA, VLCD = 4 V	13
Input leakage current	I _{LI}	-1	—	1	μA	V _{IN} = 0 to V _{CC}	9
Pull-up MOS current (DB0–DB7, RS, R/W)	-I _p	10	50	120	μA	V _{CC} = 3 V	
Power supply current	I _{CC}	—	0.15	0.30	mA	R _f oscillation, external clock V _{CC} = 3 V, f _{osc} = 270 kHz	10, 14
LCD voltage	VLCD1	3.0	—	11.0	V	V _{CC} -V5, 1/5 bias	16
	VLCD2	3.0	—	11.0	V	V _{CC} -V5, 1/4 bias	16

Note: * Refer to the Electrical Characteristics Notes section following these tables.

HD44780U

AC Characteristics ($V_{CC} = 2.7$ to 4.5 V, $T_a = -20$ to $+75^\circ\text{C}^{*3}$)

Clock Characteristics

Item		Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition	Note*
External clock operation	External clock frequency	f_{cp}	125	250	350	kHz		11
	External clock duty	Duty	45	50	55	%		
	External clock rise time	t_{rcp}	—	—	0.2	μs		
	External clock fall time	t_{fcp}	—	—	0.2	μs		
R_f oscillation	Clock oscillation frequency	f_{osc}	190	270	350	kHz	$R_f = 75 \text{ k}\Omega$, $V_{CC} = 3 \text{ V}$	12

Note: * Refer to the Electrical Characteristics Notes section following these tables.

Bus Timing Characteristics

Write Operation

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Enable cycle time	t_{cycE}	1000	—	—	ns	Figure 27
Enable pulse width (high level)	PW_{EH}	450	—	—		
Enable rise/fall time	t_{Er} , t_{Ef}	—	—	25		
Address set-up time (RS, $\overline{R/W}$ to E)	t_{AS}	60	—	—		
Address hold time	t_{AH}	20	—	—		
Data set-up time	t_{DSW}	195	—	—		
Data hold time	t_H	10	—	—		

Read Operation

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Enable cycle time	t_{cycE}	1000	—	—	ns	Figure 28
Enable pulse width (high level)	PW_{EH}	450	—	—		
Enable rise/fall time	t_{Er} , t_{Ef}	—	—	25		
Address set-up time (RS, $\overline{R/W}$ to E)	t_{AS}	60	—	—		
Address hold time	t_{AH}	20	—	—		
Data delay time	t_{DDR}	—	—	360		
Data hold time	t_{DHR}	5	—	—		

Interface Timing Characteristics with External Driver

Item		Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Clock pulse width	High level	t_{CWH}	800	—	—	ns	Figure 29
	Low level	t_{CWL}	800	—	—		
Clock set-up time		t_{CSU}	500	—	—		
Data set-up time		t_{SU}	300	—	—		
Data hold time		t_{DH}	300	—	—		
M delay time		t_{DM}	-1000	—	1000		
Clock rise/fall time		t_{ct}	—	—	200		

Power Supply Conditions Using Internal Reset Circuit

Item		Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Power supply rise time		t_{rCC}	0.1	—	10	ms	Figure 30
Power supply off time		t_{OFF}	1	—	—		

HD44780U

DC Characteristics ($V_{CC} = 4.5$ to 5.5 V, $T_a = -20$ to $+75^\circ\text{C}^{*3}$)

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition	Notes*
Input high voltage (1) (except OSC1)	VIH1	2.2	—	V_{CC}	V		6
Input low voltage (1) (except OSC1)	VIL1	-0.3	—	0.6	V		6
Input high voltage (2) (OSC1)	VIH2	$V_{CC}-1.0$	—	V_{CC}	V		15
Input low voltage (2) (OSC1)	VIL2	—	—	1.0	V		15
Output high voltage (1) (DB0–DB7)	VOH1	2.4	—	—	V	$-I_{OH} = 0.205$ mA	7
Output low voltage (1) (DB0–DB7)	VOL1	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 1.2$ mA	7
Output high voltage (2) (except DB0–DB7)	VOH2	$0.9 V_{CC}$	—	—	V	$-I_{OH} = 0.04$ mA	8
Output low voltage (2) (except DB0–DB7)	VOL2	—	—	$0.1 V_{CC}$	V	$I_{OL} = 0.04$ mA	8
Driver on resistance (COM)	RCOM	—	2	20	k Ω	$\pm I_d = 0.05$ mA, VLCD = 4 V	13
Driver on resistance (SEG)	RSEG	—	2	30	k Ω	$\pm I_d = 0.05$ mA, VLCD = 4 V	13
Input leakage current	I_{LI}	-1	—	1	μA	$V_{IN} = 0$ to V_{CC}	9
Pull-up MOS current (DB0–DB7, RS, R \bar{W})	$-I_p$	50	125	250	μA	$V_{CC} = 5$ V	
Power supply current	I_{CC}	—	0.35	0.60	mA	R_f oscillation, external clock $V_{CC} = 5$ V, $f_{osc} = 270$ kHz	10, 14
LCD voltage	VLCD1	3.0	—	11.0	V	$V_{CC}-V_5$, 1/5 bias	16
	VLCD2	3.0	—	11.0	V	$V_{CC}-V_5$, 1/4 bias	16

Note: * Refer to the Electrical Characteristics Notes section following these tables.

AC Characteristics ($V_{CC} = 4.5$ to 5.5 V, $T_a = -20$ to $+75^\circ\text{C}^{*3}$)
Clock Characteristics

Item		Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition	Notes*
External clock operation	External clock frequency	f_{cp}	125	250	350	kHz		11
	External clock duty	Duty	45	50	55	%		11
	External clock rise time	t_{rcp}	—	—	0.2	μs		11
	External clock fall time	t_{fcp}	—	—	0.2	μs		11
R_f oscillation	Clock oscillation frequency	f_{osc}	190	270	350	kHz	$R_f = 91\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$	12

Note: * Refer to the Electrical Characteristics Notes section following these tables.

Bus Timing Characteristics
Write Operation

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Enable cycle time	t_{cycE}	500	—	—	ns	Figure 27
Enable pulse width (high level)	PW_{EH}	230	—	—		
Enable rise/fall time	t_{Er}, t_{Ef}	—	—	20		
Address set-up time (RS, $\overline{R/W}$ to E)	t_{AS}	40	—	—		
Address hold time	t_{AH}	10	—	—		
Data set-up time	t_{DSW}	80	—	—		
Data hold time	t_H	10	—	—		

Read Operation

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Enable cycle time	t_{cycE}	500	—	—	ns	Figure 28
Enable pulse width (high level)	PW_{EH}	230	—	—		
Enable rise/fall time	t_{Er}, t_{Ef}	—	—	20		
Address set-up time (RS, $\overline{R/W}$ to E)	t_{AS}	40	—	—		
Address hold time	t_{AH}	10	—	—		
Data delay time	t_{DDR}	—	—	160		
Data hold time	t_{DHR}	5	—	—		

HD44780U

Interface Timing Characteristics with External Driver

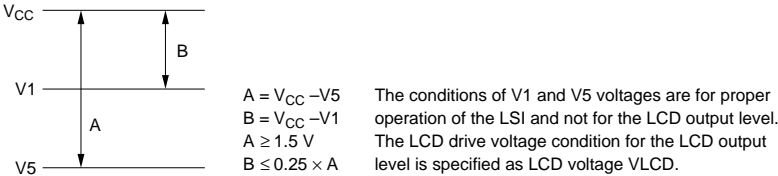
Item		Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Clock pulse width	High level	t_{CWH}	800	—	—	ns	Figure 29
	Low level	t_{CWL}	800	—	—		
Clock set-up time		t_{CSU}	500	—	—		
Data set-up time		t_{SU}	300	—	—		
Data hold time		t_{DH}	300	—	—		
M delay time		t_{DM}	-1000	—	1000		
Clock rise/fall time		t_{ct}	—	—	100		

Power Supply Conditions Using Internal Reset Circuit

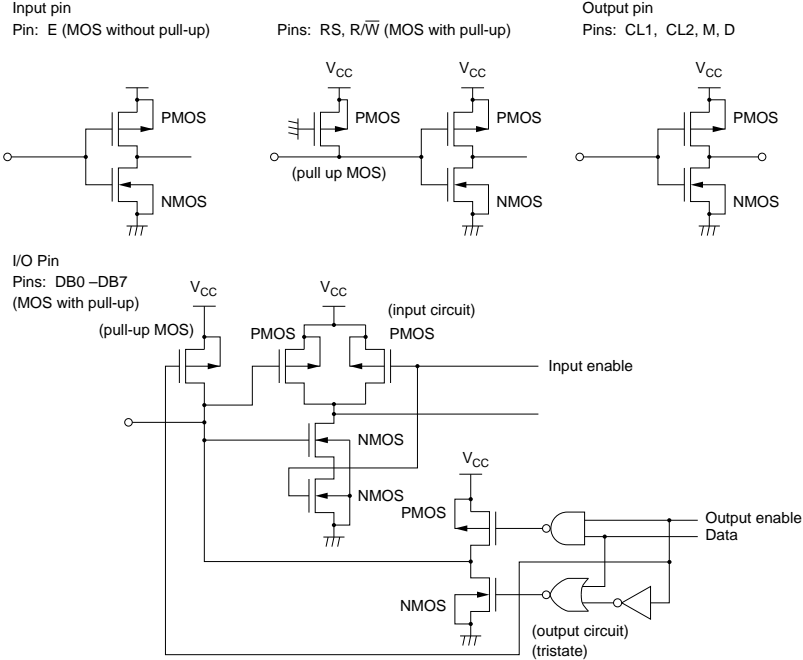
Item		Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Power supply rise time		t_{ICC}	0.1	—	10	ms	Figure 30
Power supply off time		t_{OFF}	1	—	—		

Electrical Characteristics Notes

1. All voltage values are referred to GND = 0 V.

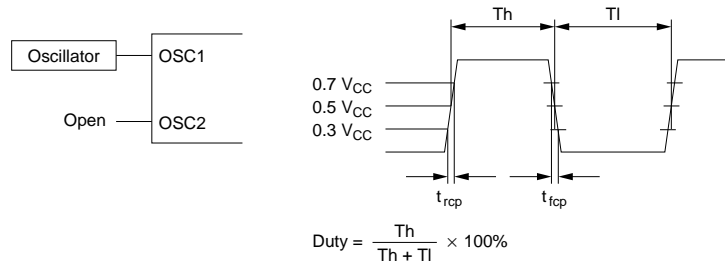


- 2. $V_{CC} \geq V_1 \geq V_2 \geq V_3 \geq V_4 \geq V_5$ must be maintained.
- 3. For die products, specified up to 75°C.
- 4. For die products, specified by the die shipment specification.
- 5. The following four circuits are I/O pin configurations except for liquid crystal display output.

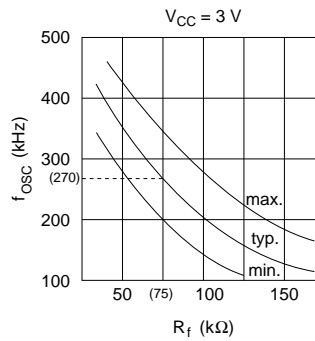
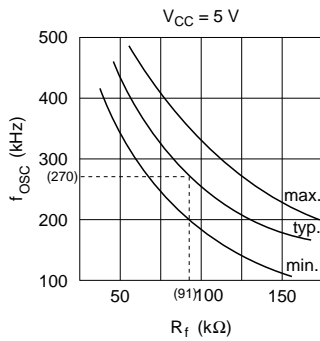
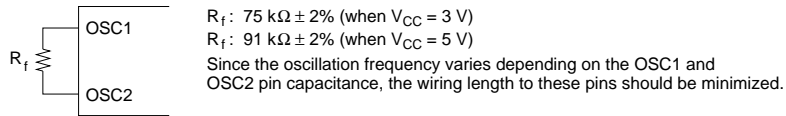


HD44780U

6. Applies to input pins and I/O pins, excluding the OSC1 pin.
7. Applies to I/O pins.
8. Applies to output pins.
9. Current flowing through pull-up MOSs, excluding output drive MOSs.
10. Input/output current is excluded. When input is at an intermediate level with CMOS, the excessive current flows through the input circuit to the power supply. To avoid this from happening, the input level must be fixed high or low.
11. Applies only to external clock operation.



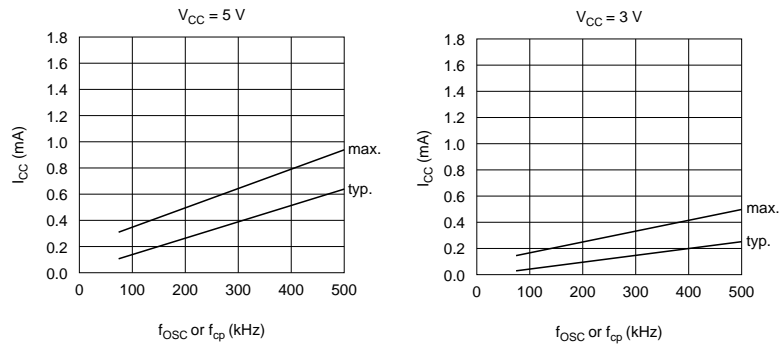
12. Applies only to the internal oscillator operation using oscillation resistor R_f .



13. RCOM is the resistance between the power supply pins (V_{CC} , V1, V4, V5) and each common signal pin (COM1 to COM16).

RSEG is the resistance between the power supply pins (V_{CC} , V2, V3, V5) and each segment signal pin (SEG1 to SEG40).

14. The following graphs show the relationship between operation frequency and current consumption.



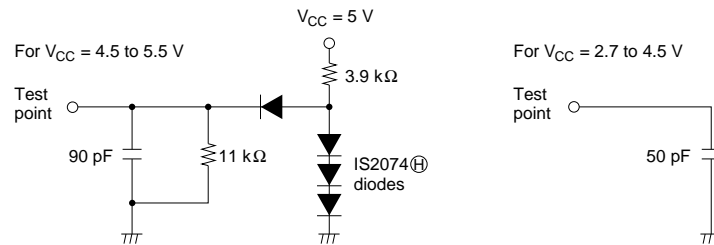
15. Applies to the OSC1 pin.

16. Each COM and SEG output voltage is within $\pm 0.15V$ of the LCD voltage (V_{CC} , V1, V2, V3, V4, V5) when there is no load.

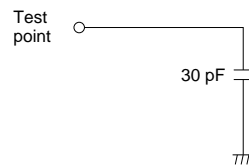
HD44780U

Load Circuits

Data Bus DB0 to DB7



External Driver Control Signals: CL1, CL2, D, M



Timing Characteristics

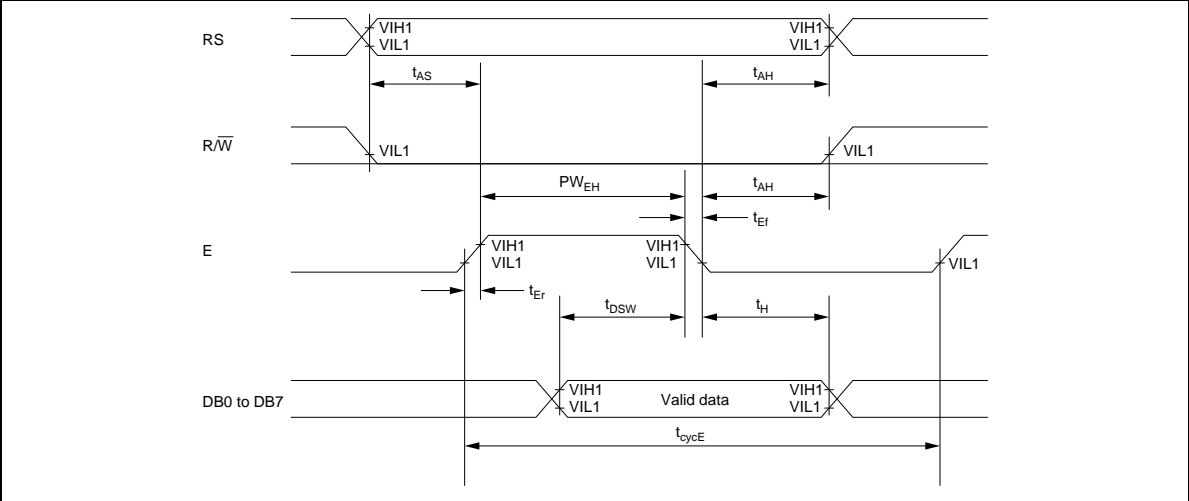


Figure 27 Write Operation

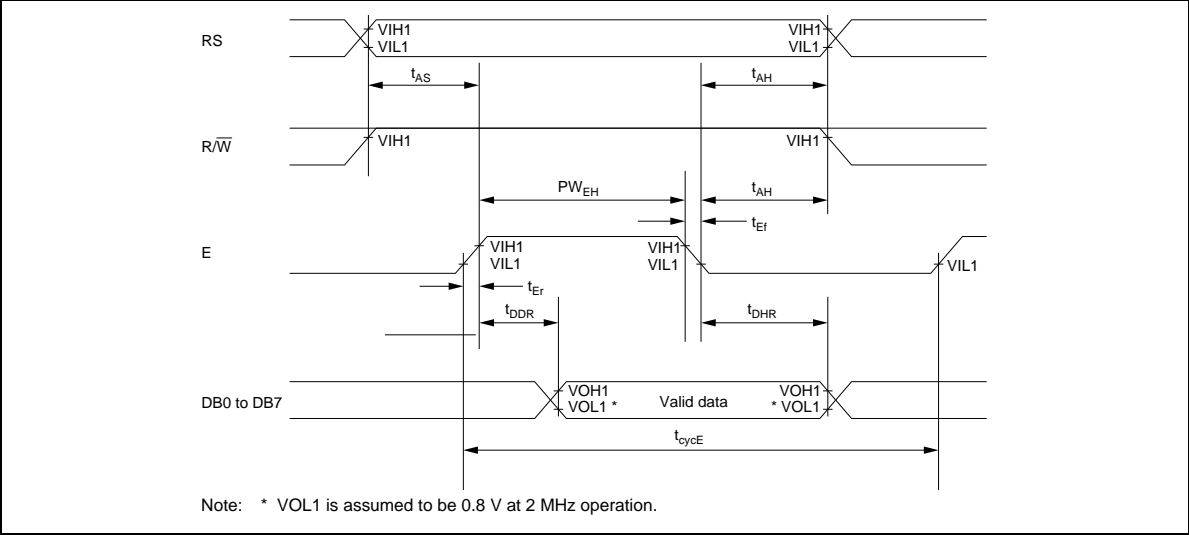


Figure 28 Read Operation

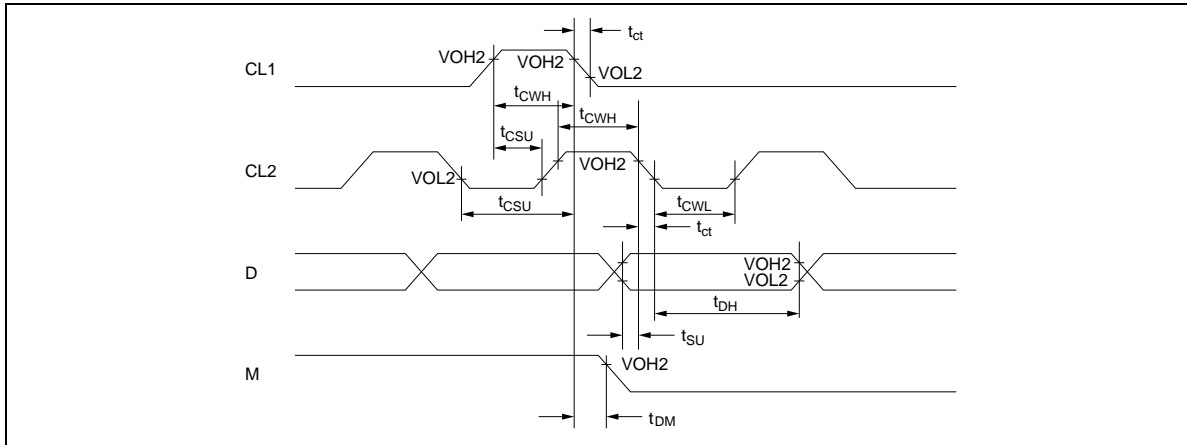


Figure 29 Interface Timing with External Driver

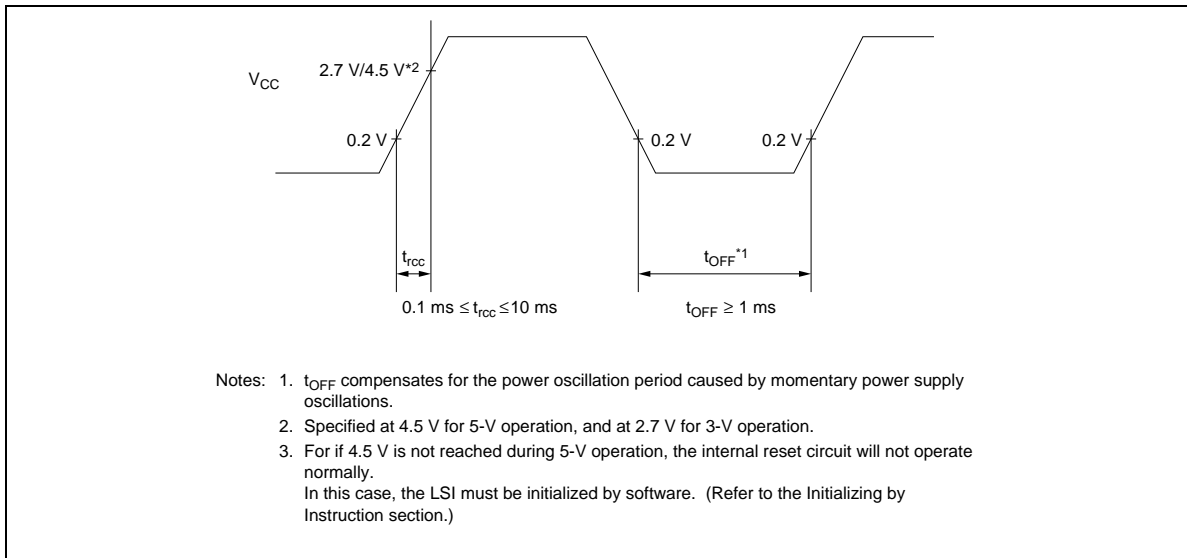


Figure 30 Internal Power Supply Reset

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

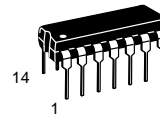
Quad Low Power Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

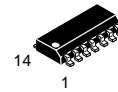
- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

QUAD DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646
(LM224, LM324,
LM2902 Only)



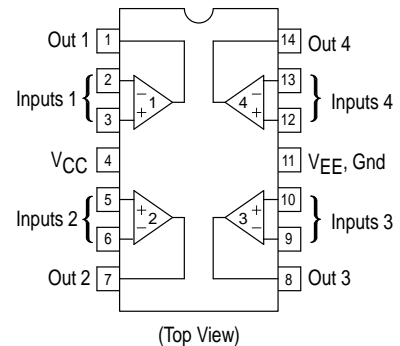
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ± 16	26 ± 13	Vdc
Input Differential Voltage Range (See Note 1)	V_{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150		$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	T_A	-25 to +85 0 to +70	-40 to +105 -40 to +125	$^\circ\text{C}$

NOTE: 1. Split Power Supplies.

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM2902D	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-14
LM2902N		Plastic DIP
LM2902VD	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-14
LM2902VN		Plastic DIP
LM224D	$T_A = -25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-14
LM224N		Plastic DIP
LM324AD	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D		SO-14
LM324N		Plastic DIP

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to 30 V (26 V for LM2902, V), $V_{ICR} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$, $V_O =$ 1.4 V , $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}^{(1)}$ $T_A = T_{\text{low}}^{(1)}$	V_{IO}	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{IO}	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{IB}	-	-90	-150	-	-45	-100	-	-90	-250	-	-90	-250	-	-90	-250	nA
Input Common Mode Voltage Range ⁽²⁾ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $T_A = T_{\text{high}}$ to T_{low}	V_{ICR}	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	24.3	0	-	24.3	V
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$, $V_{CC} =$ 15 V , for Large V_O Swing, $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	A_{VOL}	50 25	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	25 15	100 -	- -	V/mV
Channel Separation $10\text{ kHz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$, Input Referenced	CS	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	-	-120	-	dB
Common Mode Rejection, $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	CMR	70	85	-	65	70	-	65	70	-	50	70	-	50	70	-	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	50	100	-	dB
Output Voltage—High Limit ($T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$) $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L =$ $2.0\text{ k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $R_L = 2.0\text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $R_L = 10\text{ k}\Omega$	V_{OH}	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 26 27	3.5 - 28	- - -	3.3 22 23	3.5 - 24	- - -	3.3 22 23	3.5 - 24	- - -	V

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ for LM224
 $= 0^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $= -40^\circ\text{C}$ for LM2902
 $= -40^\circ\text{C}$ for LM2902V
 $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$ for LM224
 $= +70^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $= +105^\circ\text{C}$ for LM2902
 $= +125^\circ\text{C}$ for LM2902V

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

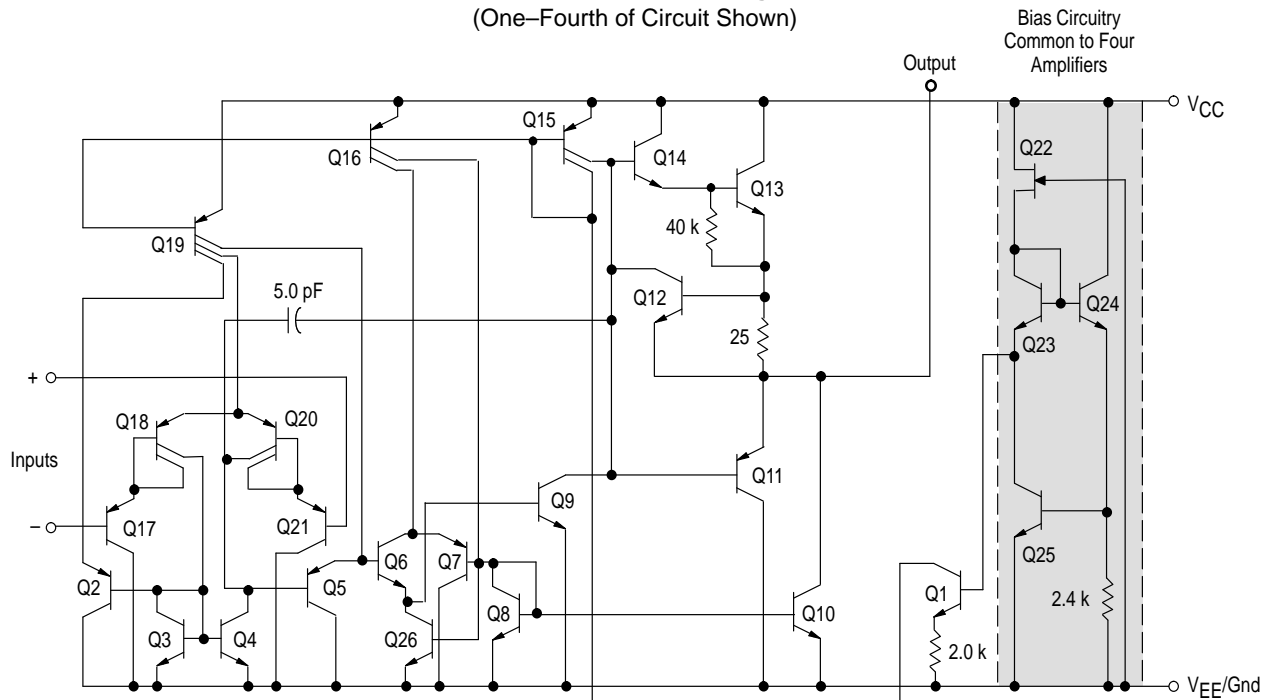
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_{EE} = \text{Gnd}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage – Low Limit, $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	100	–	5.0	100	mV
Output Source Current ($V_{ID} = +1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$	I_{O+}	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	mA
Output Sink Current ($V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_{CC} = 15\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$ ($V_{ID} = -1.0\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{O-}	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	mA
Output Short Circuit to Ground ⁽³⁾	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current ($T_A = T_{\text{high}}$ to $T_{\text{low}}^{(1)}$) $V_{CC} = 30\text{ V}$ (26 V for LM2902, V), $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 5.0\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$, $R_L = \infty$	I_{CC}	–	–	3.0	–	1.4	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	mA
		–	–	1.2	–	0.7	1.2	–	–	1.2	–	–	1.2	–	–	1.2	mA

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -25^\circ\text{C}$ for LM224
 $T_{\text{low}} = 0^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ for LM2902
 $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ for LM2902V
 $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$ for LM224
 $T_{\text{high}} = +70^\circ\text{C}$ for LM324, A
 $T_{\text{high}} = +105^\circ\text{C}$ for LM2902
 $T_{\text{high}} = +125^\circ\text{C}$ for LM2902V

2. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is $V_{CC} - 1.7\text{ V}$.

Representative Circuit Diagram (One-Fourth of Circuit Shown)

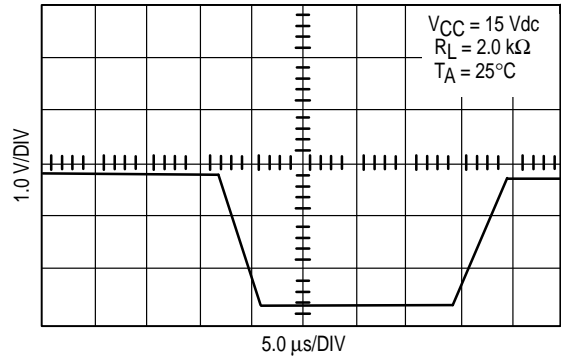


LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

CIRCUIT DESCRIPTION

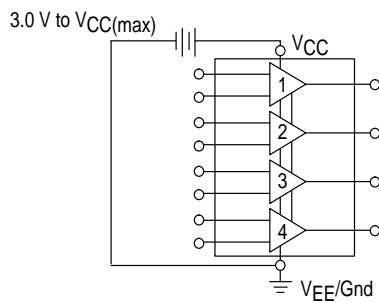
The LM324 series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Large Signal Voltage Follower Response

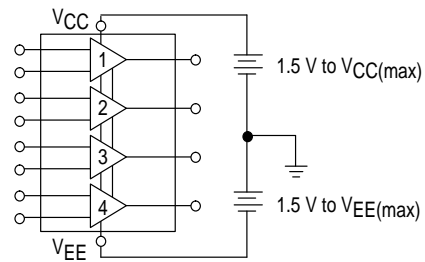


Each amplifier is biased from an internal-voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

Single Supply



Split Supplies



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 1. Input Voltage Range

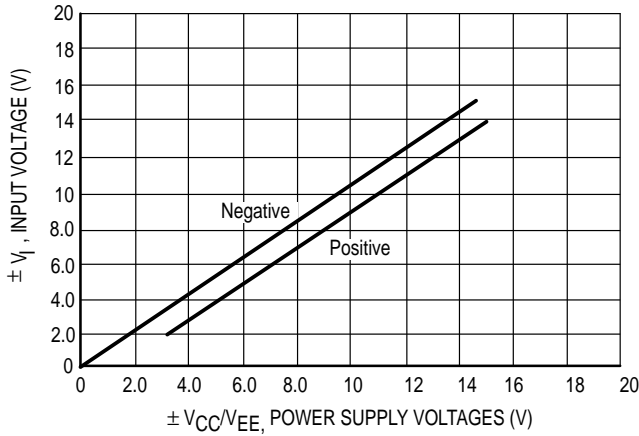


Figure 2. Open Loop Frequency

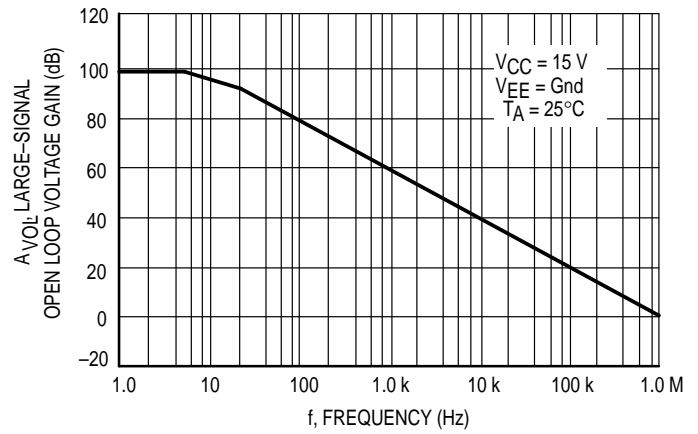


Figure 3. Large-Signal Frequency Response

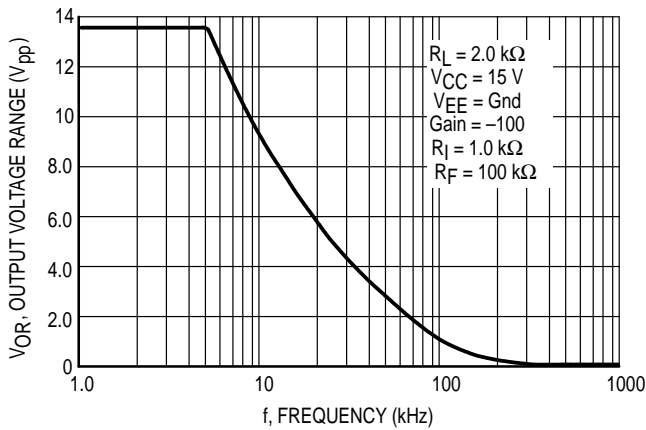


Figure 4. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

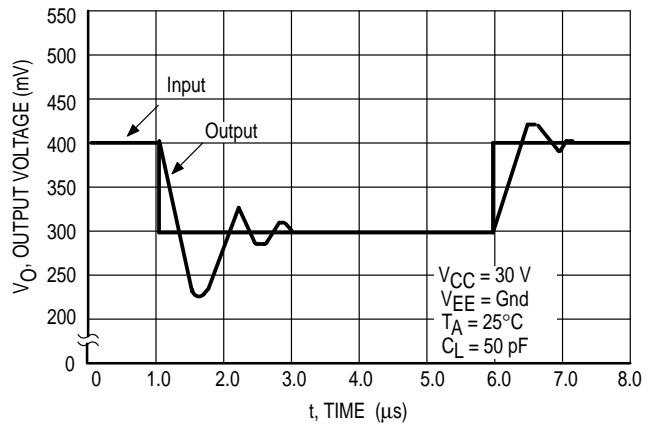


Figure 5. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

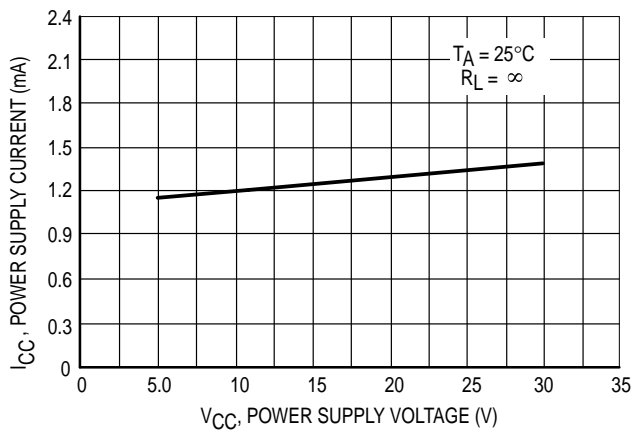
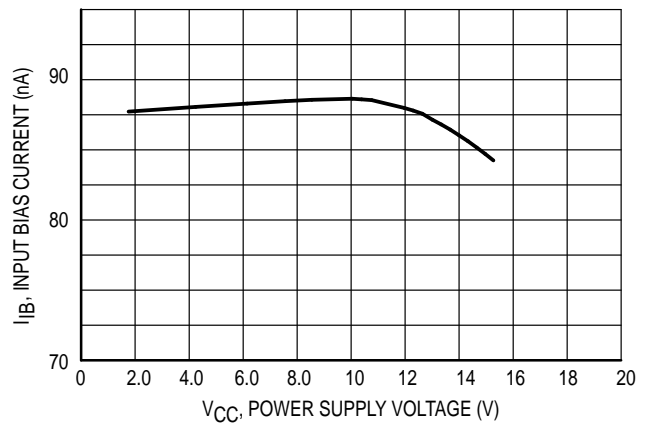


Figure 6. Input Bias Current versus Power Supply Voltage



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 7. Voltage Reference

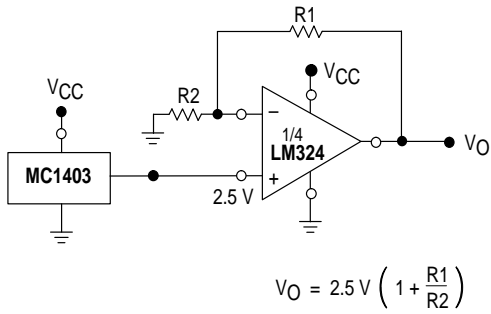


Figure 8. Wien Bridge Oscillator

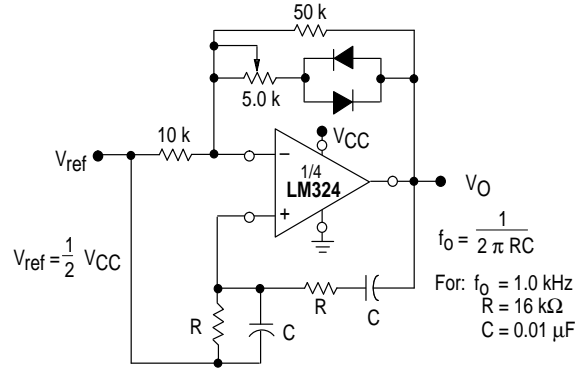


Figure 9. High Impedance Differential Amplifier

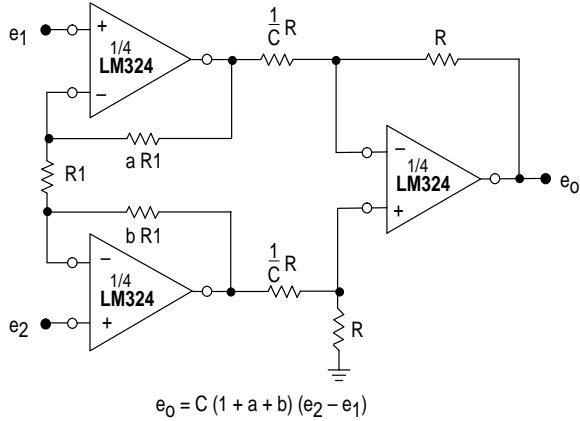


Figure 10. Comparator with Hysteresis

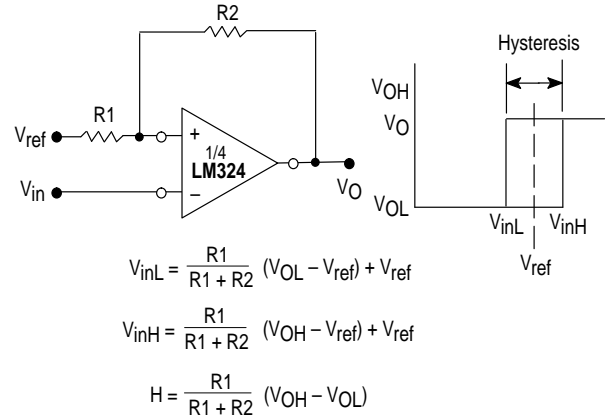
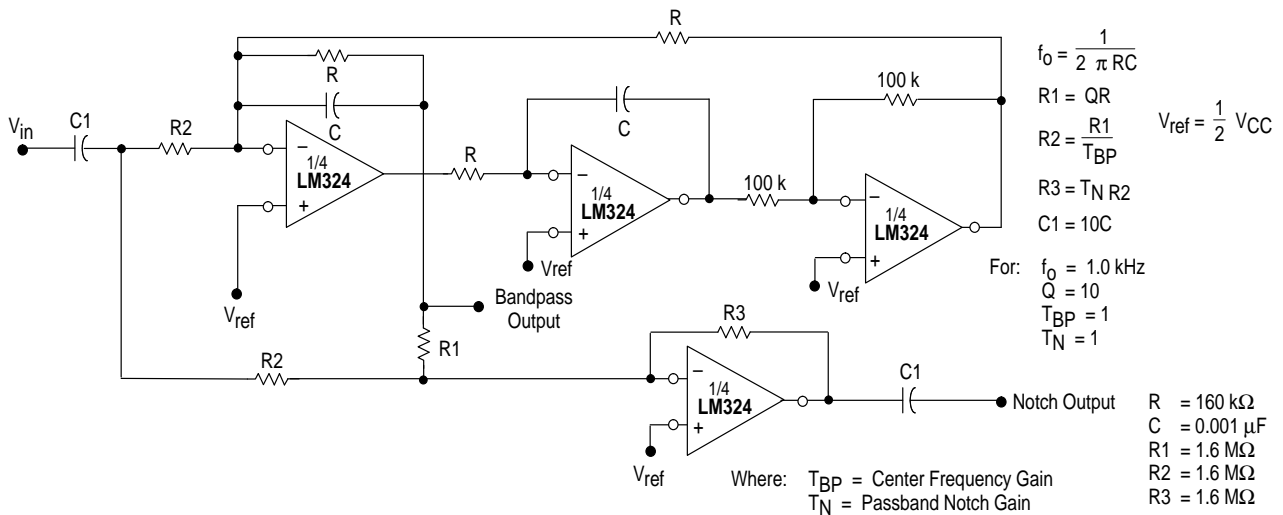


Figure 11. Bi-Quad Filter



LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

Figure 12. Function Generator

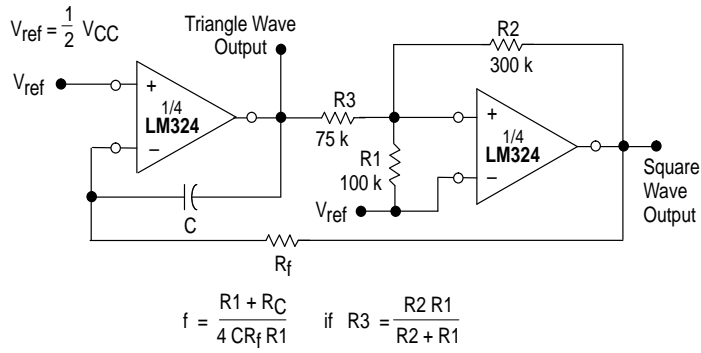
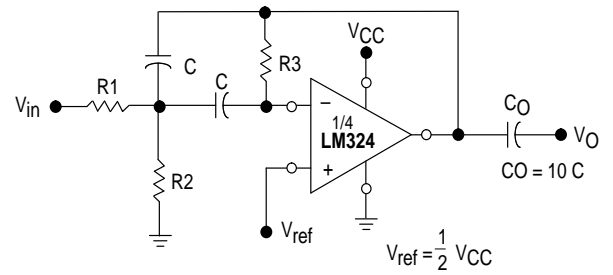


Figure 13. Multiple Feedback Bandpass Filter



Given: f_0 = center frequency
 $A(f_0)$ = gain at center frequency

Choose value f_0, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$

$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

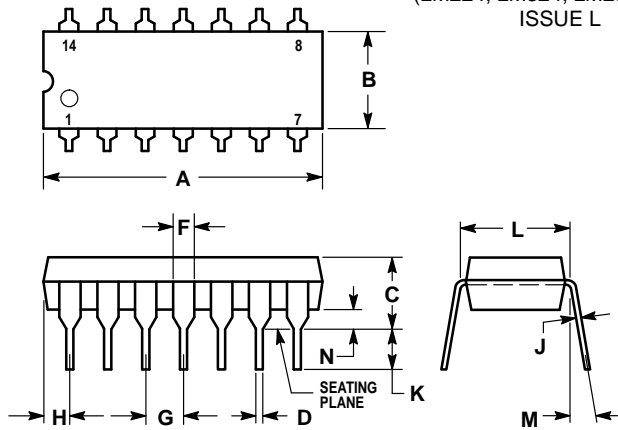
where f_0 and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V

OUTLINE DIMENSIONS

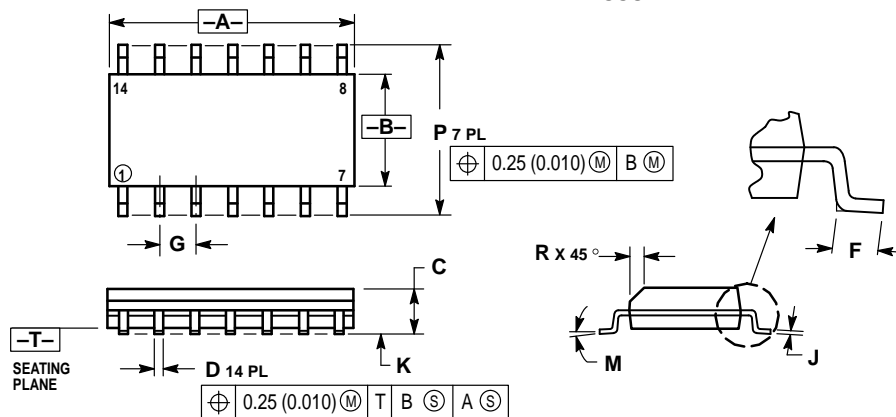
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06
(LM224, LM324, LM2902 Only)
ISSUE L



- NOTES:
- LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 - DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 - DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 - ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A-03
(SO-14)
ISSUE F



- NOTES:
- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 - CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 - DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 - MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 - DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and M are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com - TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: http://Design-NET.com

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



LM324/D



This datasheet has been download from:

www.datasheetcatalog.com

Datasheets for electronics components.

**LM7805 • LM7806 • LM7808 • LM7809 •
LM7810 • LM7812 • LM7815 • LM7818 • LM7824 •
LM7805A • LM7806A • LM7808A • LM7809A •
LM7810A • LM7812A • LM7815A • LM7818A • LM7824A**

3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

General Description

The LM78XX series of three terminal positive regulators are available in the TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

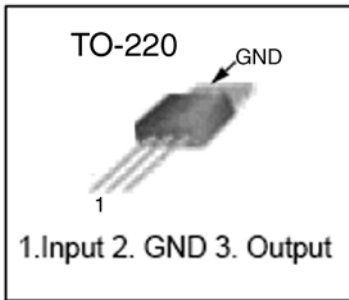
Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 12, 15, 18, 24
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

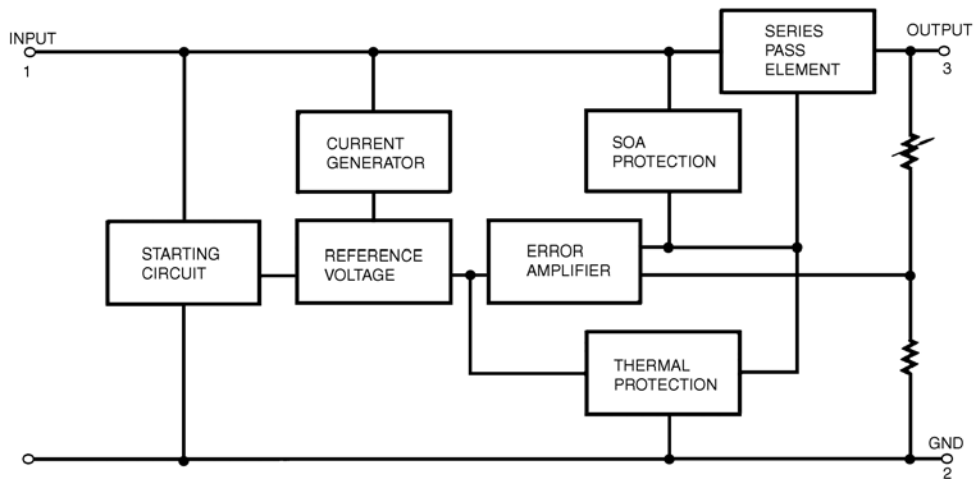
Ordering Code:

Product Number	Output Voltage Tolerance	Package	Operating Temperature	
LM7805CT	±4%	TO-220	-40°C - +125°C	
LM7806CT				
LM7808CT				
LM7809CT				
LM7810CT				
LM7812CT				
LM7815CT				
LM7818CT				
LM7824CT				
LM7805ACT	±2%		TO-220	0°C - +125°C
LM7806ACT				
LM7808ACT				
LM7809ACT				
LM7810ACT				
LM7812ACT				
LM7815ACT				
LM7818ACT				
LM7824ACT				

LM7805 • LM7806 • LM7808 • LM7809 • LM7810 • LM7812 • LM7815 • LM7818 • LM7824 • LM7805A • LM7806A • LM7808A • LM7809A • LM7810A • LM7812A • LM7815A • LM7818A • LM7824A 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$)	V_I	35	V
(for $V_O = 24V$)	V_I	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	°C/W
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	°C/W
Operating Temperature Range	T_{OPR}	0 ~ +125	°C
LM78xx		-40 ~ +125	°C
LM78xxA		0 ~ +125	°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 ~ +150	°C

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which damage to the device may occur. The datasheet specifications should be met, without exception, to ensure that the system design is reliable over its power supply, temperature, and output/input loading variables. Fairchild does not recommend operation outside datasheet specifications.

Electrical Characteristics (LM7805)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_I = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 7\text{V}$ to 20V	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note 2)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_O = 7\text{V}$ to 25V	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8\text{V}$ to 12V	-	1.6	50.0	
Load Regulation	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA}$ to 1.5mA	-	9.0	100	mV
			$I_O = 250\text{mA}$ to 750mA	-	4.0	50.0	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA}$ to 1A	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7\text{V}$ to 25V	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift (Note 3)	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	-	-0.8	-	mV/°C	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz}$ to 100KHz , $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	42.0	-	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 3)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 8\text{V}$ to 18V	62.0	73.0	-	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.0	-	V	
Output Resistance (Note 3)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	-	15.0	-	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	-	230	-	mA	
Peak Current (Note 3)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	-	2.2	-	A	

Note 2: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 3: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7806)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	5.75	6.0	6.25	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 8.0\text{V to } 21\text{V}$	5.7	6.0	6.3		
Line Regulation (Note 4)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	–	5.0	120	mV
			$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	–	1.5	60.0	
Load Regulation (Note 4)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	9.0	120	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	3.0	60.0	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$	–	–	0.5	mA	
			–	–	1.3		
Output Voltage Drift (Note 5)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	45.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 5)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 8\text{V to } 18\text{V}$	62.0	73.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 5)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	19.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 5)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 4: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 5: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7808)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 14\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	7.7	8.0	8.3	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 10.5\text{V to } 23\text{V}$	7.6	8.0	8.4		
Line Regulation (Note 6)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 10.5\text{V to } 25\text{V}$	–	5.0	160	mV
			$V_I = 11.5\text{V to } 17\text{V}$	–	2.0	80.0	
Load Regulation (Note 6)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	10.0	160	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	80.0	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 10.5\text{V to } 25\text{V}$	–	0.05	0.5	mA	
			–	0.5	1.0		
Output Voltage Drift (Note 7)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	52.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 7)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 11.5\text{V to } 21.5\text{V}$	56.0	73.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 7)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
Peak Current (Note 7)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 6: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 7: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7809)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 15\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	8.65	9.0	9.35	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 11.5\text{V to } 24\text{V}$	8.6	9.0	9.4		
Line Regulation (Note 8)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 11.5\text{V to } 25\text{V}$	–	6.0	180	mV
			$V_I = 12\text{V to } 17\text{V}$	–	2.0	90.0	
Load Regulation (Note 8)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	180	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	90.0	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 11.5\text{V to } 26\text{V}$	–	–	0.5	mA	
			–	–	1.3		
Output Voltage Drift (Note 9)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	58.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 9)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 13\text{V to } 23\text{V}$	56.0	71.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 9)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 9)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 8: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 9: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7810)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 16\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	9.6	10.0	10.4	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 12.5\text{V to } 25\text{V}$	9.5	10.0	10.5		
Line Regulation (Note 10)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 12.5\text{V to } 25\text{V}$	–	10.0	200	mV
			$V_I = 13\text{V to } 25\text{V}$	–	3.0	100	
Load Regulation (Note 10)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	200	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	400	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.1	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 12.5\text{V to } 29\text{V}$	–	–	0.5	mA	
			–	–	1.0		
Output Voltage Drift (Note 11)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	58.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 11)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_O = 13\text{V to } 23\text{V}$	56.0	71.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 11)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 11)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 10: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 11: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7812)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.5	12.0	12.5	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 14.5\text{V to } 27\text{V}$	11.4	12.0	12.6		
Line Regulation (Note 12)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$	–	10.0	240	mV
			$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	–	3.0	120	
Load Regulation (Note 12)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	11.0	240	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	120	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.1	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 14.5\text{V to } 30\text{V}$	–	0.1	0.5	mA	
			–	0.5	1.0		
Output Voltage Drift (Note 13)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	76.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 13)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 15\text{V to } 25\text{V}$	55.0	71.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 13)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	18.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
Peak Current (Note 13)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 12: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 13: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7815)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	14.4	15.0	15.6	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	14.25	15.0	15.75		
Line Regulation (Note 14)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	–	11.0	300	mV
			$V_I = 20\text{V to } 26\text{V}$	–	3.0	150	
Load Regulation (Note 14)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	300	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	150	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	–	–	0.5	mA	
			–	–	1.0		
Output Voltage Drift (Note 15)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	90.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 15)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 18.5\text{V to } 28.5\text{V}$	54.0	70.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 15)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	19.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 15)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 14: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 15: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7818)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 27\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	17.3	18.0	18.7	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	17.1	18.0	18.9		
Line Regulation (Note 12)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	–	15.0	360	mV
			$V_I = 24\text{V to } 30\text{V}$	–	5.0	180	
Load Regulation (Note 12)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	15.0	360	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	180	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	–	–	0.5	mA	
			–	–	1.0		
Output Voltage Drift (Note 17)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	110	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 17)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 22\text{V to } 32\text{V}$	53.0	69.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 17)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	22.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 17)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 16: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 17: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7824)

(Refer to the test circuits. $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 33\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	23.0	24.0	25.0	V	
		$5\text{mA} \leq I_O \leq 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	22.8	24.0	25.25		
Line Regulation (Note 18)	Regline	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	–	17.0	480	mV
			$V_I = 30\text{V to } 36\text{V}$	–	6.0	240	
Load Regulation (Note 18)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	15.0	480	mV
			$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	240	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	8.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ $V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$	–	0.1	0.5	mA	
			–	0.5	1.0		
Output Voltage Drift (Note 19)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.5	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	60.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 19)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $V_I = 28\text{V to } 38\text{V}$	50.0	67.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 19)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	28.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	230	–	mA	
Peak Current (Note 19)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 18: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 19: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7805A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	4.9	5.0	5.1	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 7.5\text{V to } 20\text{V}$	4.8	5.0	5.2		
Line Regulation (Note 20)	Regline	$V_I = 7.5\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	5.0	50.0	mV	
		$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	–	3.0	50.0		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 7.3\text{V to } 20\text{V}$	–	5.0		50.0
			$V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$	–	1.5		25.0
Load Regulation (Note 20)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	9.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	9.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	4.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 7.5\text{V to } 20\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 21)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 21)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 8\text{V to } 18\text{V}$	–	68.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 21)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 21)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 20: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 21: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7806A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 11\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	5.58	6.0	6.12	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 8.6\text{V to } 21\text{V}$	5.76	6.0	6.24		
Line Regulation (Note 22)	Regline	$V_I = 8.6\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	5.0	60.0	mV	
		$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	–	3.0	60.0		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 8.3\text{V to } 21\text{V}$	–	5.0		60.0
		$V_I = 9\text{V to } 13\text{V}$	–	1.5	30.0		
Load Regulation (Note 22)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	9.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	4.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	4.3	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 19\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 8.5\text{V to } 21\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 23)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 23)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 9\text{V to } 19\text{V}$	–	65.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 23)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	m Ω	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 23)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 22: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 23: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7808A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 14\text{V}$, $C_1 = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Unit	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	7.84	8.0	8.16	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 10.6\text{V to } 23\text{V}$	7.7	8.0	8.3		
Line Regulation (Note 24)	Regline	$V_I = 10.6\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	6.0	80.0	mV	
		$V_I = 11\text{V to } 17\text{V}$	–	3.0	80.0		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 10.4\text{V to } 23\text{V}$	–	6.0		80.0
			$V_I = 11\text{V to } 17\text{V}$	–	2.0		40.0
Load Regulation (Note 24)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	12.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 11\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 10.6\text{V to } 23\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 25)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–0.8	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 25)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 11.5\text{V to } 21.5\text{V}$	–	62.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 25)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	18.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 25)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 24: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 25: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7809A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 15\text{V}$, $C_1 = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	8.82	9.0	9.16	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 11.2\text{V to } 24\text{V}$	8.65	9.0	9.35		
Line Regulation (Note 26)	Regline	$V_I = 11.7\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	6.0	90.0	mV	
		$V_I = 12.5\text{V to } 19\text{V}$	–	4.0	45.0		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 11.5\text{V to } 24\text{V}$	–	6.0		90.0
			$V_I = 12.5\text{V to } 19\text{V}$	–	2.0		45.0
Load Regulation (Note 26)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.0\text{mA}$	–	12.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	12.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 12\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 11.7\text{V to } 25\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 27)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 27)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 12\text{V to } 22\text{V}$	–	62.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 27)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 27)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 26: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 27: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7810A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 16\text{V}$, $C_1 = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	9.8	10.0	10.2	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 12.8\text{V to } 25\text{V}$	9.6	10.0	10.4		
Line Regulation (Note 28)	Regline	$V_I = 12.8\text{V to } 26\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	8.0	100	mV	
		$V_I = 13\text{V to } 20\text{V}$	–	4.0	50.0		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 12.5\text{V to } 25\text{V}$	–	8.0		100
			$V_I = 13\text{V to } 20\text{V}$	–	3.0		50.0
Load Regulation (Note 28)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	12.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.0	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 12.8\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 13\text{V to } 26\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.5		
Output Voltage Drift (Note 29)	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 29)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 14\text{V to } 24\text{V}$	–	62.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 29)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	17.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 29)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 28: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 29: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7812A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 19\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.75	12.0	12.25	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 14.8\text{V to } 27\text{V}$	11.5	12.0	12.5		
Line Regulation (Note 30)	Regline	$V_I = 14.8\text{V to } 30\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	10.0	120	mV	
		$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	–	4.0	120		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{V to } 27\text{V}$	–	10.0		120
			$V_I = 16\text{V to } 22\text{V}$	–	3.0		60.0
Load Regulation (Note 30)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	12.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.1	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 14\text{V to } 27\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 15\text{V to } 30\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 31)	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 31)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 14\text{V to } 24\text{V}$	–	60.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 31)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	18.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 31)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 30: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 31: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7815A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 23\text{V}$, $C_1 = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	14.75	15.0	15.3	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 17.7\text{V to } 30\text{V}$	14.4	15.0	15.6		
Line Regulation (Note 32)	Regline	$V_I = 17.4\text{V to } 30\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	10.0	150	mV	
		$V_I = 20\text{V to } 26\text{V}$	–	5.0	150		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$	–	11.0		150
			$V_I = 20\text{V to } 26\text{V}$	–	3.0		75.0
Load Regulation (Note 32)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	12.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	12.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	5.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 17.5\text{V to } 30\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 33)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 33)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 18.5\text{V to } 28.5\text{V}$	–	58.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 33)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	19.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 33)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 32: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 33: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7818A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 27\text{V}$, $C_1 = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	17.64	18.0	18.36	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	17.3	18.0	18.7		
Line Regulation (Note 34)	Regline	$V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	15.0	180	mV	
		$V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	–	5.0	180		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 20.6\text{V to } 33\text{V}$	–	15.0		180
			$V_I = 24\text{V to } 30\text{V}$	–	5.0		90.0
Load Regulation (Note 34)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	15.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	15.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	7.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 12\text{V to } 33\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 12\text{V to } 33\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 35)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.0	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 35)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 22\text{V to } 32\text{V}$	–	57.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 35)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	19.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 35)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 34: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 35: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Electrical Characteristics (LM7824A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 33\text{V}$, $C_1 = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Typ	Max	Units	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	23.5	24.0	24.5	V	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$, $V_I = 27.3\text{V to } 38\text{V}$	23.0	24.0	25.0		
Line Regulation (Note 36)	Regline	$V_I = 27\text{V to } 38\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	18.0	240	mV	
		$V_I = 21\text{V to } 33\text{V}$	–	6.0	240		
		$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 26.7\text{V to } 38\text{V}$	–	18.0		240
			$V_I = 30\text{V to } 36\text{V}$	–	6.0		120
Load Regulation (Note 36)	Regload	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$, $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{mA}$	–	15.0	100	mV	
		$I_O = 5\text{mA to } 1\text{mA}$	–	15.0	100		
		$I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$	–	7.0	50.0		
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	5.2	6.0	mA	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$	–	–	0.5	mA	
		$V_I = 27.3\text{V to } 38\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$	–	–	0.8		
		$V_I = 27.3\text{V to } 38\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	–	0.8		
Output Voltage Drift (Note 37)	$\Delta V_O/\Delta T$	$I_O = 5\text{mA}$	–	–1.5	–	mV/ $^{\circ}\text{C}$	
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10\text{Hz to } 100\text{KHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	10.0	–	$\mu\text{V}/V_O$	
Ripple Rejection (Note 37)	RR	$f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$, $V_I = 28\text{V to } 38\text{V}$	–	54.0	–	dB	
Dropout Voltage	V_{DROP}	$I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.0	–	V	
Output Resistance (Note 37)	r_O	$f = 1\text{KHz}$	–	20.0	–	$\text{m}\Omega$	
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	–	250	–	mA	
Peak Current (Note 37)	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	–	2.2	–	A	

Note 36: Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Note 37: These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

Typical Performance Characteristics

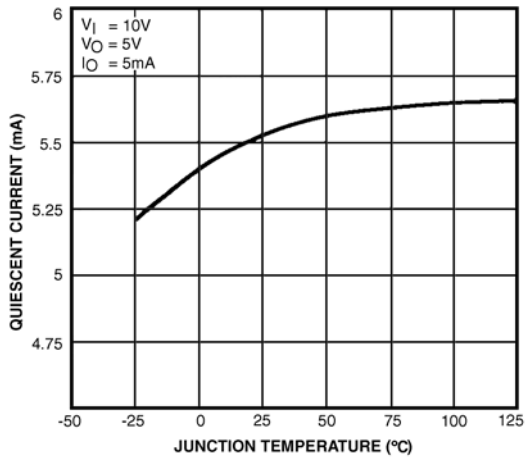


FIGURE 1. Quiescent Current

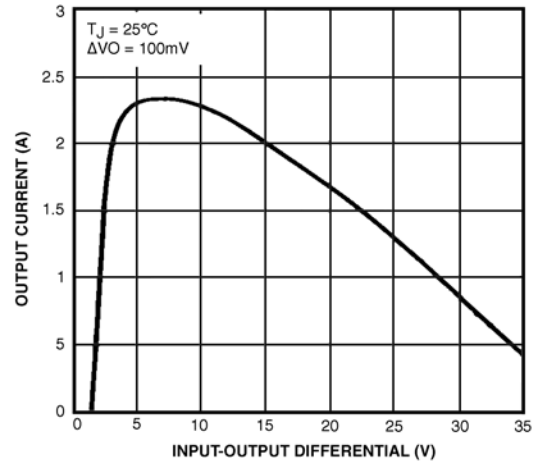


FIGURE 2. Peak Output Current

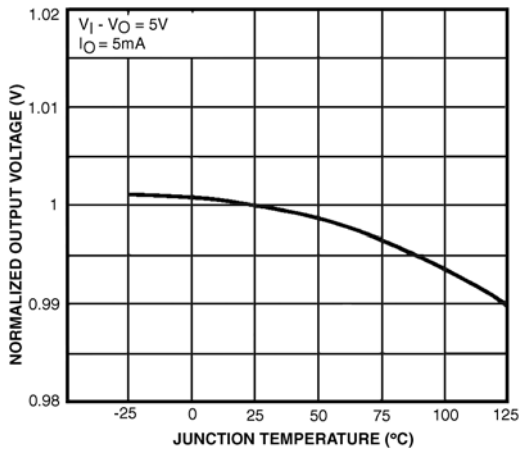


FIGURE 3. Output Voltage

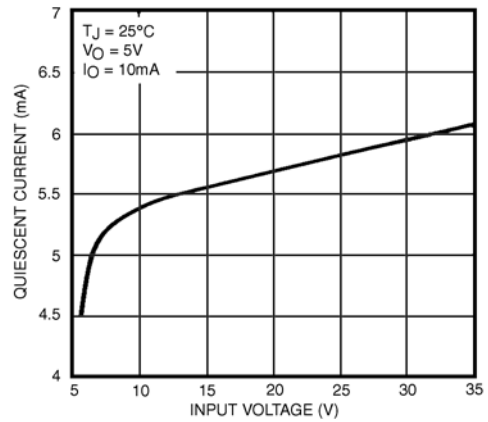


FIGURE 4. Quiescent Current

Typical Applications

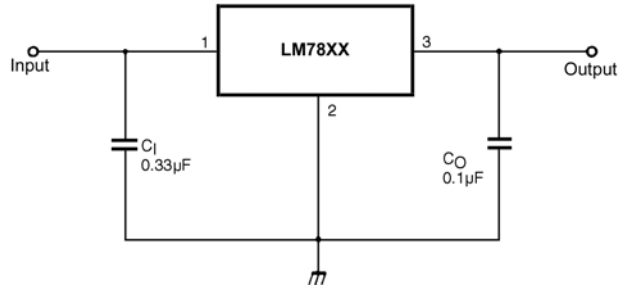


FIGURE 5. DC Parameters

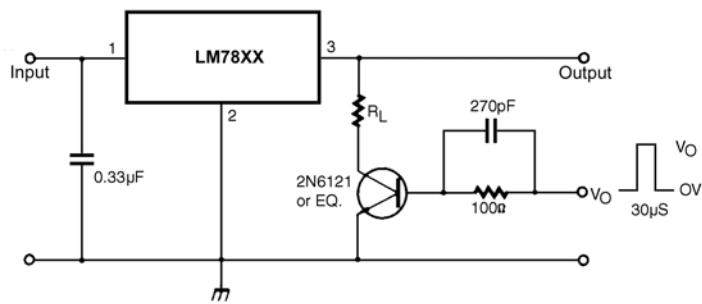


FIGURE 6. Load Regulation

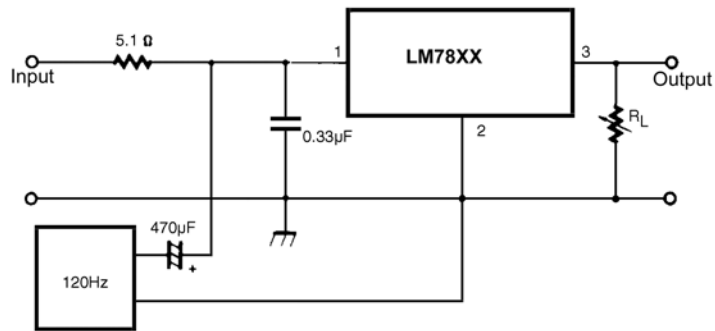


FIGURE 7. Ripple Rejection

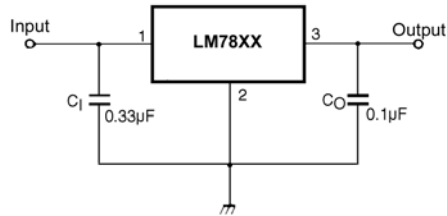
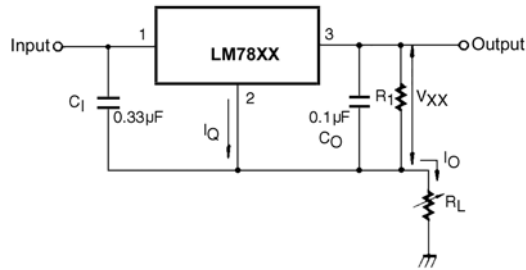


FIGURE 8. Fixed Output Regulator

Typical Applications (continued)



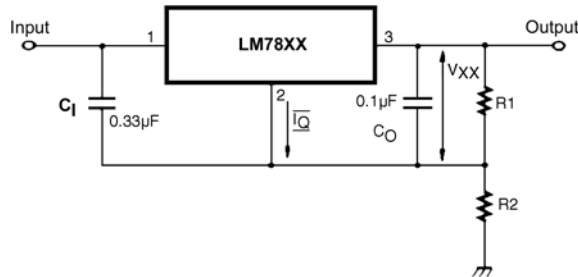
$$I_O = \frac{V_{XX}}{R_1} + I_Q$$

FIGURE 9.

Note: To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX". A common ground is required between the Input and the Output voltage. The input voltage must remain typically 2.0V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

Note: C₁ is required if regulator is located an appreciable distance from the power supply filter.

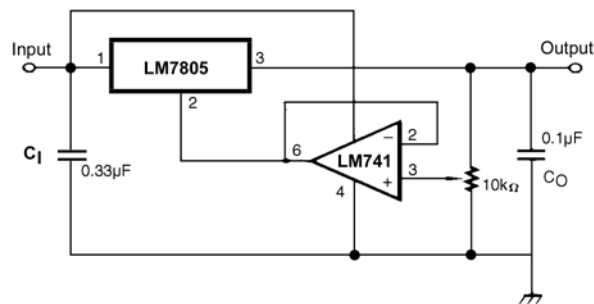
Note: C₀ improves stability and transient response.



$$I_{R1} \geq 5 I_Q$$

$$V_O = V_{XX} (1 R_2 / R_1) + I_Q R_2$$

FIGURE 10. Circuit for Increasing Output Voltage



$$I_{R1} \geq 5 I_Q$$

$$V_O = V_{XX} (1 R_2 / R_1) + I_Q R_2$$

FIGURE 11. Adjustable Output Regulator (7V to 30V)

Typical Applications (continued)

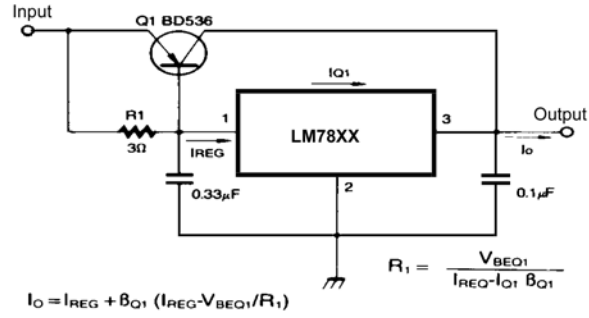


FIGURE 12. High Current Voltage Regulator

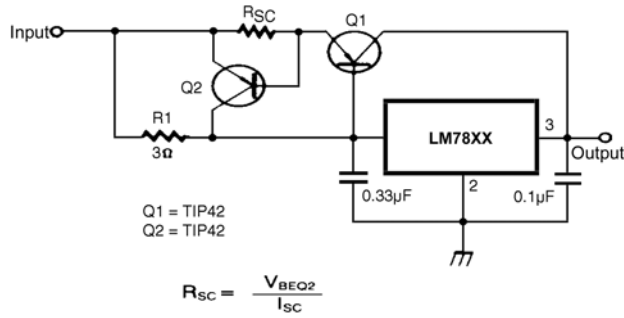


FIGURE 13. High Output Current with Short Circuit Protection

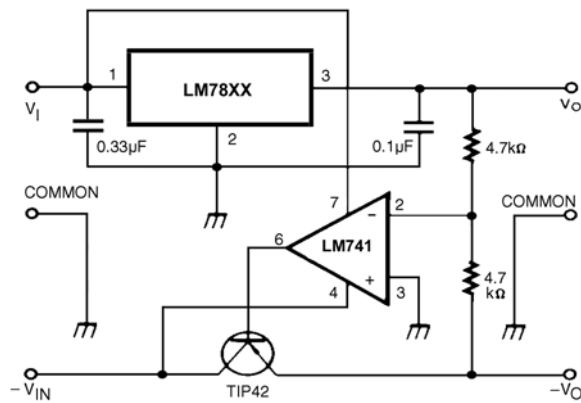


FIGURE 14. Tracking Voltage Regulator

Typical Applications (continued)

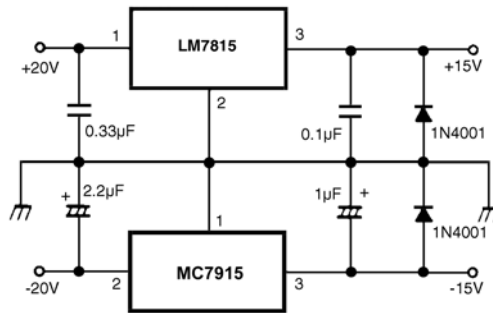


FIGURE 15. Split Power Supply ($\pm 15V - 1A$)

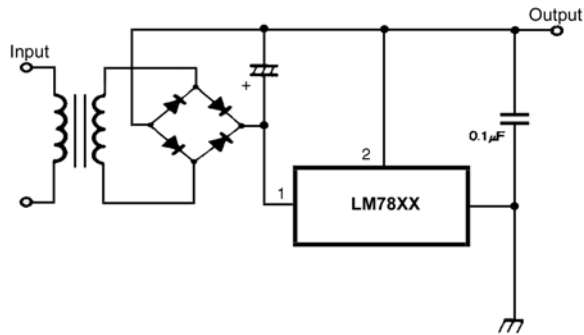


FIGURE 16. Negative Output Voltage Circuit

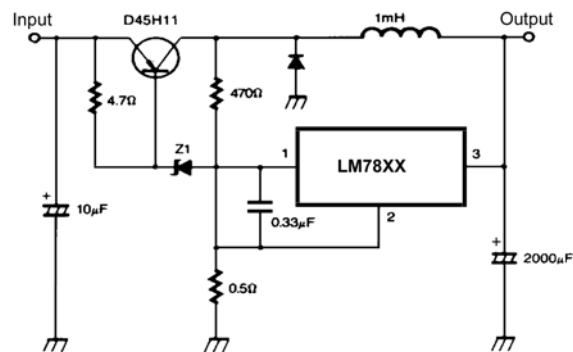
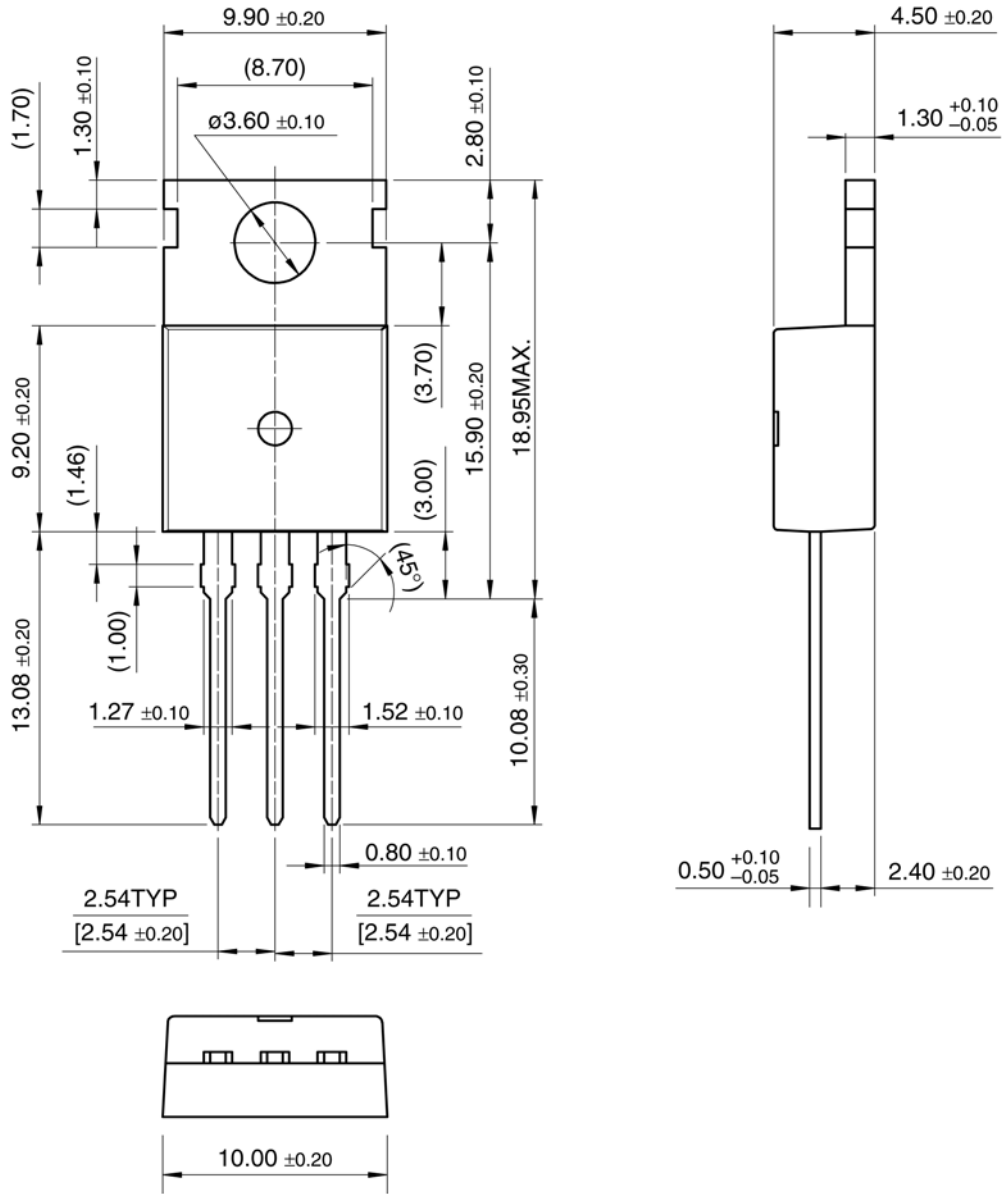


FIGURE 17. Switching Regulator

LM7805 • LM7806 • LM7808 • LM7809 • LM7810 • LM7812 • LM7815 • LM7818 • LM7824 • LM7805A • LM7806A • LM7808A
 • LM7809A • LM7810A • LM7812A • LM7815A • LM7818A • LM7824A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

TO-220



Package Number TO-220

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use

provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than $5\mu W$. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multidrop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.1	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V _{CC})	-0.3V to +6V	20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	..440mW
Input Voltages		16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	...696mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)	16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	.....762mW
R _{IN} (Except MAX220)	±30V	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	.....762mW
R _{IN} (MAX220)	±25V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	....800mW
T _{OUT} (Except MAX220) (Note 1)	±15V	20-Pin SSOP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	.....640mW
T _{OUT} (MAX220)	±13.2V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	.....800mW
Output Voltages		18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	.....842mW
T _{OUT}	±15V	Operating Temperature Ranges	
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	MAX2_AC_, MAX2_C_	.....0°C to +70°C
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	Continuous	MAX2_AE_, MAX2_E_	.....-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		MAX2_AM_, MAX2_M_	.....-55°C to +125°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	...842mW	Storage Temperature Range	.....-65°C to +160°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	...889mW	Lead Temperature (soldering, 10sec)	.....+300°C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{\text{SHDN}}$ or V_{CC} = 0V.

Note 2: For the MAX220, V+ and V- can have a maximum magnitude of 7V, but their absolute difference cannot exceed 13V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, MAX220, C1 = 0.047µF, C2–C4 = 0.33µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High	All devices except MAX220		2	1.4		V
	MAX220: V _{CC} = 5.0V		2.4			
Logic Pull-Up/Input Current	All except MAX220, normal operation			5	40	µA
	$\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, MAX222/242, shutdown, MAX220			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V _{CC} = 5.5V, $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, V _{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V _{CC} = $\overline{\text{SHDN}}$ = 0V, V _{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate				200	116	kb/s
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V+ = V- = 0V, V _{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = 5V	All except MAX243 R2 _{IN}	0.8	1.3		V
		MAX243 R2 _{IN} (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = 5V	All except MAX243 R2 _{IN}		1.8	2.4	V
		MAX243 R2 _{IN} (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V _{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I _{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I _{OUT} = -1.0mA		3.5	V _{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V _{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V _{OUT} = V _{CC}		10	30		

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1μF, MAX220, C1 = 0.047μF, C2–C4 = 0.33μF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

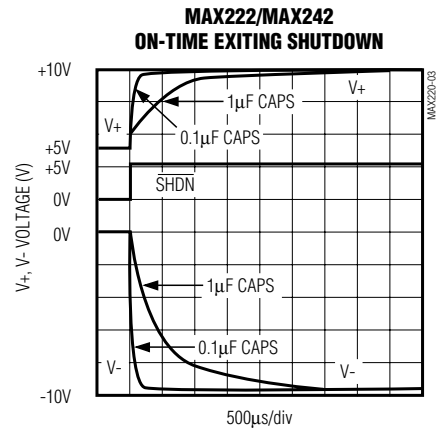
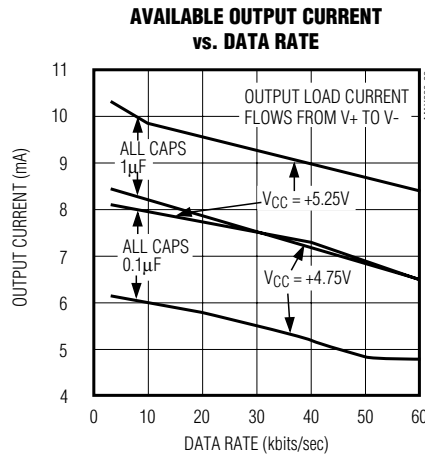
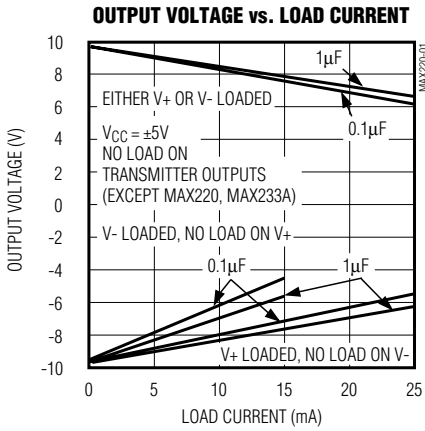
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V _{CC} or EN = V _{CC} (SHDN = 0V for MAX222), 0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC}			±0.05	±10	μA
EN Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V _{CC} Supply Current (SHDN = V _{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T _A = +25°C		0.1	10	μA
		T _A = 0°C to +70°C		2	50	
		T _A = -40°C to +85°C		2	50	
		T _A = -55°C to +125°C		35	100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/242				±1	μA
SHDN Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C _L = 50pF to 2500pF, R _L = 3kΩ to 7kΩ, V _{CC} = 5V, T _A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/μs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t _{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	μs
		MAX220		4	10	
	t _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t _{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	μs
		MAX220		0.6	3	
	t _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t _{PHLS}	MAX242		0.5	10	μs
	t _{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t _{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t _{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN goes high), Figure 4	t _{ET}	MAX222/242, 0.1μF caps (includes charge-pump start-up)		250		μs
Transmitter-Output Disable Time (SHDN goes low), Figure 4	t _{DT}	MAX222/242, 0.1μF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t _{PHLT} - t _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t _{PHLR} - t _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

Note 3: MAX243 R_{2OUT} is guaranteed to be low when R_{2IN} is ≥ 0V or is floating.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230–MAX241

V _{CC}	-0.3V to +6V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
V ₊	(V _{CC} - 0.3V) to +14V	24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/°C above +70°C)	941mW
V ₋	+0.3V to -14V	28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/°C above +70°C)	1W
Input Voltages		44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW
T _{IN}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/°C above +70°C)	727mW
R _{IN}	±30V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
Output Voltages		20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW
T _{OUT}	(V ₊ + 0.3V) to (V ₋ - 0.3V)	24-Pin Narrow CERDIP	
R _{OUT}	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	(derate 12.50mW/°C above +70°C)	1W
Short-Circuit Duration, T _{OUT}	Continuous	24-Pin Sidebrase (derate 20.0mW/°C above +70°C)	1.6W
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		28-Pin SSOP (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW	Operating Temperature Ranges	
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW	MAX2 __ C _ _	0°C to +70°C
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C)	889mW	MAX2 __ E _ _	-40°C to +85°C
24-Pin Narrow Plastic DIP		MAX2 __ M _ _	-55°C to +125°C
(derate 13.33mW/°C above +70°C)	1.07W	Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C)	500mW	Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	762mW		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10%; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0μF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V₊ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V _{CC} Power-Supply Current	No load, T _A = +25°C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234–238/240/241		7	15	
		MAX231/239		0.4	1	
V ₊ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T _A = +25°C	MAX223		15	50	μA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T _{IN} ; EN, $\overline{\text{SHDN}}$ (MAX233); $\overline{\text{EN}}$, SHDN (MAX230/235–241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T _{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{\text{SHDN}}$ (MAX223); $\overline{\text{EN}}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T _{IN} = 0V			1.5	200	μA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, $V_{CC} = +5V \pm 10\%$; MAX233/MAX235, $V_{CC} = 5V \pm 5\%$, $C_1-C_4 = 1.0\mu F$; MAX231/MAX239, $V_{CC} = 5V \pm 10\%$; $V_+ = 7.5V$ to $13.2V$; $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} ; unless otherwise noted.)

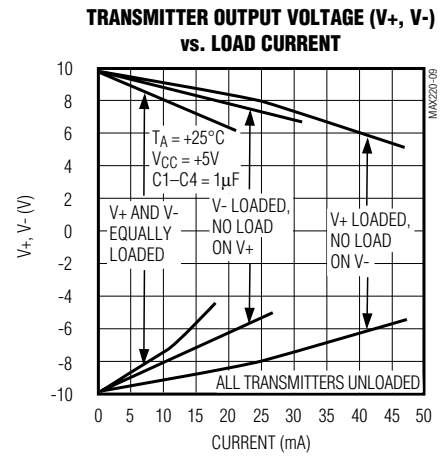
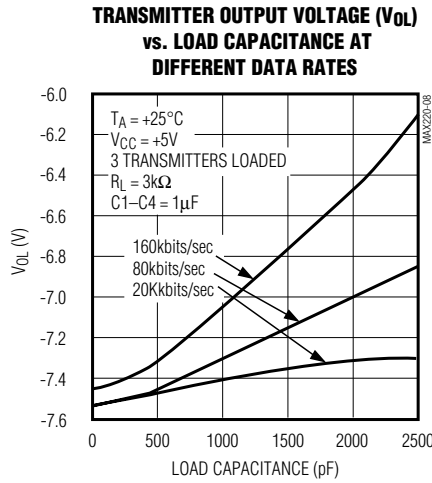
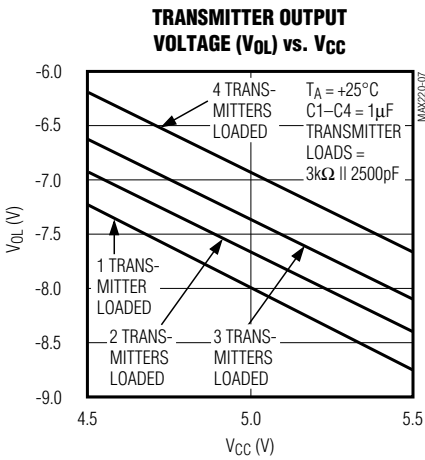
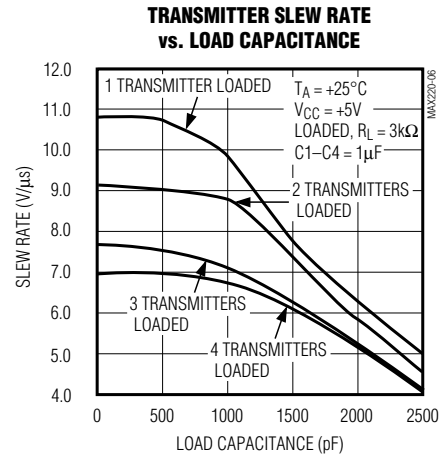
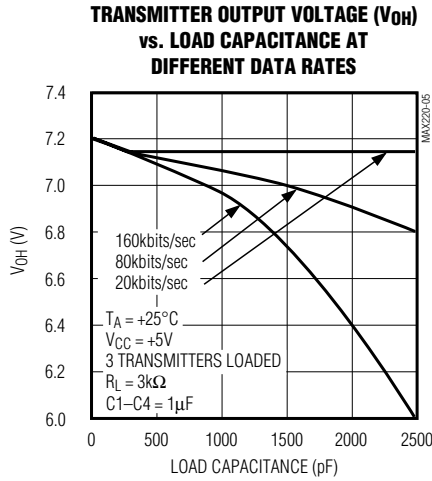
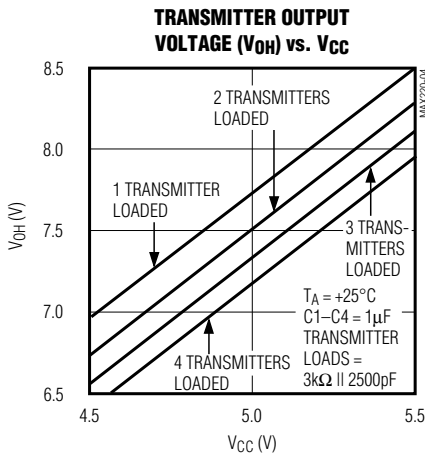
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
RS-232 Input Threshold Low	$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$	Normal operation $\overline{SHDN} = 5V$ (MAX223) $SHDN = 0V$ (MAX235/236/240/241)	0.8	1.2		V	
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN} = 0V$, $EN = 5V$ (R_{4IN} , R_{5IN})	0.6	1.5			
RS-232 Input Threshold High	$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$	Normal operation $\overline{SHDN} = 5V$ (MAX223) $SHDN = 0V$ (MAX235/236/240/241)		1.7	2.4	V	
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN} = 0V$, $EN = 5V$ (R_{4IN} , R_{5IN})		1.5	2.4		
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5V$, no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V	
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$		3	5	7	$k\Omega$	
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6mA$ (MAX231/232/233, $I_{OUT} = 3.2mA$)				0.4	V	
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1mA$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V	
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$; $EN = 0V$ (MAX223); $\overline{EN} = V_{CC}$ (MAX235–241)			0.05	± 10	μA	
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns	
		MAX235/236/239/240/241		400			
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns	
		MAX235/236/239/240/241		250			
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150pF$	Normal operation		0.5	10	μs	
		$\overline{SHDN} = 0V$ (MAX223)	t_{PHLS}		4		40
			t_{PLHS}		6		40
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, $T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$, $C_L = 50pF$ to $2500pF$, measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$		3	5.1	30	V/ μs	
	MAX231/MAX232/MAX233, $T_A = +25^\circ C$, $V_{CC} = 5V$, $R_L = 3k\Omega$ to $7k\Omega$, $C_L = 50pF$ to $2500pF$, measured from $+3V$ to $-3V$ or $-3V$ to $+3V$			4	30		
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$, $V_{OUT} = \pm 2V$		300			Ω	
Transmitter Output Short-Circuit Current			± 10			mA	

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

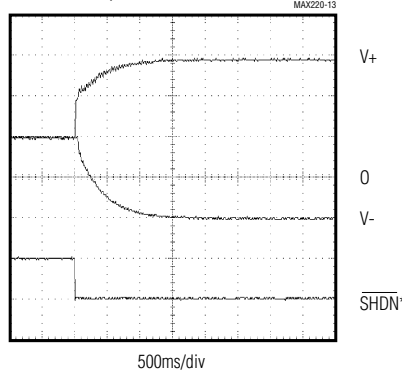
Typical Operating Characteristics

MAX220-MAX249

MAX223/MAX230-MAX241



V_+ , V_- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244-MAX249

Supply Voltage (V_{CC})	-0.3V to +6V	Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)	
Input Voltages		28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/ $^\circ\text{C}$ above +70 $^\circ\text{C}$)	1W
T_{IN} , \overline{ENA} , \overline{ENB} , \overline{ENR} , \overline{ENT} , \overline{ENRA} , \overline{ENRB} , \overline{ENTA} , \overline{ENTB}	-0.3V to ($V_{CC} + 0.3\text{V}$)	40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/ $^\circ\text{C}$ above +70 $^\circ\text{C}$)	0.611W
R_{IN}	$\pm 25\text{V}$	44-Pin PLCC (derate 13.33mW/ $^\circ\text{C}$ above +70 $^\circ\text{C}$)	1.07W
T_{OUT} (Note 3)	$\pm 15\text{V}$	Operating Temperature Ranges	
R_{OUT}	-0.3V to ($V_{CC} + 0.3\text{V}$)	MAX225C_-, MAX24_C_-	0 $^\circ\text{C}$ to +70 $^\circ\text{C}$
Short Circuit (one output at a time)		MAX225E_-, MAX24_E_-	-40 $^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$
T_{OUT} to GND	Continuous	Storage Temperature Range	-65 $^\circ\text{C}$ to +160 $^\circ\text{C}$
R_{OUT} to GND	Continuous	Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300 $^\circ\text{C}$

Note 4: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or $V_{CC} = 0\text{V}$.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244-MAX249

(MAX225, $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 5\%$; MAX244-MAX249, $V_{CC} = +5.0\text{V} \pm 10\%$, external capacitors C1-C4 = 1 μF ; $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} ; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
RS-232 TRANSMITTERS						
Input Logic Threshold Low			1.4	0.8	V	
Input Logic Threshold High		2	1.4		V	
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a-1d	Normal operation		10	50	μA
		Shutdown		± 0.01	± 1	
Data Rate	Tables 1a-1d, normal operation		120	64	kbits/sec	
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3k Ω to GND	± 5	± 7.5		V	
Output Leakage Current (shutdown)	Tables 1a-1d	\overline{ENA} , \overline{ENB} , \overline{ENT} , \overline{ENTA} , $\overline{ENTB} = V_{CC}$, $V_{OUT} = \pm 15\text{V}$		± 0.01	± 25	μA
		$V_{CC} = 0\text{V}$, $V_{OUT} = \pm 15\text{V}$		± 0.01	± 25	
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0\text{V}$, $V_{OUT} = \pm 2\text{V}$ (Note 4)	300	10M		Ω	
Output Short-Circuit Current	$V_{OUT} = 0\text{V}$	± 7	± 30		mA	
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range				± 25	V	
RS-232 Input Threshold Low	$V_{CC} = 5\text{V}$	0.8	1.3		V	
RS-232 Input Threshold High	$V_{CC} = 5\text{V}$		1.8	2.4	V	
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5\text{V}$	0.2	0.5	1.0	V	
RS-232 Input Resistance		3	5	7	k Ω	
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 3.2\text{mA}$		0.2	0.4	V	
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1.0\text{mA}$	3.5	$V_{CC} - 0.2$		V	
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing $V_{OUT} = \text{GND}$	-2	-10		mA	
	Shrinking $V_{OUT} = V_{CC}$	10	30			
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a-1d, $0\text{V} \leq V_{OUT} \leq V_{CC}$, $\overline{ENR}_- = V_{CC}$		± 0.05	± 0.10	μA	

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249 (continued)

(MAX225, $V_{CC} = 5.0V \pm 5\%$; MAX244–MAX249, $V_{CC} = +5.0V \pm 10\%$, external capacitors C1–C4 = 1 μ F; $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} ; unless otherwise noted.)

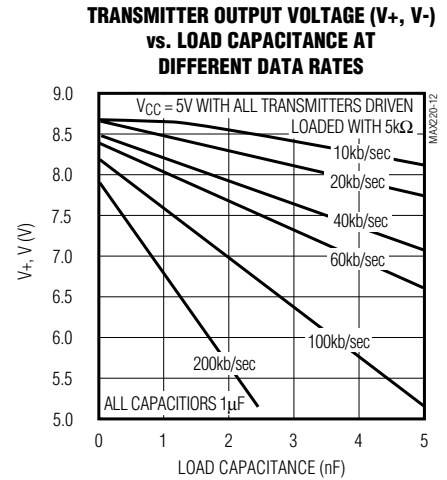
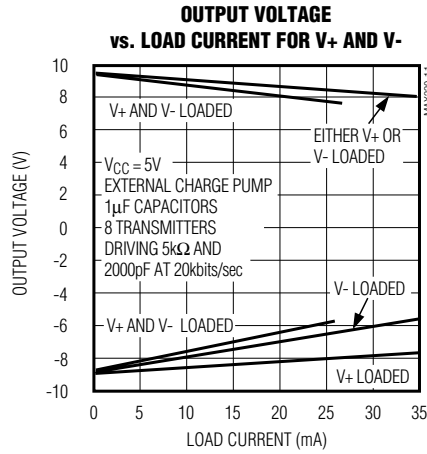
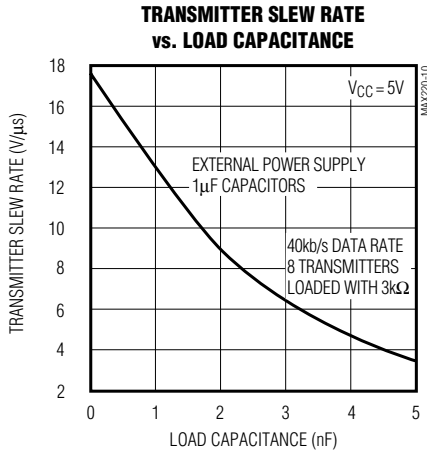
PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244–MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (normal operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244–MAX249		11	30	
	3k Ω loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244–MAX249		57		
Shutdown Supply Current	$T_A = +25^\circ\text{C}$			8	25	μ A
	$T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				± 1	μ A
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	$C_L = 50\text{pF}$ to 2500pF, $R_L = 3\text{k}\Omega$ to 7k Ω , $V_{CC} = 5V$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		5	10	30	V/ μ s
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	μ s
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	μ s
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (low-power mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	μ s
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	$t_{PHLT} - t_{PLHT}$			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	$t_{PHLR} - t_{PLHR}$			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246–MAX249 (excludes charge-pump start-up)		5		μ s
		MAX225/MAX245–MAX249 (includes charge-pump start-up)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

Note 5: The 300 Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or $V_{CC} = 0V$ is 10M Ω as is implied by the leakage specification.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244-MAX249



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

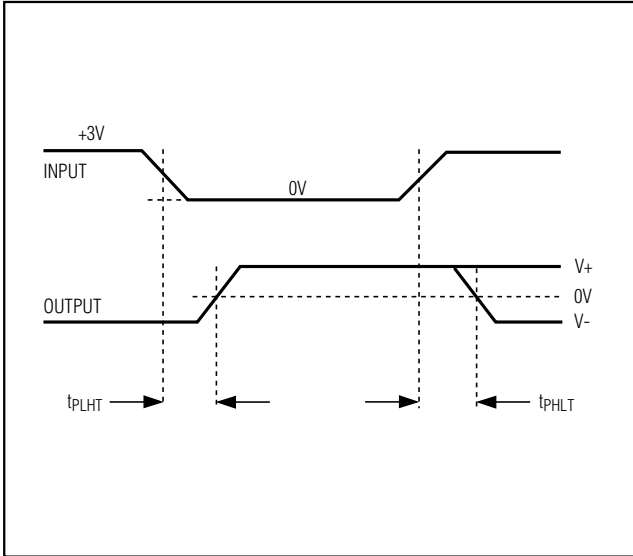


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

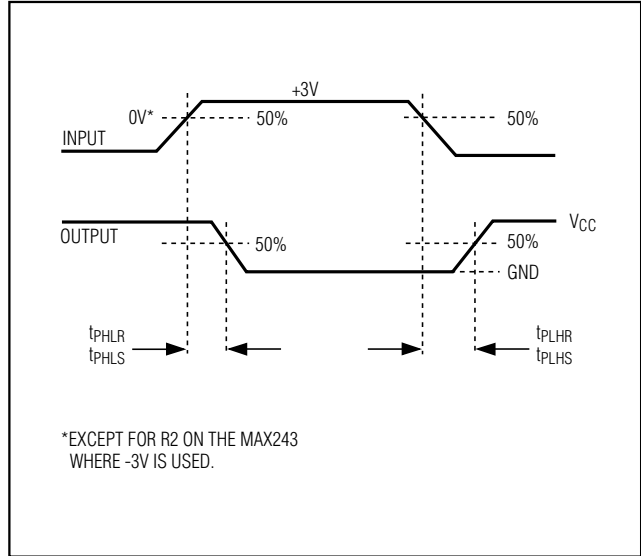


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

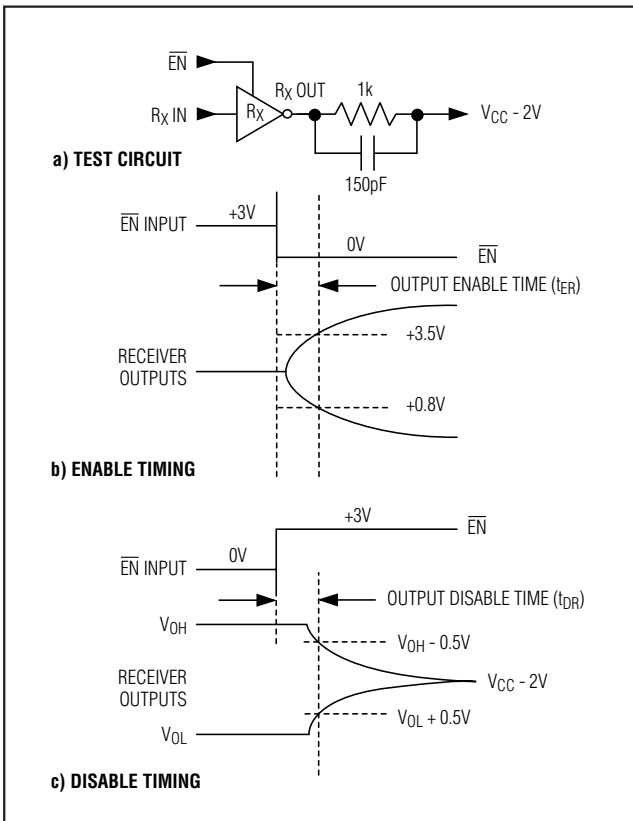


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

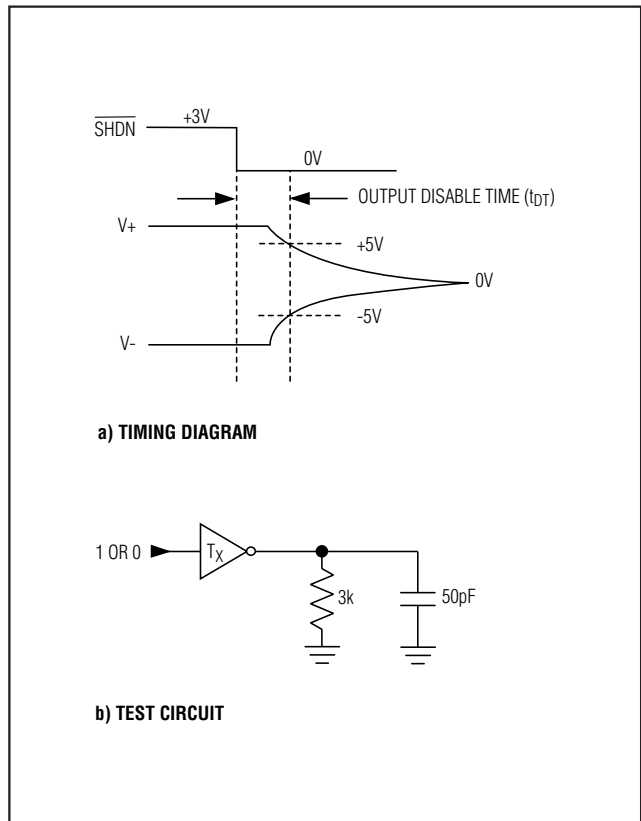


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENT}}$	$\overline{\text{ENR}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1-RA4 3-State, RA5 Active	RB1-RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENA}}$	$\overline{\text{ENB}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1-RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1-RA4 3-State, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1-RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1-RB4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations

$\overline{\text{ENTA}}$	$\overline{\text{ENTB}}$	$\overline{\text{ENRA}}$	$\overline{\text{ENRB}}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS			RECEIVERS	
					MAX247	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB5
					MAX248	TA1-TA4	TB1-TB4	RA1-RA4	RB1-RB4
					MAX249	TA1-TA3	TB1-TB3	RA1-RA5	RB1-RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Detailed Description

The MAX220–MAX249 contain four sections: dual charge-pump DC-DC voltage converters, RS-232 drivers, RS-232 receivers, and receiver and transmitter enable control inputs.

Dual Charge-Pump Voltage Converter

The MAX220–MAX249 have two internal charge-pumps that convert +5V to $\pm 10V$ (unloaded) for RS-232 driver operation. The first converter uses capacitor C1 to double the +5V input to +10V on C3 at the V+ output. The second converter uses capacitor C2 to invert +10V to -10V on C4 at the V- output.

A small amount of power may be drawn from the +10V (V+) and -10V (V-) outputs to power external circuitry (see the *Typical Operating Characteristics* section), except on the MAX225 and MAX245–MAX247, where these pins are not available. V+ and V- are not regulated, so the output voltage drops with increasing load current. Do not load V+ and V- to a point that violates the minimum $\pm 5V$ EIA/TIA-232E driver output voltage when sourcing current from V+ and V- to external circuitry.

When using the shutdown feature in the MAX222, MAX225, MAX230, MAX235, MAX236, MAX240, MAX241, and MAX245–MAX249, avoid using V+ and V- to power external circuitry. When these parts are shut down, V- falls to 0V, and V+ falls to +5V. For applications where a +10V external supply is applied to the V+ pin (instead of using the internal charge pump to generate +10V), the C1 capacitor must not be installed and the SHDN pin must be tied to VCC. This is because V+ is internally connected to VCC in shutdown mode.

RS-232 Drivers

The typical driver output voltage swing is $\pm 8V$ when loaded with a nominal $5k\Omega$ RS-232 receiver and $V_{CC} = +5V$. Output swing is guaranteed to meet the EIA/TIA-232E and V.28 specification, which calls for $\pm 5V$ minimum driver output levels under worst-case conditions. These include a minimum $3k\Omega$ load, $V_{CC} = +4.5V$, and maximum operating temperature. Unloaded driver output voltage ranges from (V+ -1.3V) to (V- +0.5V).

Input thresholds are both TTL and CMOS compatible. The inputs of unused drivers can be left unconnected since $400k\Omega$ input pull-up resistors to VCC are built in (except for the MAX220). The pull-up resistors force the outputs of unused drivers low because all drivers invert. The internal input pull-up resistors typically source $12\mu A$, except in shutdown mode where the pull-ups are disabled. Driver outputs turn off and enter a high-impedance state—where leakage current is typically microamperes (maximum $25\mu A$)—when in shutdown

mode, in three-state mode, or when device power is removed. Outputs can be driven to $\pm 15V$. The power-supply current typically drops to $8\mu A$ in shutdown mode. The MAX220 does not have pull-up resistors to force the outputs of the unused drivers low. Connect unused inputs to GND or VCC.

The MAX239 has a receiver three-state control line, and the MAX223, MAX225, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241 have both a receiver three-state control line and a low-power shutdown control. Table 2 shows the effects of the shutdown control and receiver three-state control on the receiver outputs.

The receiver TTL/CMOS outputs are in a high-impedance, three-state mode whenever the three-state enable line is high (for the MAX225/MAX235/MAX236/MAX239–MAX241), and are also high-impedance whenever the shutdown control line is high.

When in low-power shutdown mode, the driver outputs are turned off and their leakage current is less than $1\mu A$ with the driver output pulled to ground. The driver output leakage remains less than $1\mu A$, even if the transmitter output is backdriven between 0V and ($V_{CC} + 6V$). Below -0.5V, the transmitter is diode clamped to ground with $1k\Omega$ series impedance. The transmitter is also zener clamped to approximately $V_{CC} + 6V$, with a series impedance of $1k\Omega$.

The driver output slew rate is limited to less than $30V/\mu s$ as required by the EIA/TIA-232E and V.28 specifications. Typical slew rates are $24V/\mu s$ unloaded and $10V/\mu s$ loaded with 3Ω and $2500pF$.

RS-232 Receivers

EIA/TIA-232E and V.28 specifications define a voltage level greater than 3V as a logic 0, so all receivers invert. Input thresholds are set at 0.8V and 2.4V, so receivers respond to TTL level inputs as well as EIA/TIA-232E and V.28 levels.

The receiver inputs withstand an input overvoltage up to $\pm 25V$ and provide input terminating resistors with

Table 2. Three-State Control of Receivers

PART	SHDN	SHDN	EN	EN(R)	RECEIVERS
MAX223	—	Low High High	X Low High	—	High Impedance Active High Impedance
MAX225	—	—	—	Low High	High Impedance Active
MAX235 MAX236 MAX240	Low Low High	—	—	Low High X	High Impedance Active High Impedance

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

nominal 5k Ω values. The receivers implement Type 1 interpretation of the fault conditions of V.28 and EIA/TIA-232E.

The receiver input hysteresis is typically 0.5V with a guaranteed minimum of 0.2V. This produces clear output transitions with slow-moving input signals, even with moderate amounts of noise and ringing. The receiver propagation delay is typically 600ns and is independent of input swing direction.

Low-Power Receive Mode

The low-power receive-mode feature of the MAX223, MAX242, and MAX245-MAX249 puts the IC into shutdown mode but still allows it to receive information. This is important for applications where systems are periodically awakened to look for activity. Using low-power receive mode, the system can still receive a signal that will activate it on command and prepare it for communication at faster data rates. This operation conserves system power.

Negative Threshold—MAX243

The MAX243 is pin compatible with the MAX232A, differing only in that RS-232 cable fault protection is removed on one of the two receiver inputs. This means that control lines such as CTS and RTS can either be driven or left floating without interrupting communication. Different cables are not needed to interface with different pieces of equipment.

The input threshold of the receiver without cable fault protection is -0.8V rather than +1.4V. Its output goes positive only if the input is connected to a control line that is actively driven negative. If not driven, it defaults to the 0 or "OK to send" state. Normally, the MAX243's other receiver (+1.4V threshold) is used for the data line (TD or RD), while the negative threshold receiver is connected to the control line (DTR, DTS, CTS, RTS, etc.).

Other members of the RS-232 family implement the optional cable fault protection as specified by EIA/TIA-232E specifications. This means a receiver output goes high whenever its input is driven negative, left floating, or shorted to ground. The high output tells the serial communications IC to stop sending data. To avoid this, the control lines must either be driven or connected with jumpers to an appropriate positive voltage level.

Shutdown—MAX222-MAX242

On the MAX222, MAX235, MAX236, MAX240, and MAX241, all receivers are disabled during shutdown. On the MAX223 and MAX242, two receivers continue to operate in a reduced power mode when the chip is in shutdown. Under these conditions, the propagation delay increases to about 2.5 μ s for a high-to-low input transition. When in shutdown, the receiver acts as a CMOS inverter with no hysteresis. The MAX223 and MAX242 also have a receiver output enable input (\overline{EN} for the MAX242 and EN for the MAX223) that allows receiver output control independent of \overline{SHDN} (SHDN for MAX241). With all other devices, \overline{SHDN} (SHDN for MAX241) also disables the receiver outputs.

The MAX225 provides five transmitters and five receivers, while the MAX245 provides ten receivers and eight transmitters. Both devices have separate receiver and transmitter-enable controls. The charge pumps turn off and the devices shut down when a logic high is applied to the ENT input. In this state, the supply current drops to less than 25 μ A and the receivers continue to operate in a low-power receive mode. Driver outputs enter a high-impedance state (three-state mode). On the MAX225, all five receivers are controlled by the \overline{ENR} input. On the MAX245, eight of the receiver outputs are controlled by the \overline{ENR} input, while the remaining two receivers (RA5 and RB5) are always active. RA1-RA4 and RB1-RB4 are put in a three-state mode when \overline{ENR} is a logic high.

Receiver and Transmitter Enable Control Inputs

The MAX225 and MAX245-MAX249 feature transmitter and receiver enable controls.

The receivers have three modes of operation: full-speed receive (normal active), three-state (disabled), and low-power receive (enabled receivers continue to function at lower data rates). The receiver enable inputs control the full-speed receive and three-state modes. The transmitters have two modes of operation: full-speed transmit (normal active) and three-state (disabled). The transmitter enable inputs also control the shutdown mode. The device enters shutdown mode when all transmitters are disabled. Enabled receivers function in the low-power receive mode when in shutdown.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Tables 1a–1d define the control states. The MAX244 has no control pins and is not included in these tables.

The MAX246 has ten receivers and eight drivers with two control pins, each controlling one side of the device. A logic high at the A-side control input ($\overline{\text{ENA}}$) causes the four A-side receivers and drivers to go into a three-state mode. Similarly, the B-side control input ($\overline{\text{ENB}}$) causes the four B-side drivers and receivers to go into a three-state mode. As in the MAX245, one A-side and one B-side receiver (RA5 and RB5) remain active at all times. The entire device is put into shutdown mode when both the A and B sides are disabled ($\text{ENA} = \text{ENB} = +5\text{V}$).

The MAX247 provides nine receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{\text{ENRA}}$ and $\overline{\text{ENRB}}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{\text{ENTA}}$ and $\overline{\text{ENTB}}$ transmitter enable inputs each control four drivers. The ninth receiver (RB5) is always active. The device enters shutdown mode with a logic high on both $\overline{\text{ENTA}}$ and $\overline{\text{ENTB}}$.

The MAX248 provides eight receivers and eight drivers with four control pins. The $\overline{\text{ENRA}}$ and $\overline{\text{ENRB}}$ receiver enable inputs each control four receiver outputs. The $\overline{\text{ENTA}}$ and $\overline{\text{ENTB}}$ transmitter enable inputs control four drivers each. This part does not have an always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{\text{ENTA}}$ and $\overline{\text{ENTB}}$.

The MAX249 provides ten receivers and six drivers with four control pins. The $\overline{\text{ENRA}}$ and $\overline{\text{ENRB}}$ receiver enable inputs each control five receiver outputs. The $\overline{\text{ENTA}}$ and $\overline{\text{ENTB}}$ transmitter enable inputs control three drivers each. There is no always-active receiver. The device enters shutdown mode and transmitters go into a three-state mode with a logic high on both $\overline{\text{ENTA}}$ and $\overline{\text{ENTB}}$. In shutdown mode, active receivers operate in a low-power receive mode at data rates up to 20kbits/sec.

Applications Information

Figures 5 through 25 show pin configurations and typical operating circuits. In applications that are sensitive to power-supply noise, VCC should be decoupled to ground with a capacitor of the same value as C1 and C2 connected as close as possible to the device.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

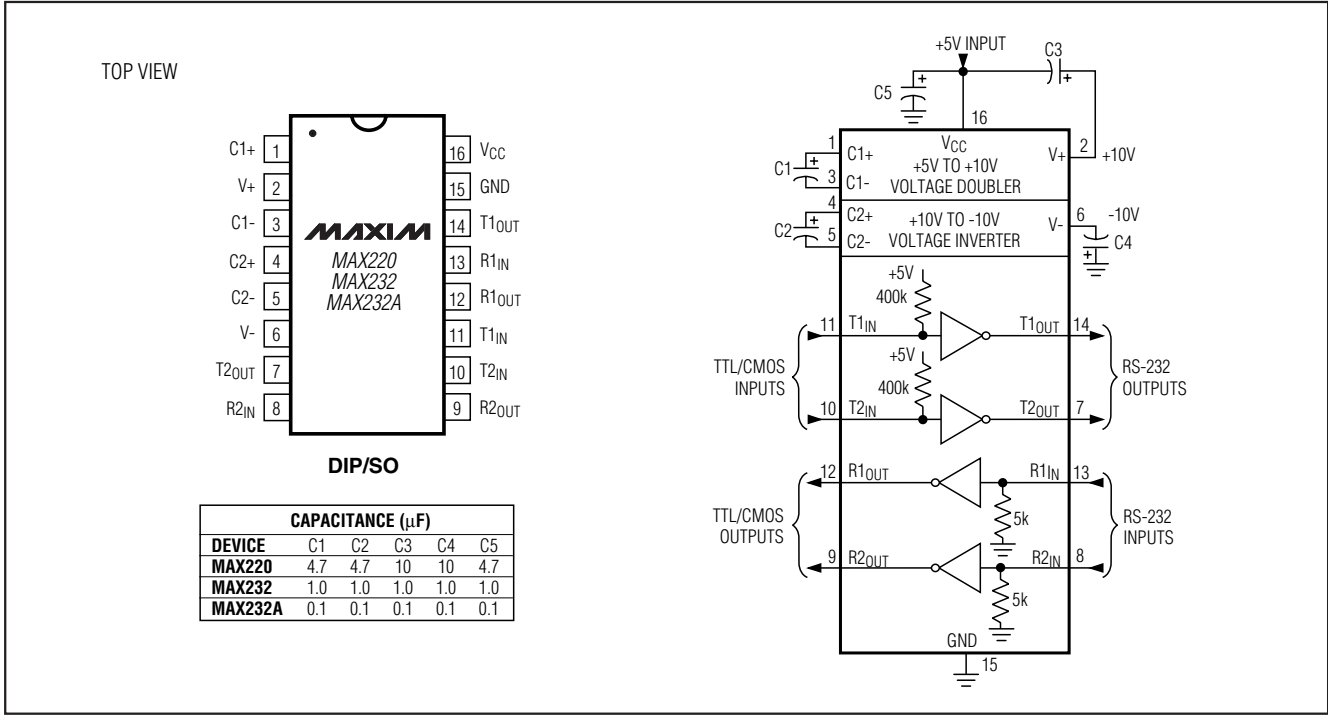


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

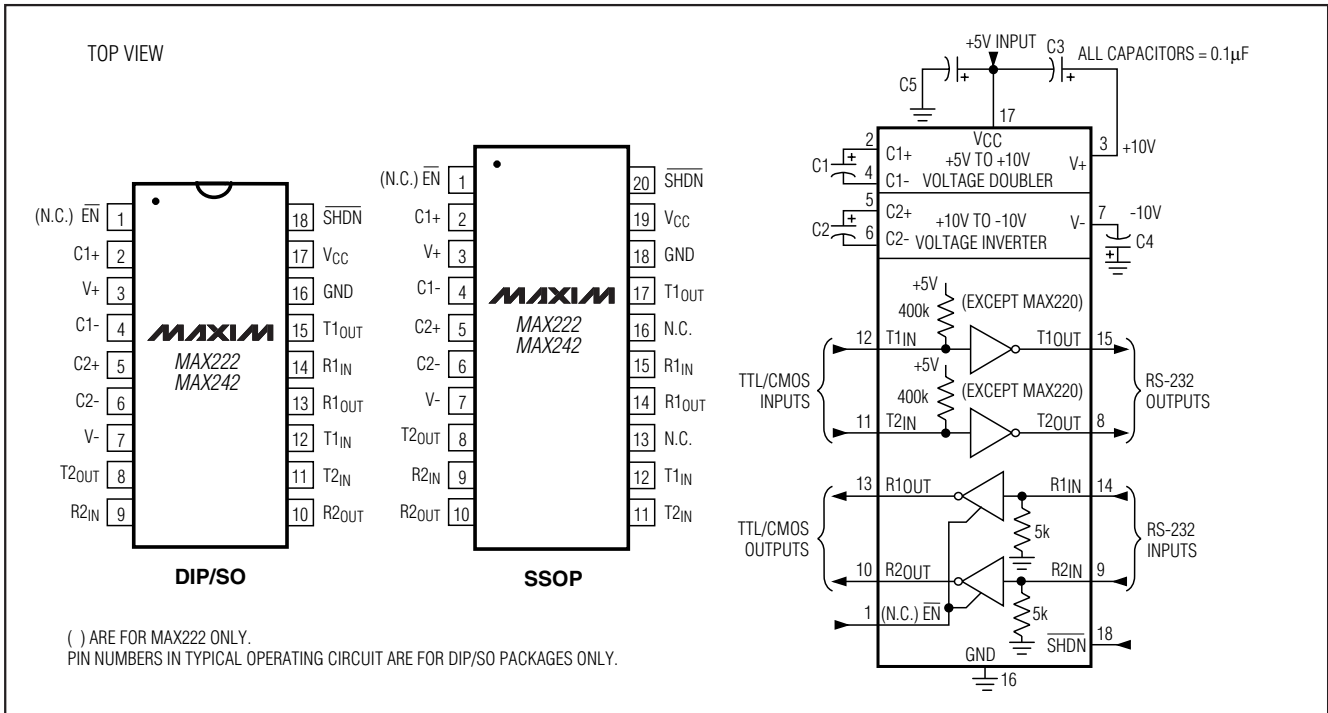


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

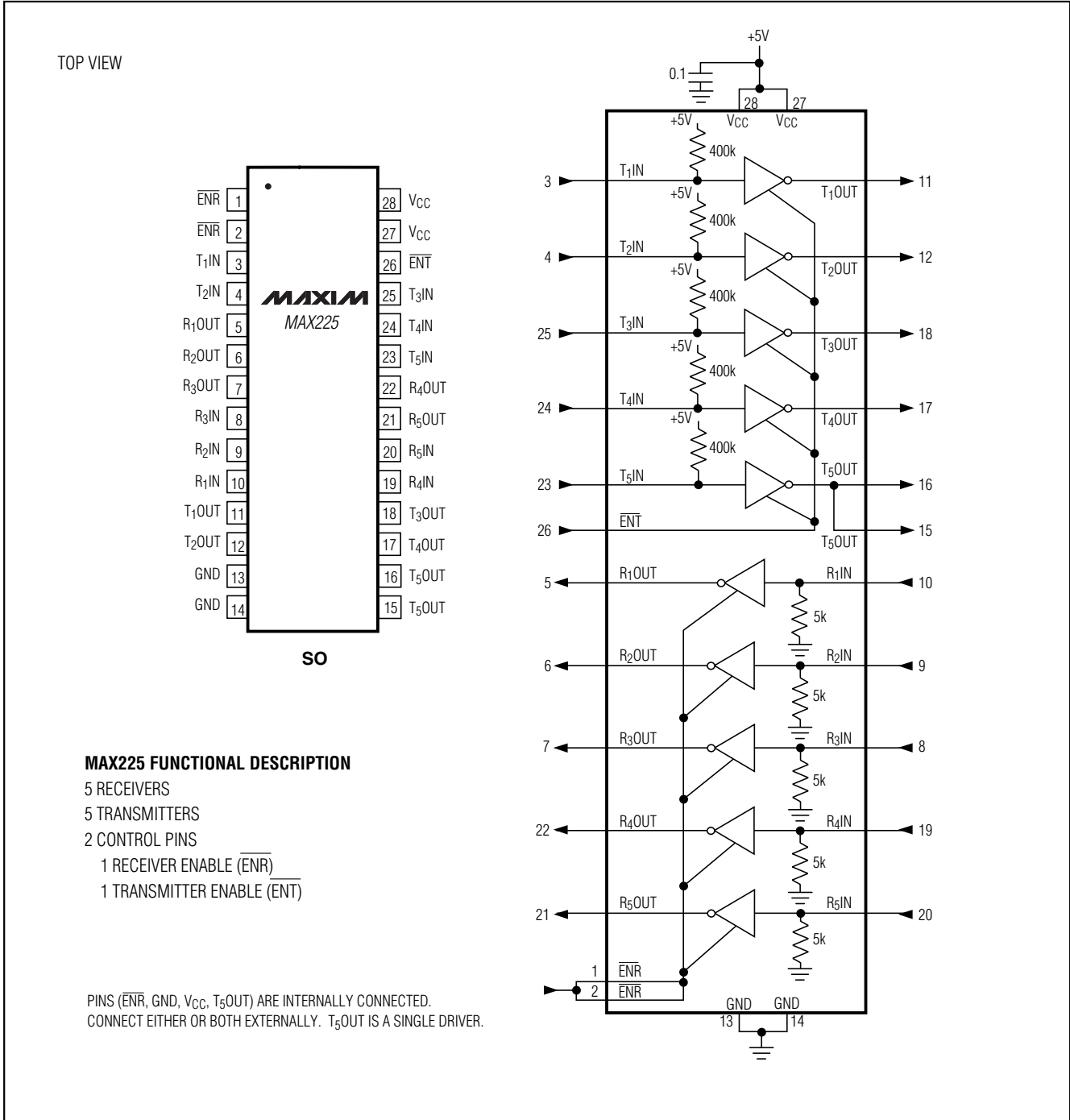


Figure 7. MAX225 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

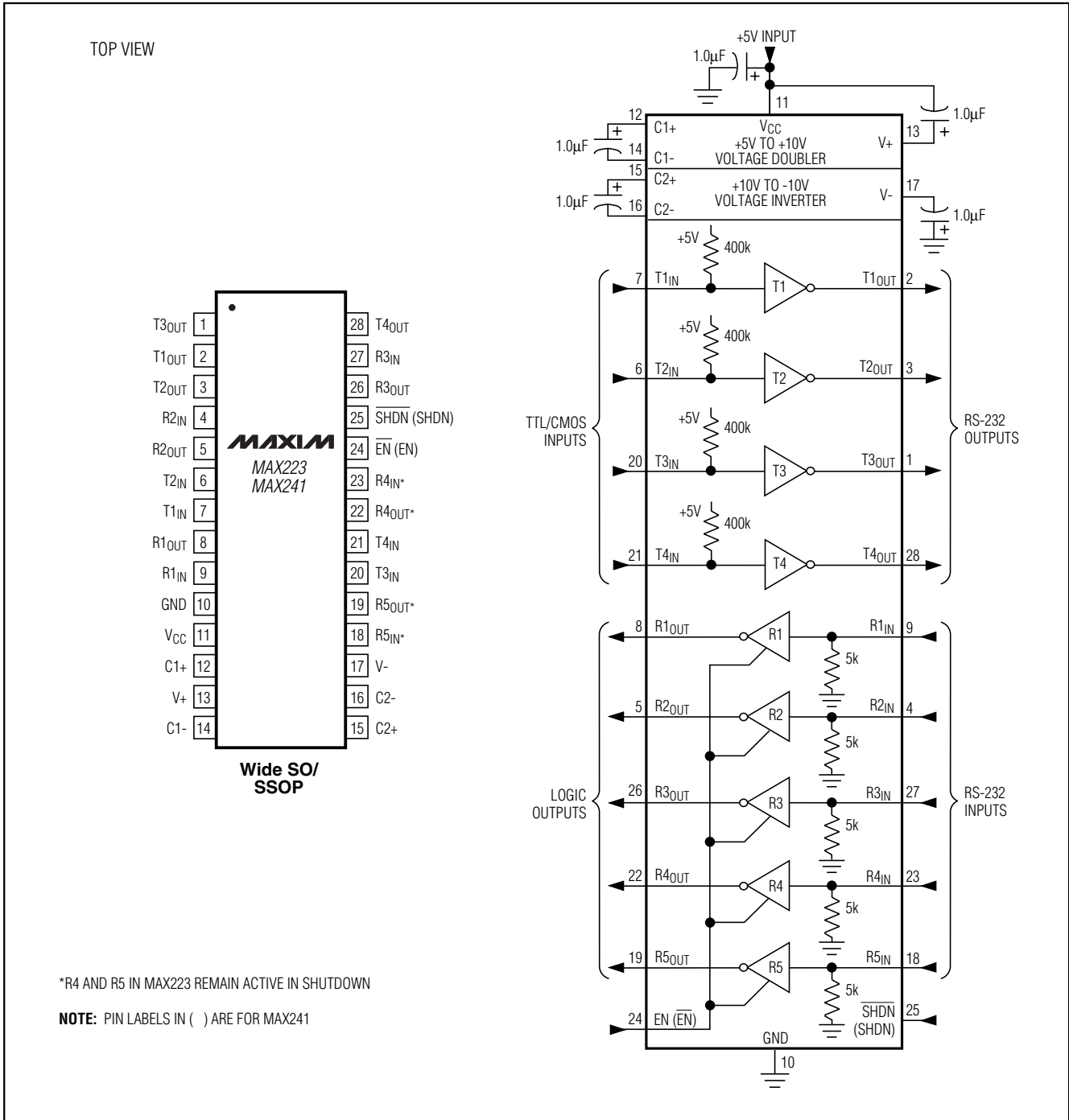


Figure 8. MAX223/MAX241 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

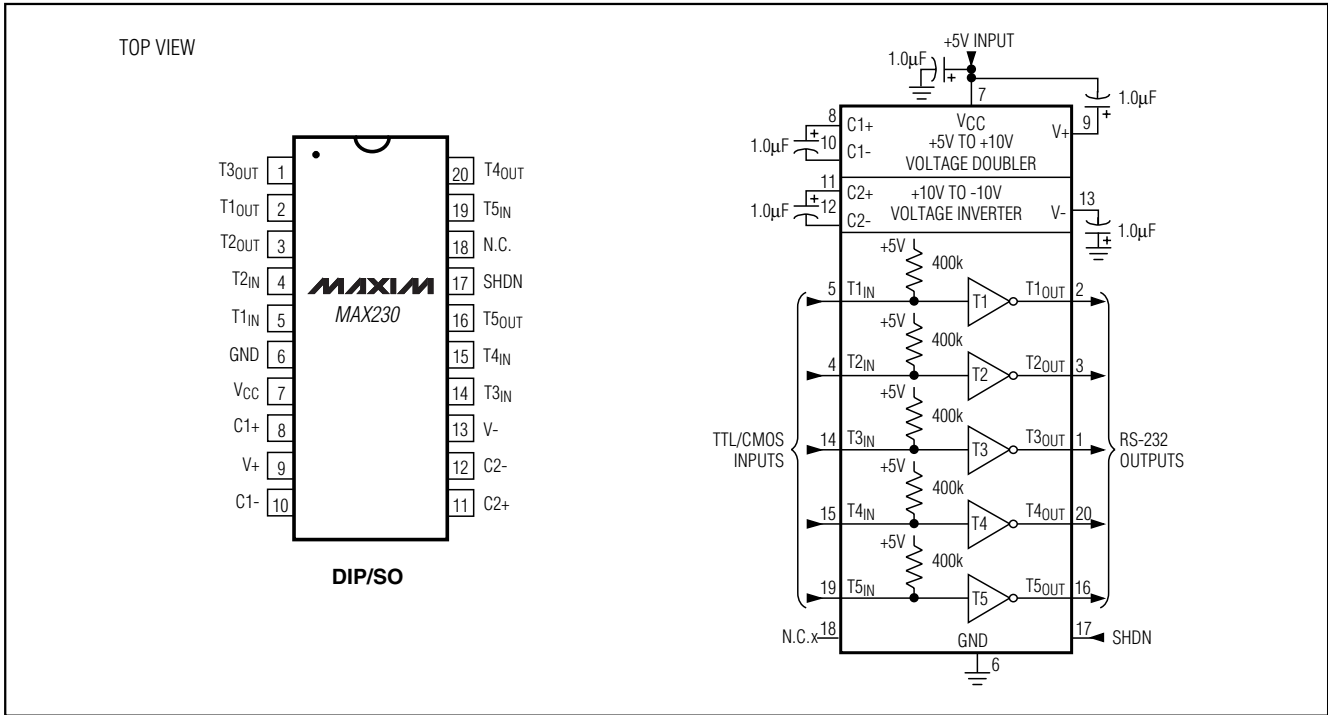


Figure 9. MAX230 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

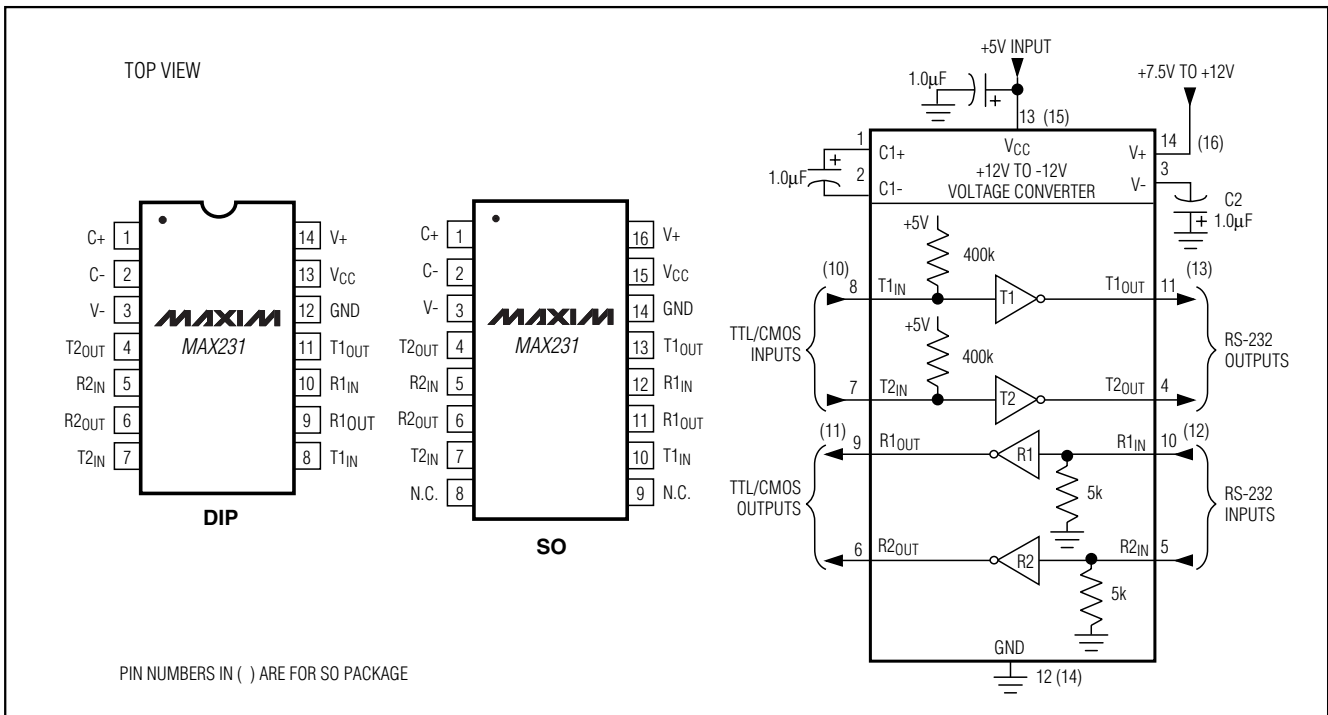


Figure 10. MAX231 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

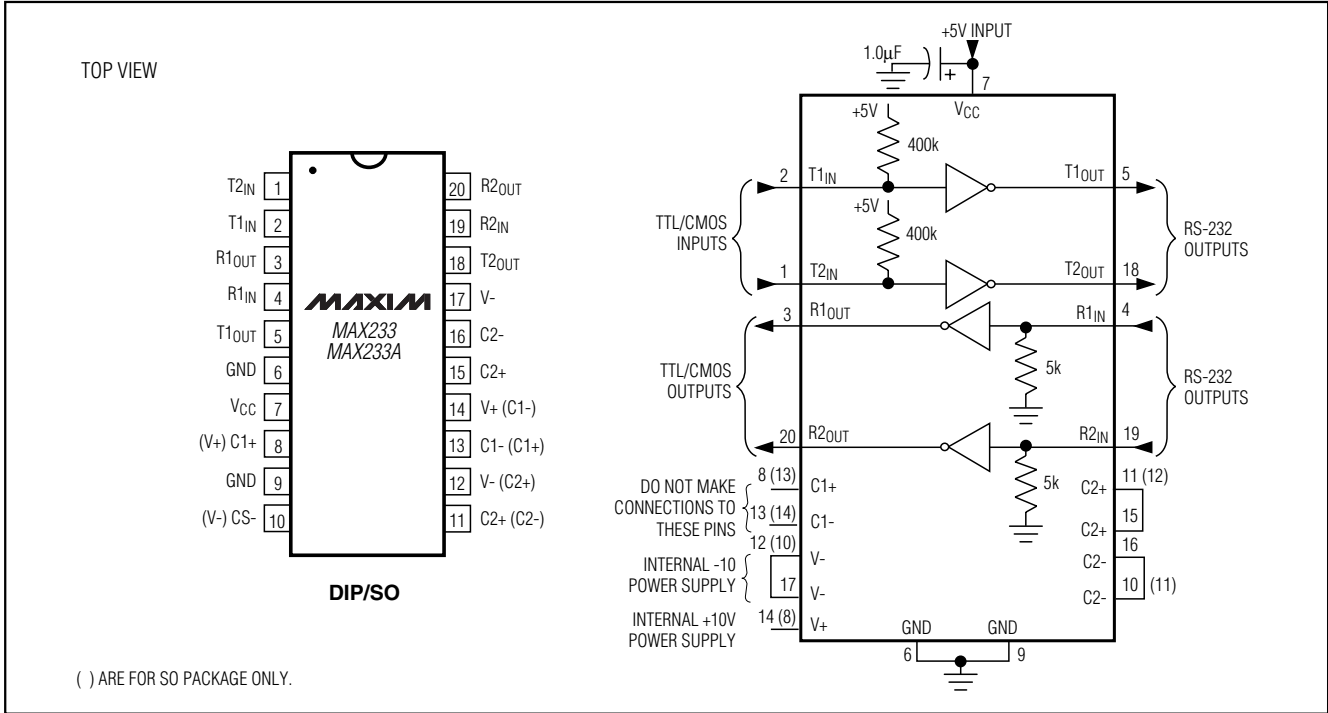


Figure 11. MAX233/MAX233A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

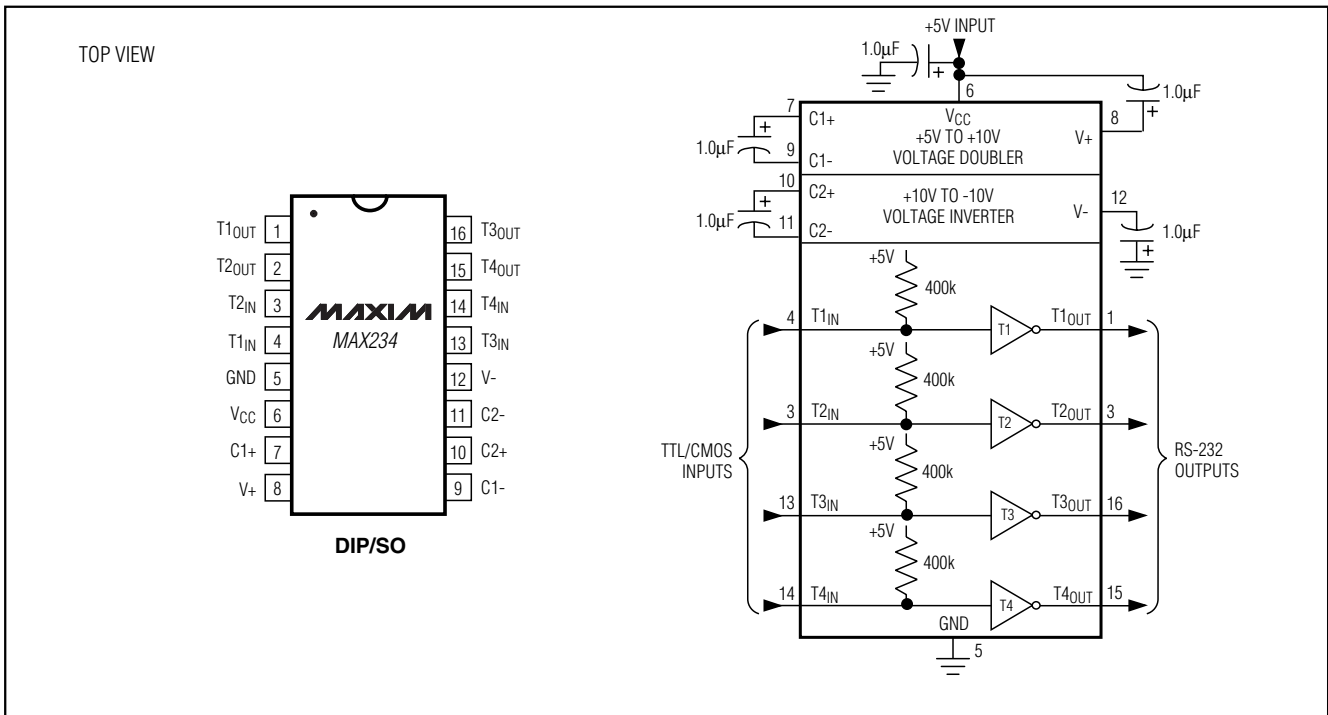
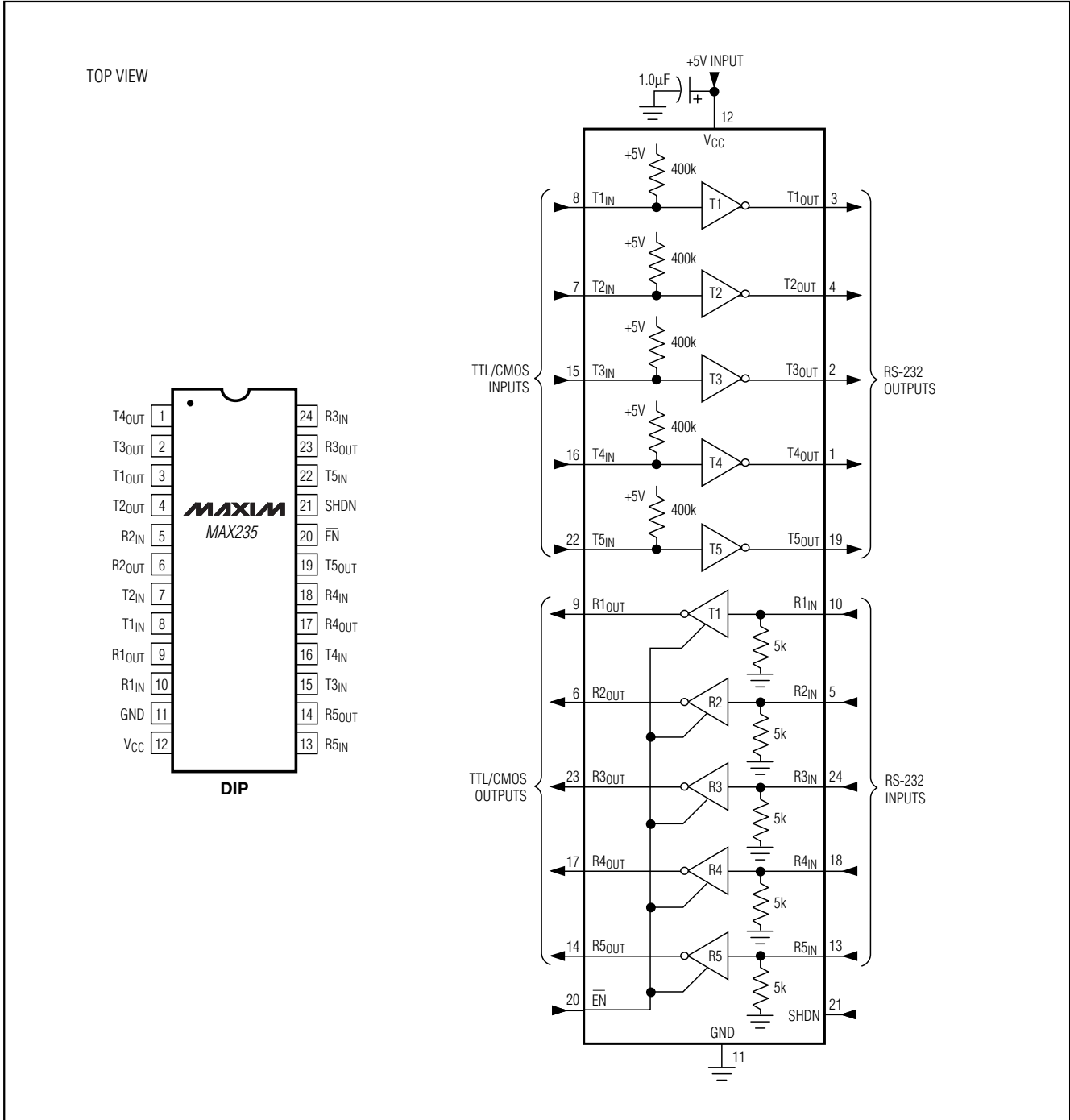


Figure 12. MAX234 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX2220-MAX249

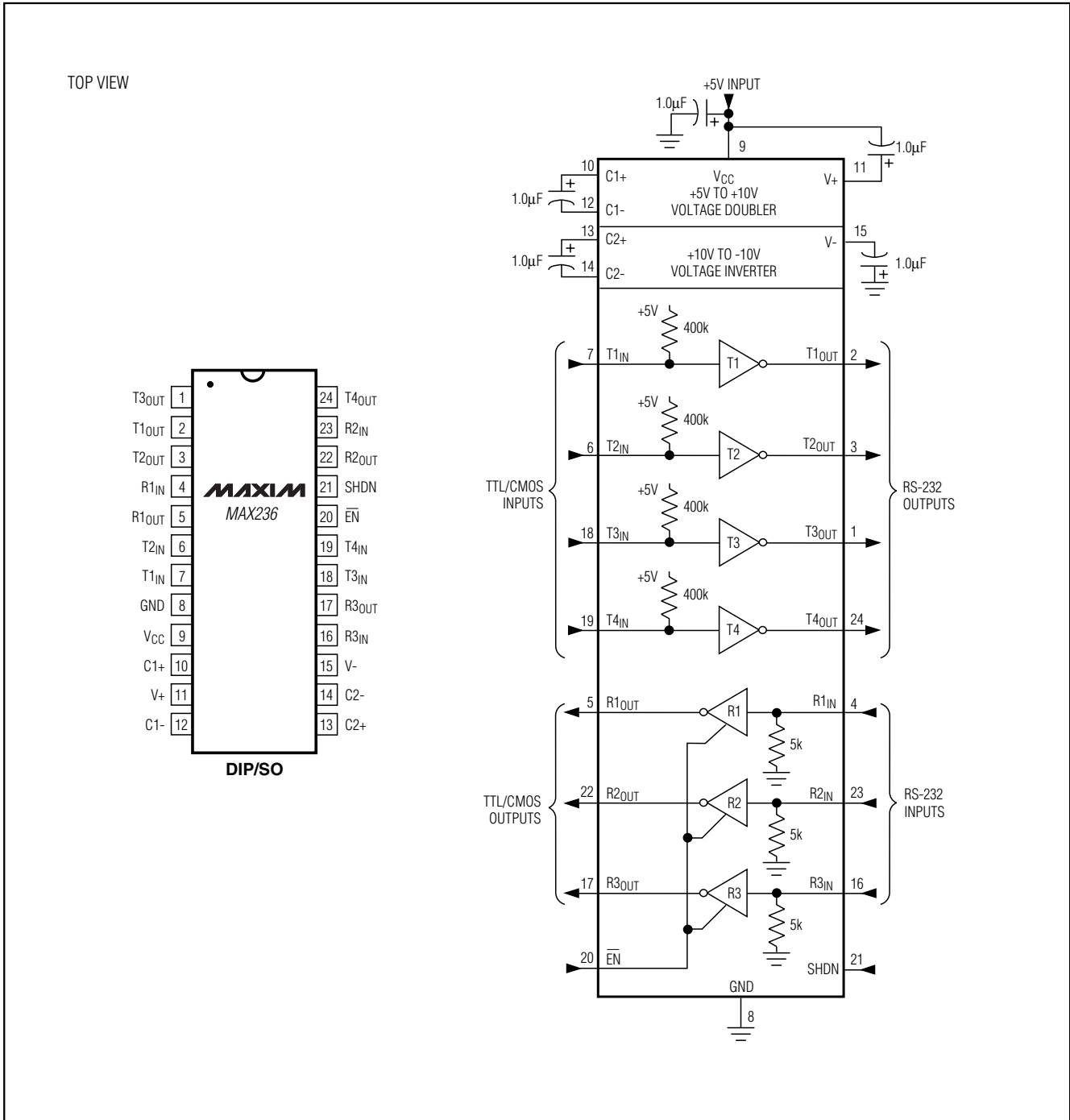


Figure 14. MAX236 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

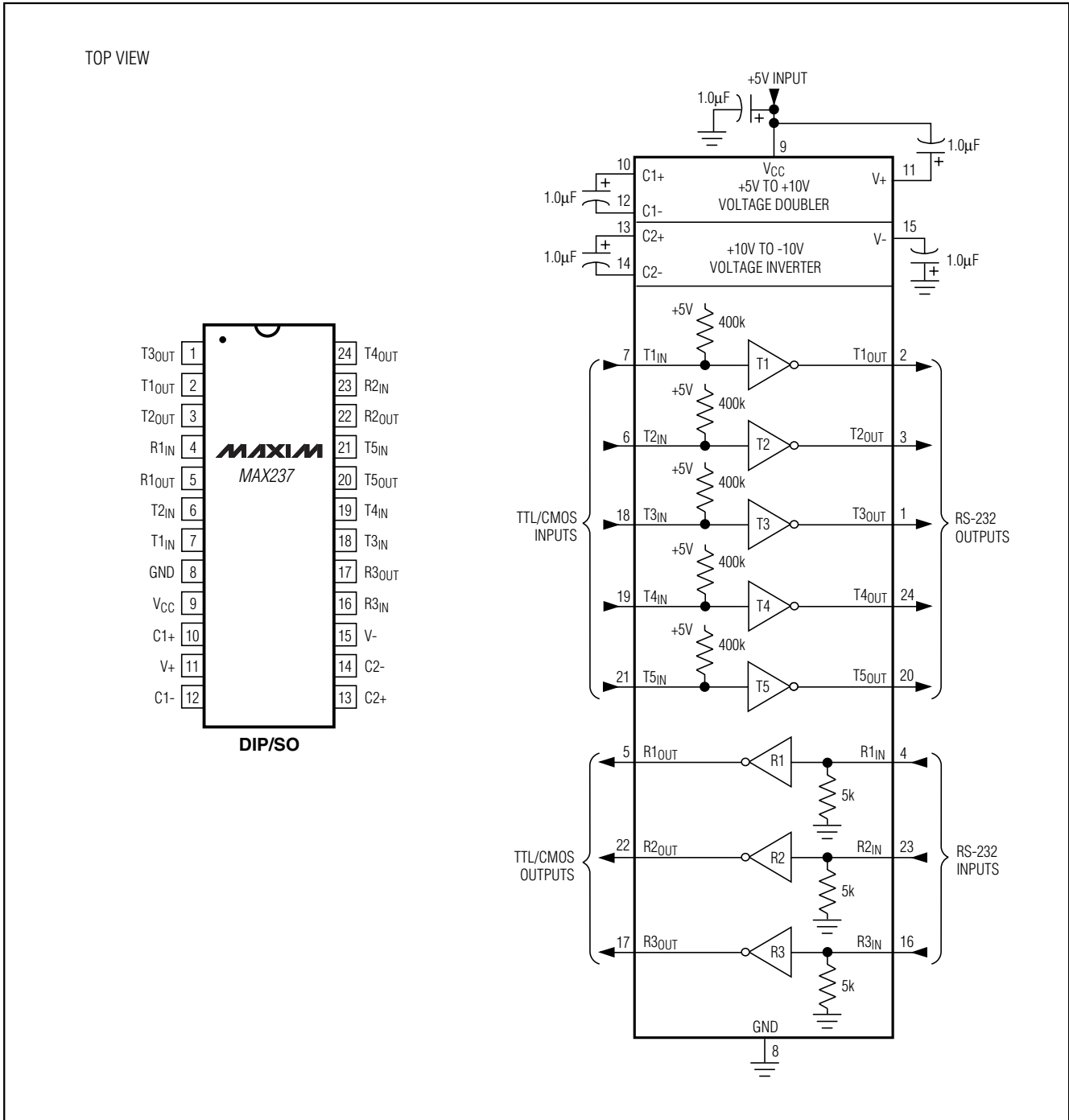
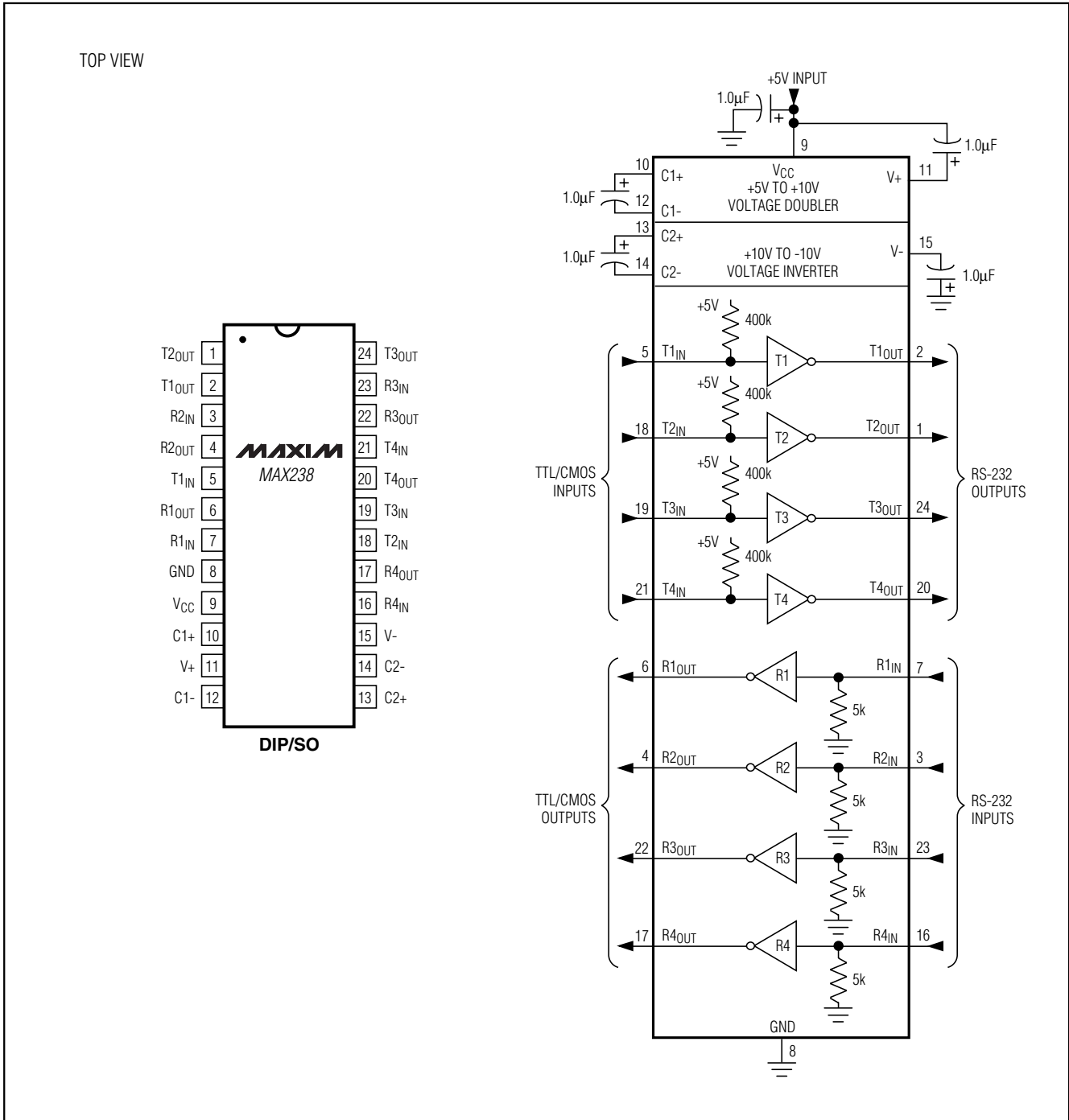


Figure 15. MAX237 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249



+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

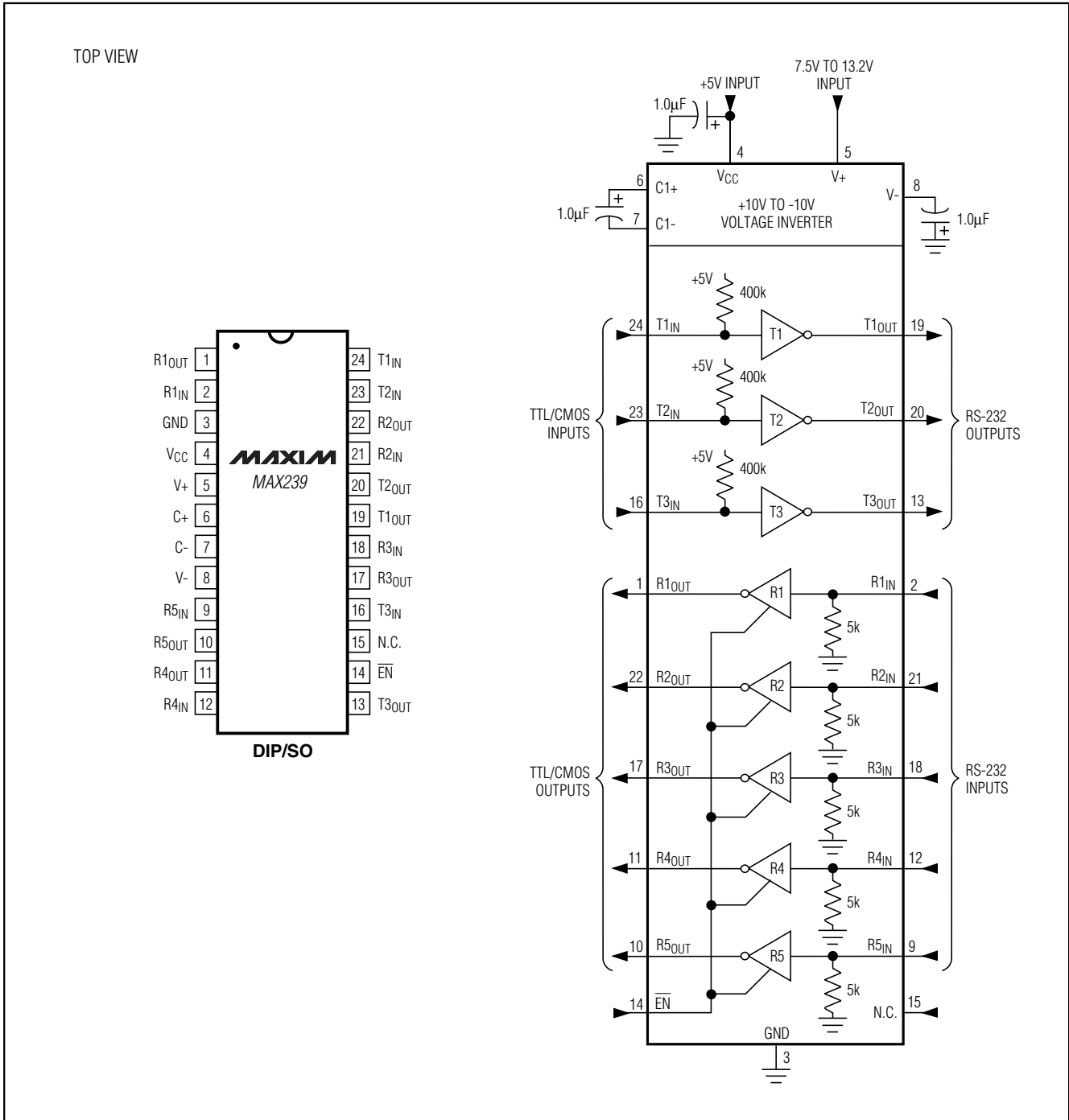


Figure 17. MAX239 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

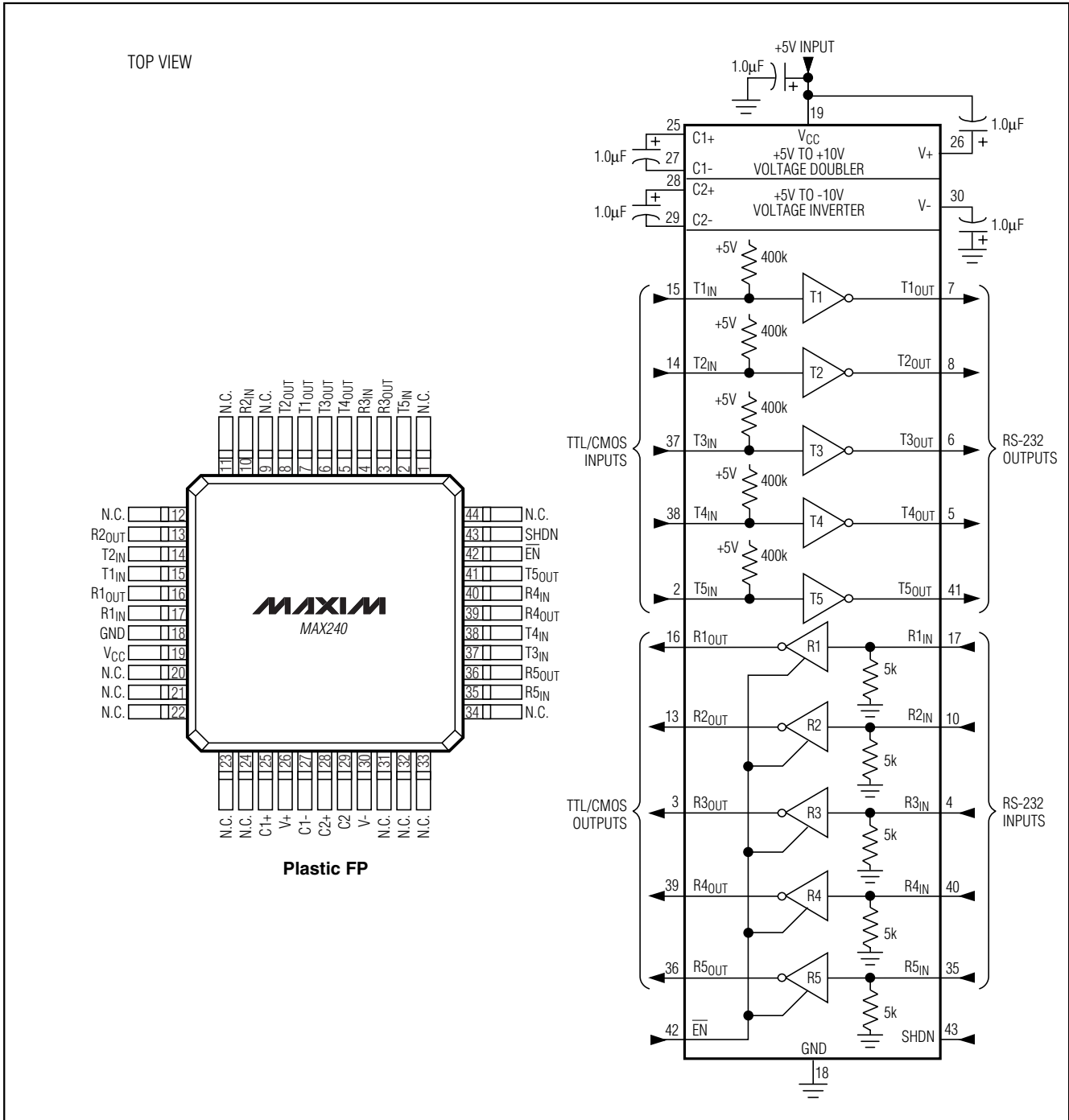


Figure 18. MAX240 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

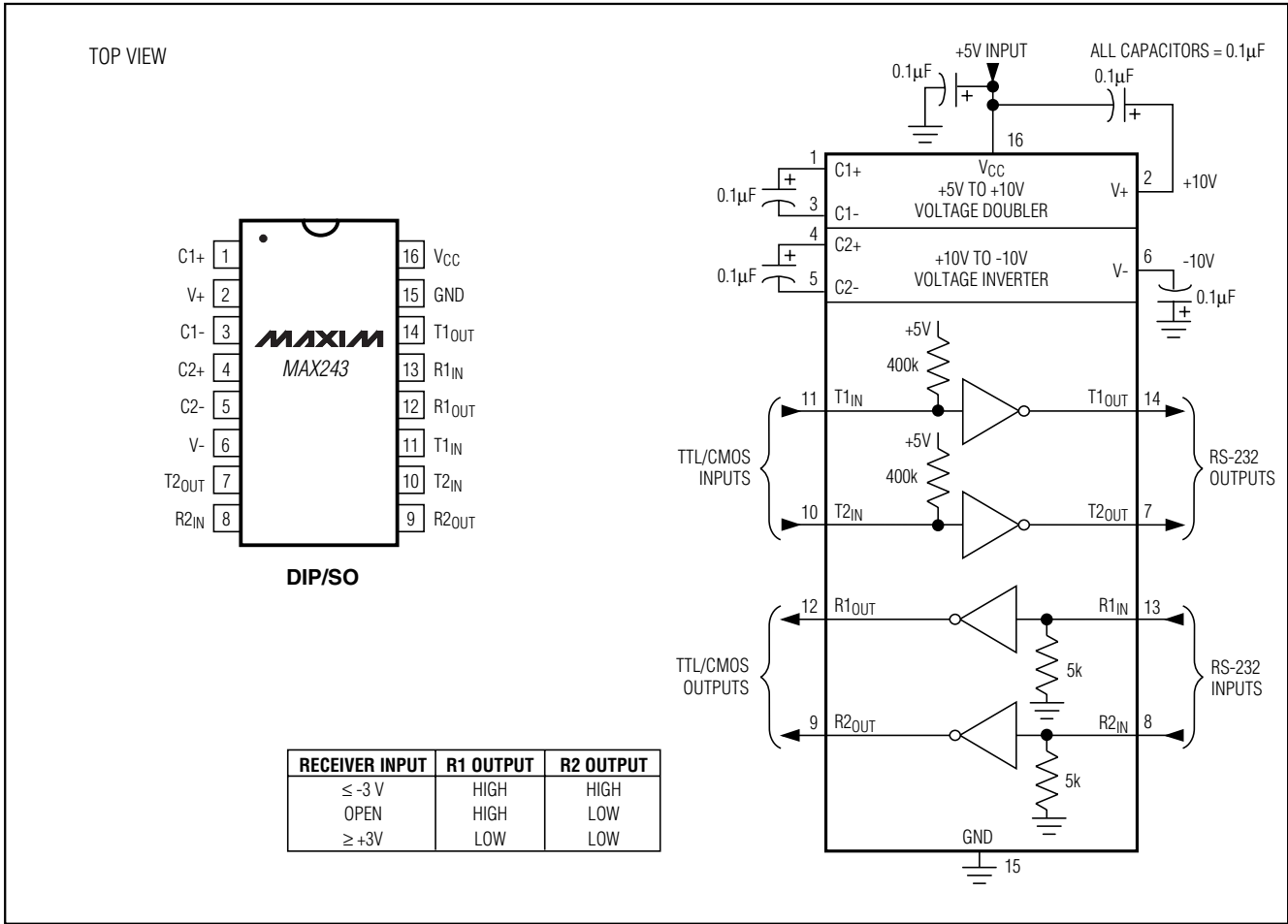


Figure 19. MAX243 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

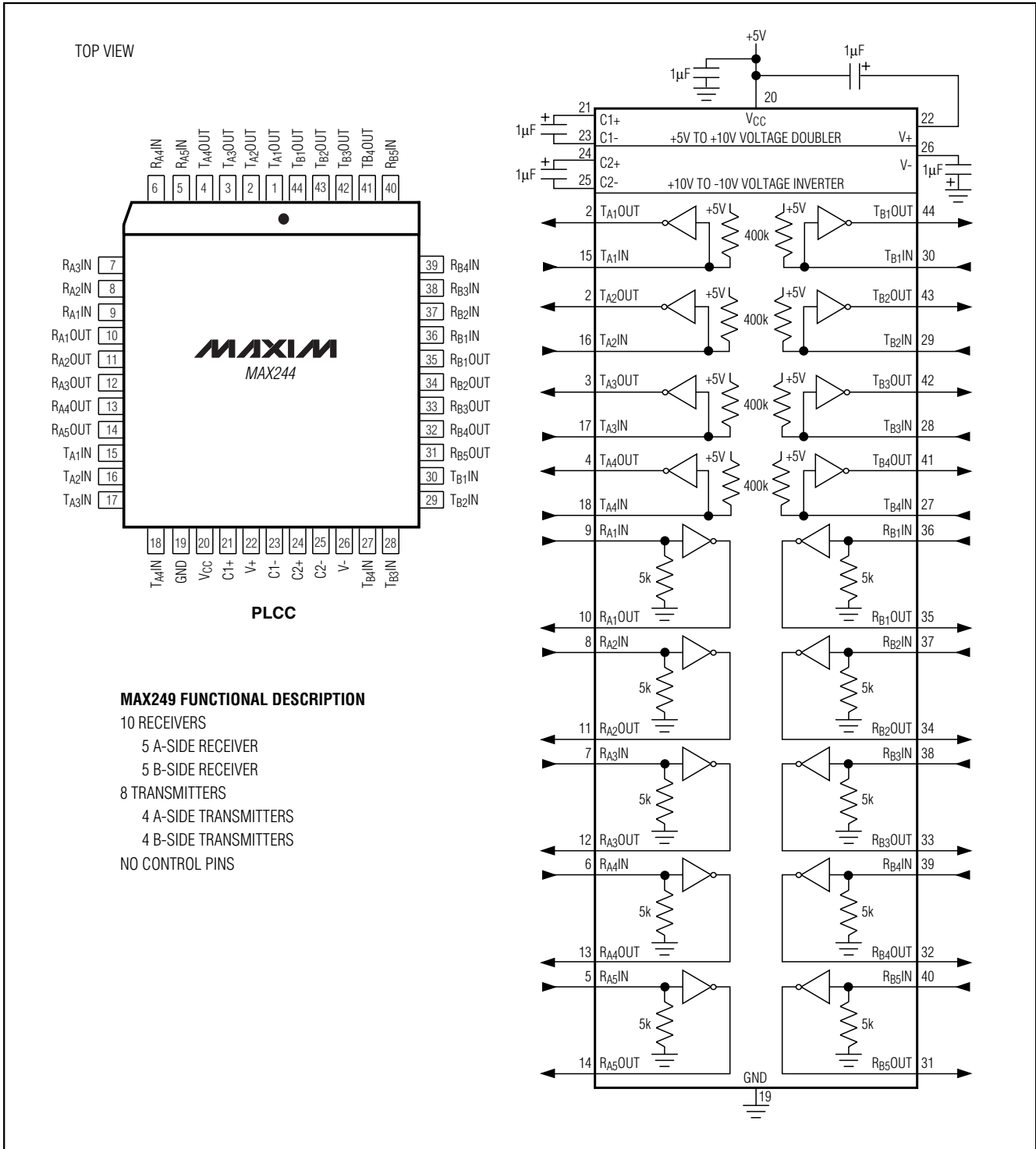


Figure 20. MAX244 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

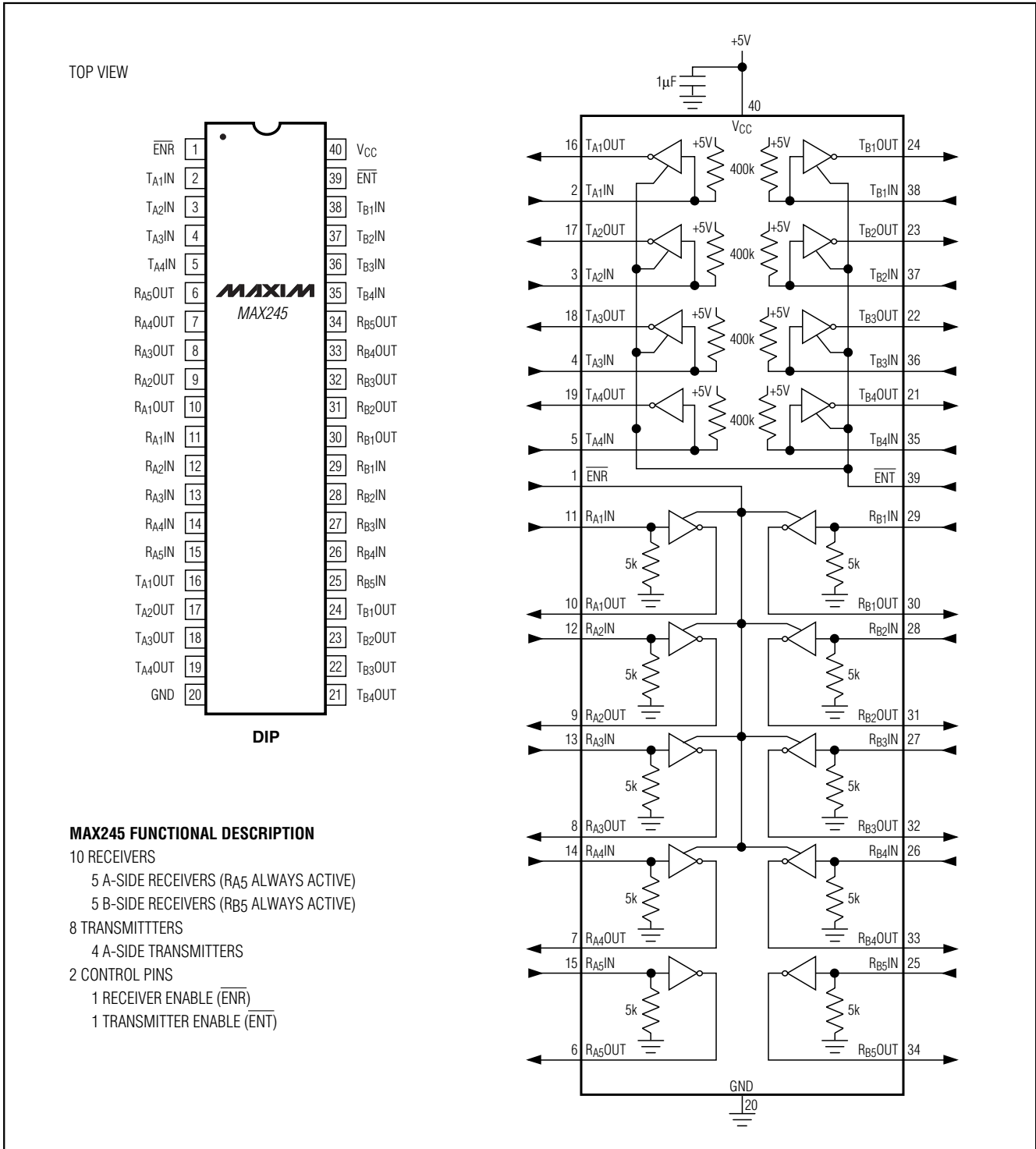


Figure 21. MAX245 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

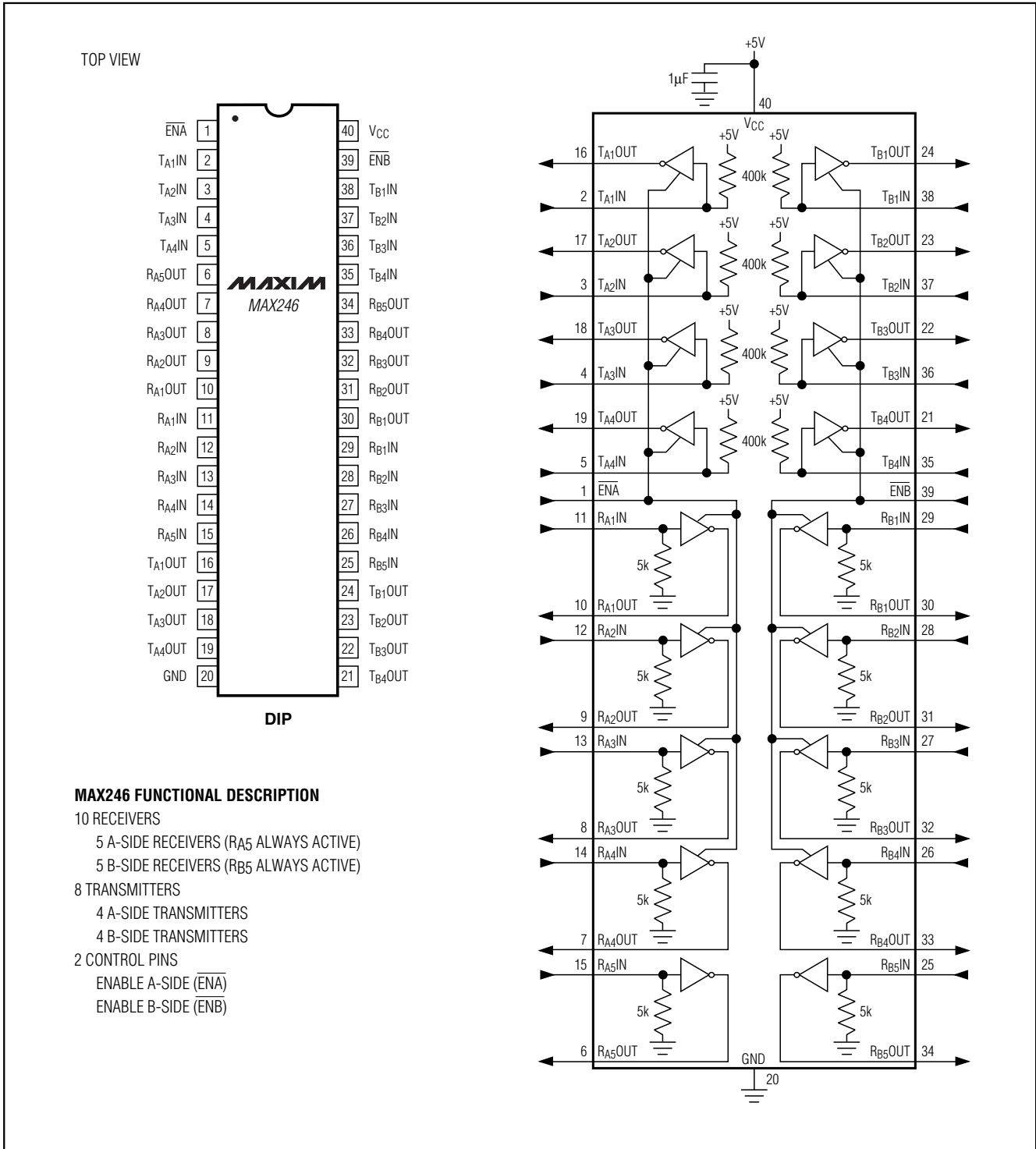
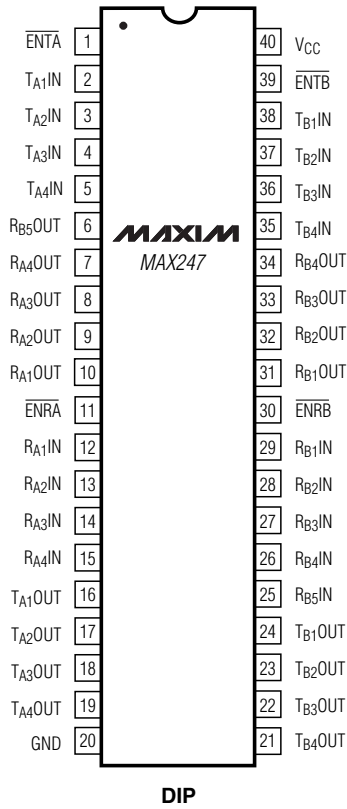


Figure 22. MAX246 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

TOP VIEW



MAX247 FUNCTIONAL DESCRIPTION

- 9 RECEIVERS
 - 4 A-SIDE RECEIVERS
 - 5 B-SIDE RECEIVERS (RB5 ALWAYS ACTIVE)
- 8 TRANSMITTERS
 - 4 A-SIDE TRANSMITTERS
 - 4 B-SIDE TRANSMITTERS
- 4 CONTROL PINS
 - ENABLE RECEIVER A-SIDE ($\overline{\text{ENRA}}$)
 - ENABLE RECEIVER B-SIDE ($\overline{\text{ENRB}}$)
 - ENABLE RECEIVER A-SIDE ($\overline{\text{ENTA}}$)
 - ENABLE RECEIVER B-SIDE ($\overline{\text{ENTB}}$)

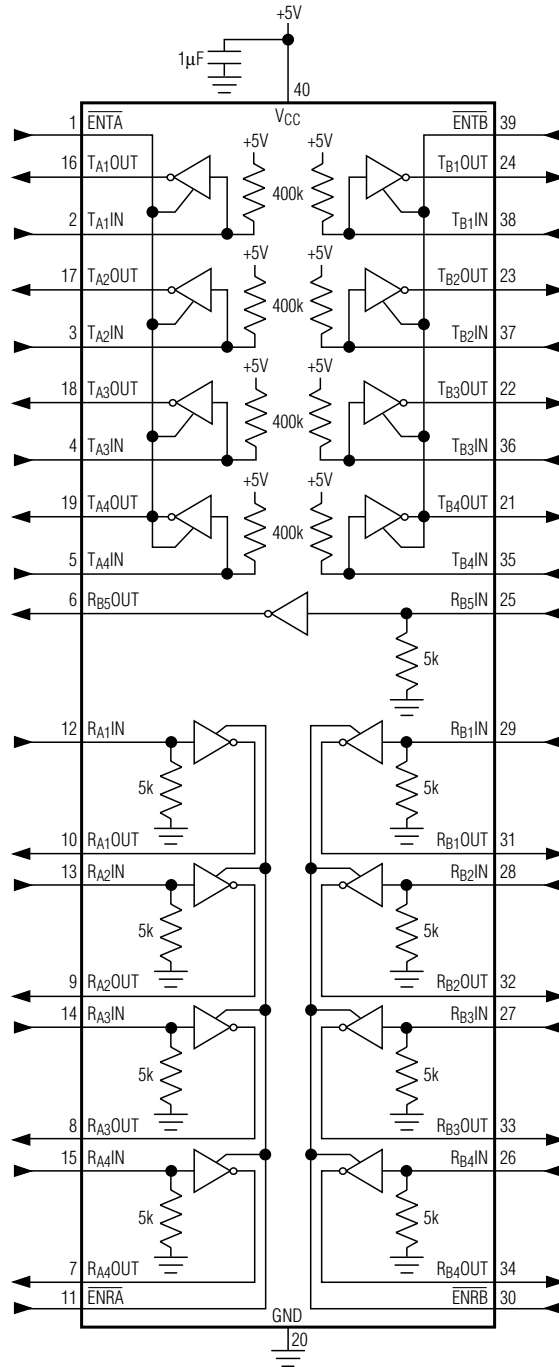


Figure 23. MAX247 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

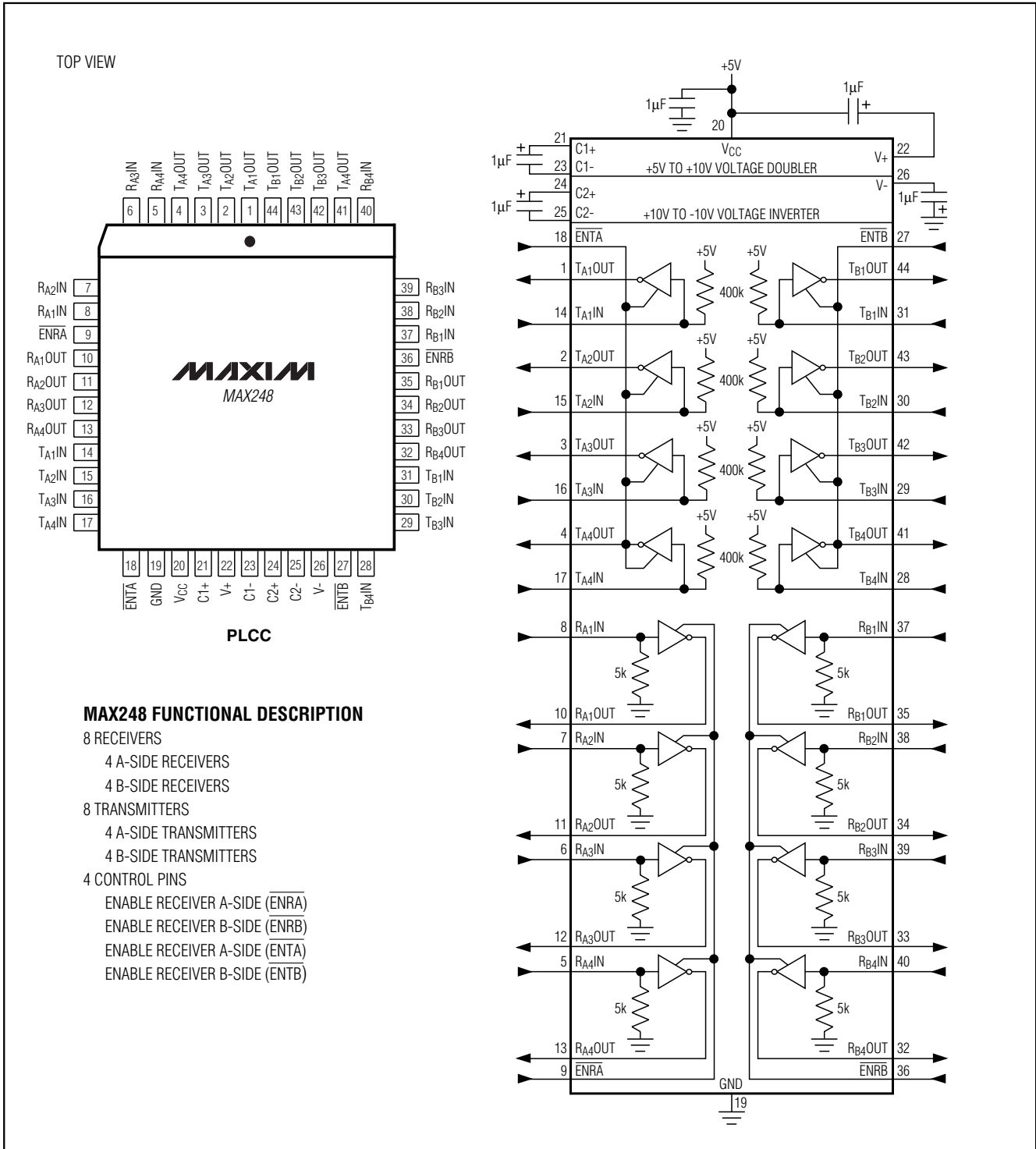
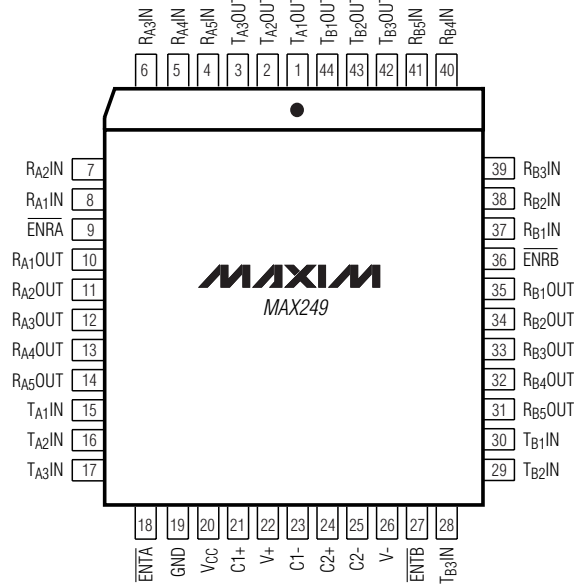


Figure 24. MAX248 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

TOP VIEW



PLCC

MAX249 FUNCTIONAL DESCRIPTION

- 10 RECEIVERS
 - 5 A-SIDE RECEIVERS
 - 5 B-SIDE RECEIVERS
- 6 TRANSMITTERS
 - 3 A-SIDE TRANSMITTERS
 - 3 B-SIDE TRANSMITTERS
- 4 CONTROL PINS
 - ENABLE RECEIVER A-SIDE (ENRA)
 - ENABLE RECEIVER B-SIDE (ENRB)
 - ENABLE RECEIVER A-SIDE (ENTA)
 - ENABLE RECEIVER B-SIDE (ENTB)

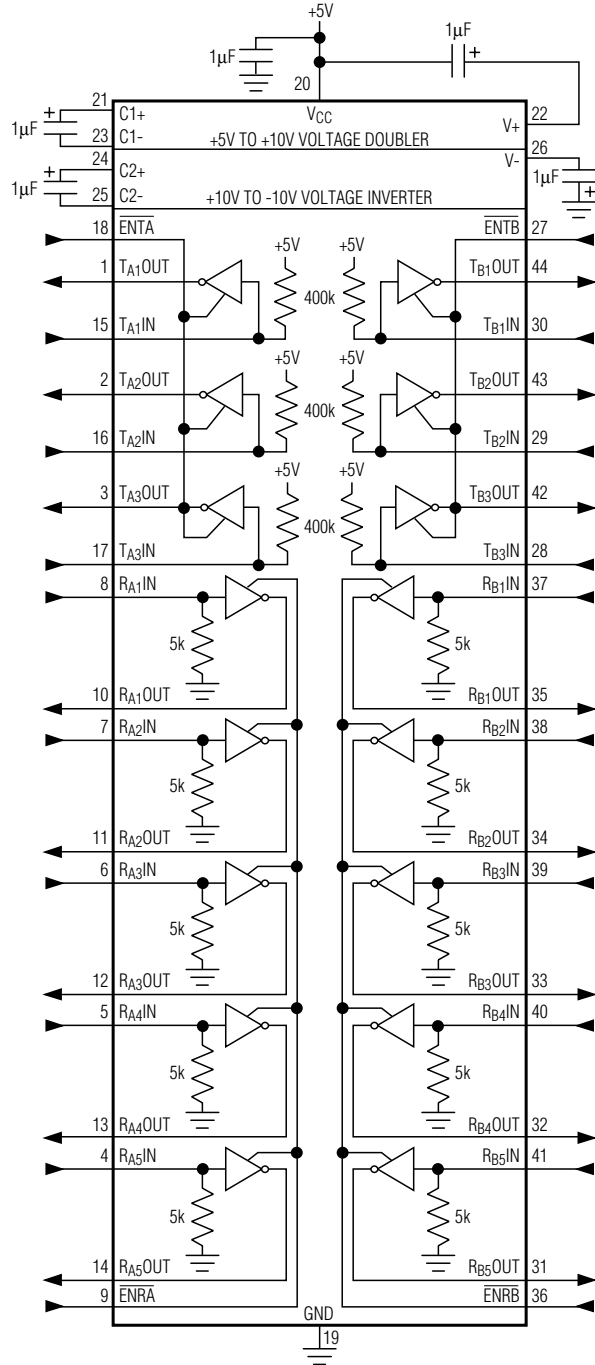


Figure 25. MAX249 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

MAX220-MAX249

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222 CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223 CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225 CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230 CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231 CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232 CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232A CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO

MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AML P	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233 CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233A CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234 CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235 CPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236 CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX237 CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX238 CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

* Contact factory for dice specifications.

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX238EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX238ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX238MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX239CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX239C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX239ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX239EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX239ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX239MRG	-55°C to +125°C	24 Narrow CERDIP
MAX240CMH	0°C to +70°C	44 Plastic FP
MAX240C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX241CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX241C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX241EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX241EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX242CAP	0°C to +70°C	20 SSOP
MAX242CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX242CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX242C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX242EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX242EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX242EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX242MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP

MAX243CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX243CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX243CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX243C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX243EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX243ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX243EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX243EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX243MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX244CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX244C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX244EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX245CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX245C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX245EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX246CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX246C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX246EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX247CPL	0°C to +70°C	40 Plastic DIP
MAX247C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX247EPL	-40°C to +85°C	40 Plastic DIP
MAX248CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX248C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX248EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC
MAX249CQH	0°C to +70°C	44 PLCC
MAX249EQH	-40°C to +85°C	44 PLCC

* Contact factory for dice specifications.

Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

36 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600**

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX5050/MPXV5050G series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated Over - 40° to +125°C
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unibody Element
- Easy-to-Use Chip Carrier Option

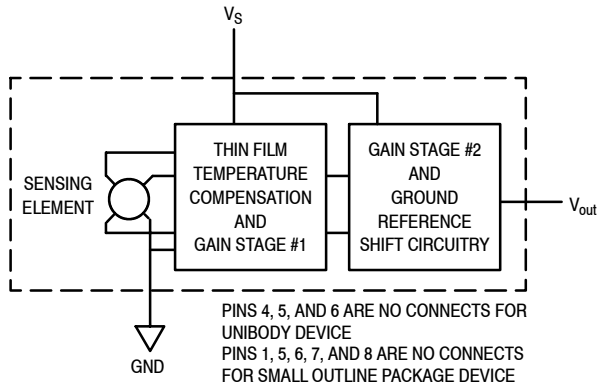


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

**SMALL OUTLINE PACKAGE
 SURFACE MOUNT**

**MPXV5050GP
 CASE 1369**

**MPXV5050DP
 CASE 1351**

PIN NUMBER			
1	N/C	5	N/C
2	V _S	6	N/C
3	Gnd	7	N/C
4	V _{out}	8	N/C

NOTE: Pins 1, 5, 6, 7, and 8 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

**MPX5050
 MPXV5050G
 SERIES**

Freescale Semiconductor Preferred Device

**INTEGRATED
 PRESSURE SENSOR**
 0 to 50 kPa (0 to 7.25 psi)
 0.2 to 4.7 Volts Output

UNIBODY PACKAGE

**MPX5050D
 CASE 867**

**MPX5050GP
 CASE 867B**

**MPX5050DP
 CASE 867C**

PIN NUMBER			
1	V _{out}	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	V _S	6	N/C

NOTE: Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

MAXIMUM RATINGS(NOTE)

Parametrics	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P _{max}	200	kPa
Storage Temperature	T _{stg}	-40° to +125°	°C
Operating Temperature	T _A	-40° to +125°	°C

NOTE: Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

OPERATING CHARACTERISTICS (V_S = 5.0 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2. Decoupling circuit shown in Figure 4 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾	P _{OP}	0	—	50	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V _S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I _o	—	7.0	10.0	mAdc
Minimum Pressure Offset ⁽³⁾ @ V _S = 5.0 Volts	V _{off}	0.088	0.20	0.313	Vdc
Full Scale Output ⁽⁴⁾ @ V _S = 5.0 Volts	V _{FSO}	4.587	4.70	4.813	Vdc
Full Scale Span ⁽⁵⁾ @ V _S = 5.0 Volts	V _{FSS}	—	4.50	—	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾	—	—	—	±2.5	%V _{FSS}
Sensitivity	V/P	—	90	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t _R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I _{o+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁹⁾	—	—	±0.5	—	%V _{FSS}

NOTES:

1. 1.0kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
2. Device is ratiometric within this specified excitation range.
3. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
4. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
5. Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
6. Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from minimum or maximum rated pressure at 25°C.
 - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
 - TcOffset: Output deviation with minimum pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
 - Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} at 25°C.
7. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
8. Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.
9. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Typ	Unit
Weight, Basic Element (Case 867)	4.0	grams
Weight, Basic Element (Case 1369)	1.5	grams

MPX5050 MPXV5050G SERIES

Figure 3 illustrates the Differential/Gauge Sensing Chip in the basic chip carrier (Case 867). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm.

The MPX5050/MPXV5050G series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the factory for

information regarding media compatibility in your application.

Figure 2 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0° to 85°C using the decoupling circuit shown in Figure 4. The output will saturate outside of the specified pressure range.

Figure 4 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

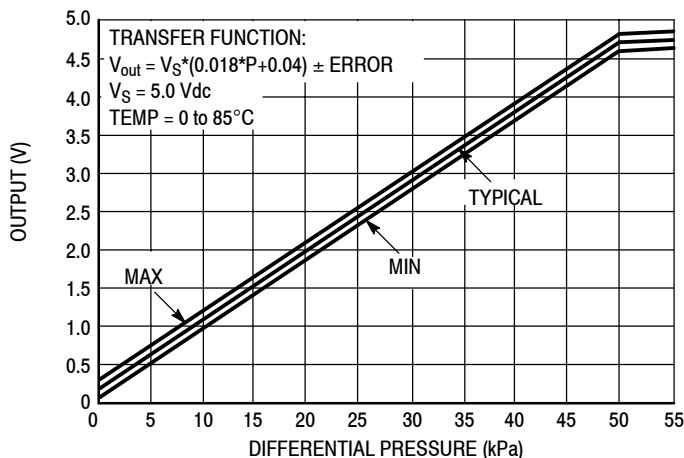


Figure 2. Output versus Pressure Differential

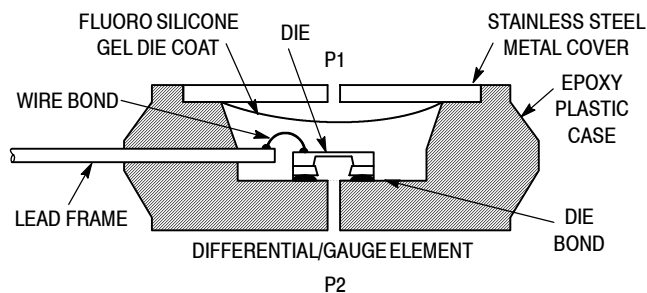


Figure 3. Cross-Sectional Diagram (Not to Scale)

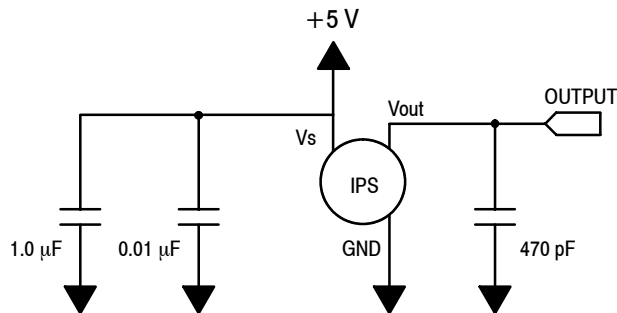
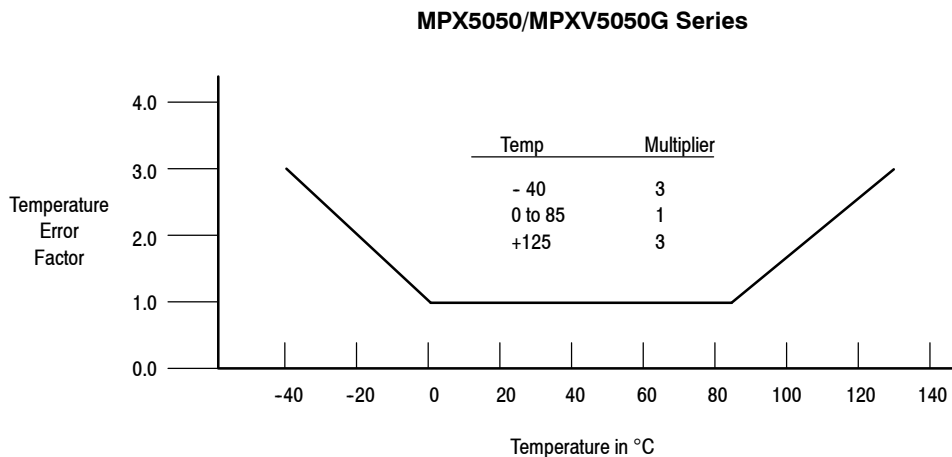


Figure 4. Recommended power supply decoupling and output filtering.
 For additional output filtering, please refer to Application Note AN1646.

Transfer Function

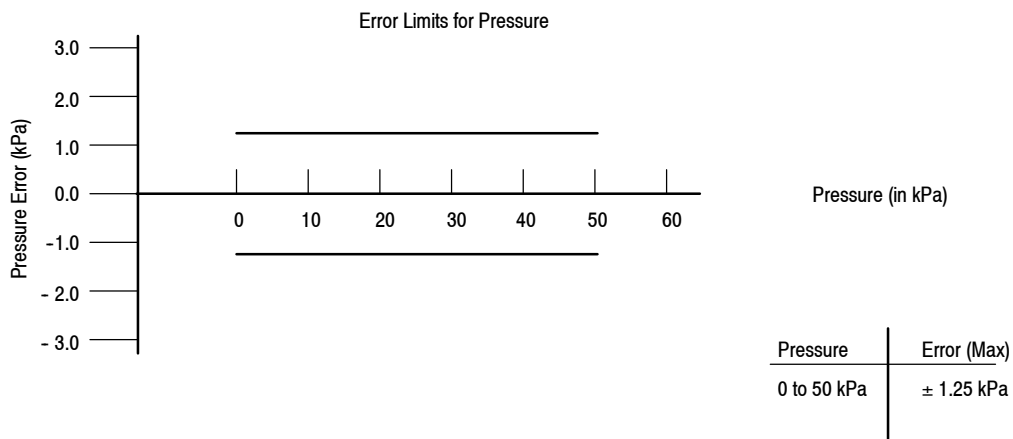
Nominal Transfer Value: $V_{out} = V_S (P \times 0.018 + 0.04)$
 $\pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.018 \times V_S)$
 $V_S = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$

Temperature Error Band



NOTE: The Temperature Multiplier is a linear response from 0° to -40°C and from 85° to 125°C.

Pressure Error Band



PRESSURE (P1) / VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

Freescale Semiconductor designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing fluoro-silicone gel which protects the die from harsh media. The Freescale Semiconductor MPX pressure sensor is designed

to operate with positive differential pressure applied, $P1 > P2$.

The Pressure (P1) side may be identified by using the table below:

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX5050D	867	Stainless Steel Cap
MPX5050DP	867C	Side with Part Marking
MPX5050GP	867B	Side with Port Attached
MPXV5050GP	1369	Side with Port Attached
MPXV5050DP	1351	Side with Part Marking

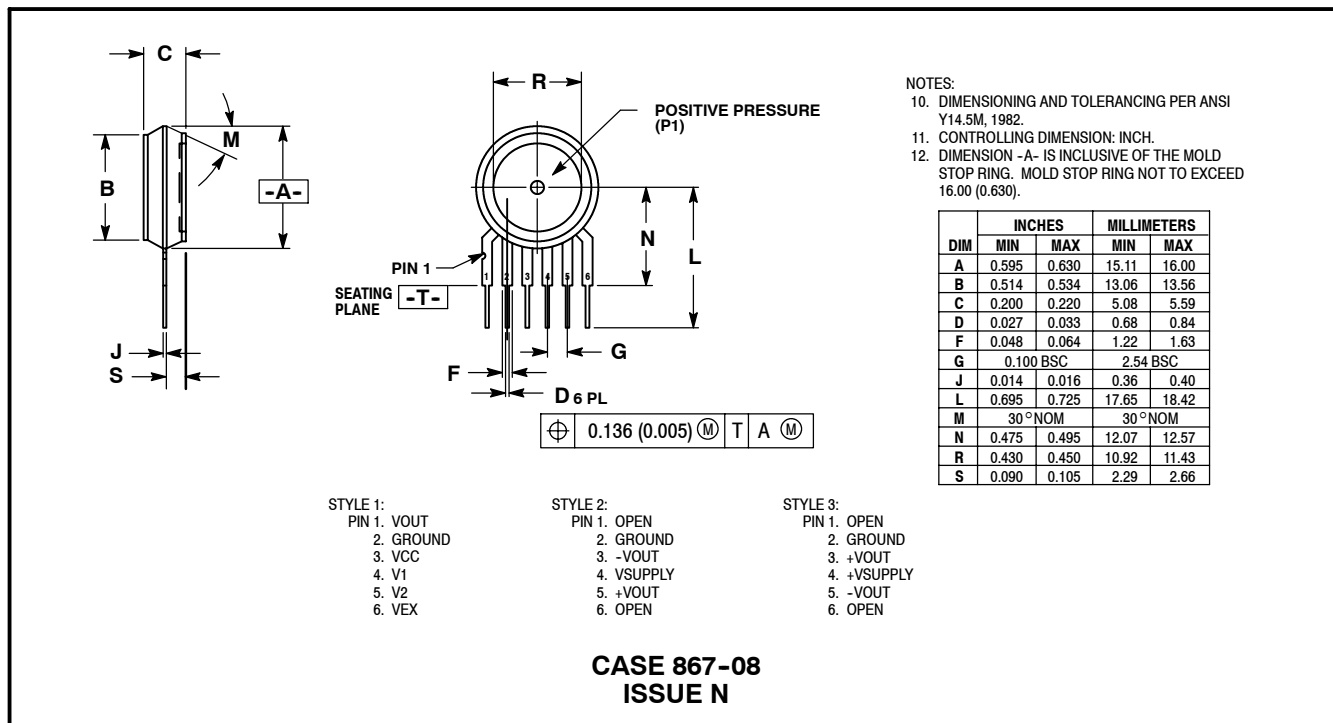
ORDERING INFORMATION — UNIBODY PACKAGE (MPX5050 SERIES)

Device Type	Options	Case Type	MPX Series	
			Order Number	Device Marking
Basic Element	Differential	867	MPX5050D	MPX5050D
Ported Elements	Differential Dual Ports	867C	MPX5050DP	MPX5050DP
	Gauge	867B	MPX5050GP	MPX5050GP

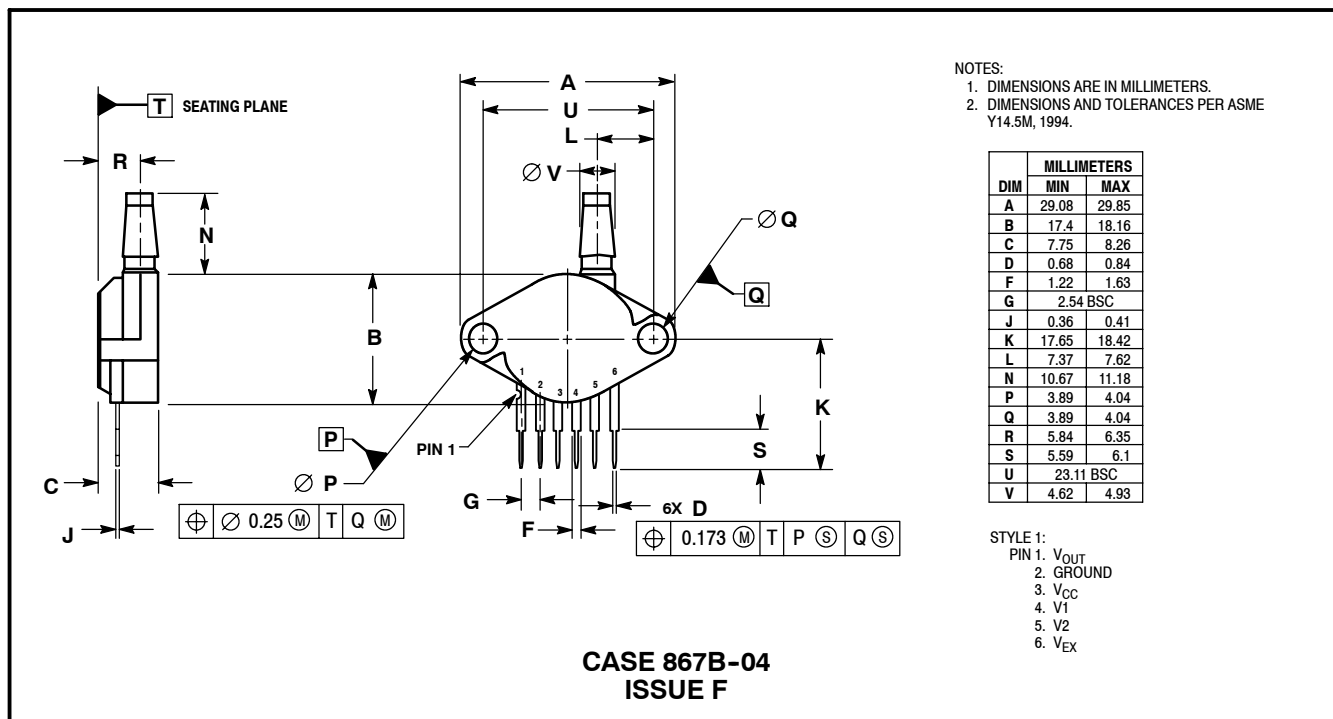
ORDERING INFORMATION — SMALL OUTLINE PACKAGE (MPXV5050G SERIES)

Device Type	Options	Case No.	MPX Series Order No.	Packing Options	Marking
Ported Elements	Side Port	1369	MPXV5050GP	Trays	MPXV5050G
	Dual Port	1351	MPXV5050DP	Trays	MPXV5050G

PACKAGE DIMENSIONS UNIBODY PACKAGE

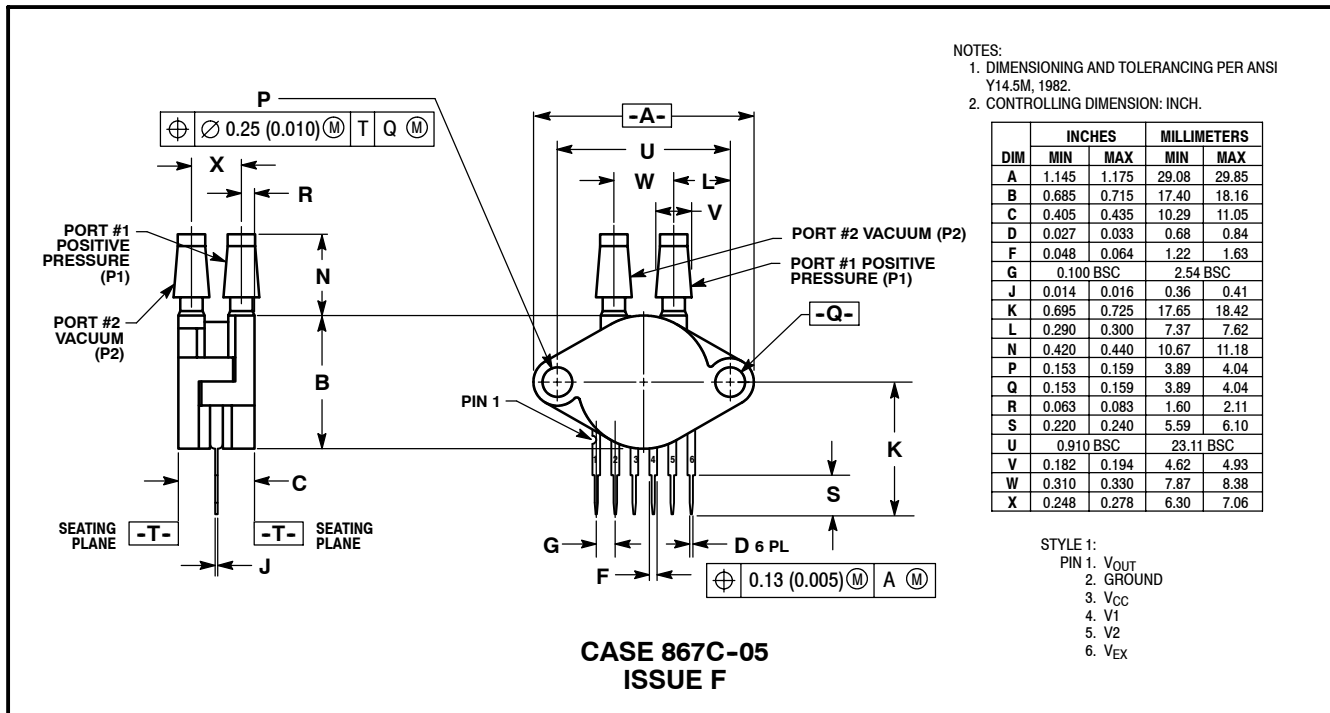


BASIC ELEMENT



PRESSURE SIDE PORTED (AP, GP)

**PACKAGE DIMENSIONS-CONTINUED
UNIBODY PACKAGE**



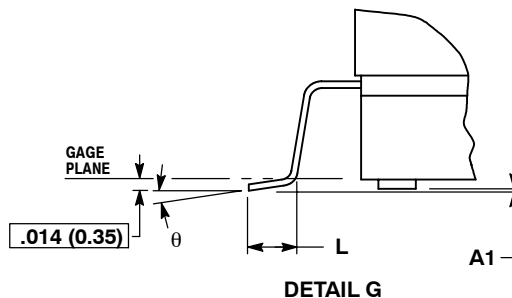
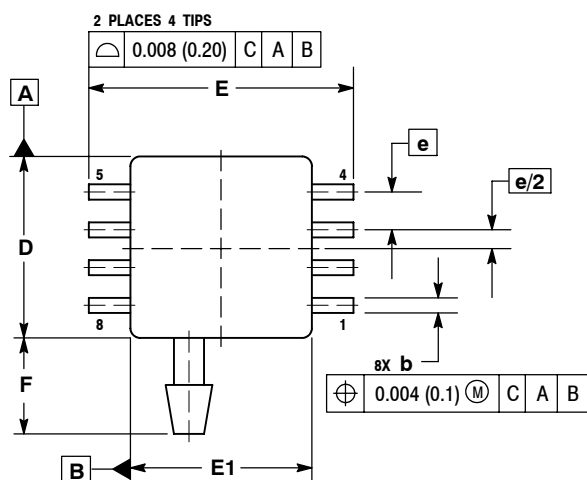
- NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.145	1.175	29.08	29.85
B	0.685	0.715	17.40	18.16
C	0.405	0.435	10.29	11.05
D	0.027	0.033	0.68	0.84
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.014	0.016	0.36	0.41
K	0.695	0.725	17.65	18.42
L	0.290	0.300	7.37	7.62
N	0.420	0.440	10.67	11.18
P	0.153	0.159	3.89	4.04
Q	0.153	0.159	3.89	4.04
R	0.063	0.083	1.60	2.11
S	0.220	0.240	5.59	6.10
U	0.910 BSC		23.11 BSC	
V	0.182	0.194	4.62	4.93
W	0.310	0.330	7.87	8.38
X	0.248	0.278	6.30	7.06

- STYLE 1:
 PIN 1. V_{OUT}
 2. GROUND
 3. V_{CC}
 4. V₁
 5. V₂
 6. V_{EX}

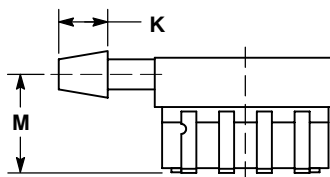
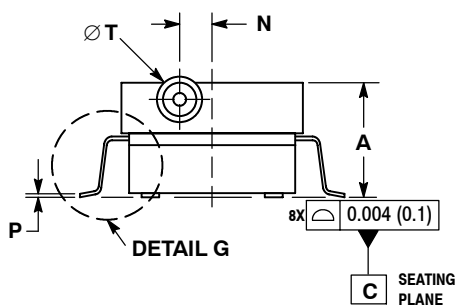
PRESSURE AND VACUUM SIDES PORTED (DP)

SMALL OUTLINE PACKAGE DIMENSIONS SURFACE MOUNT



NOTES:

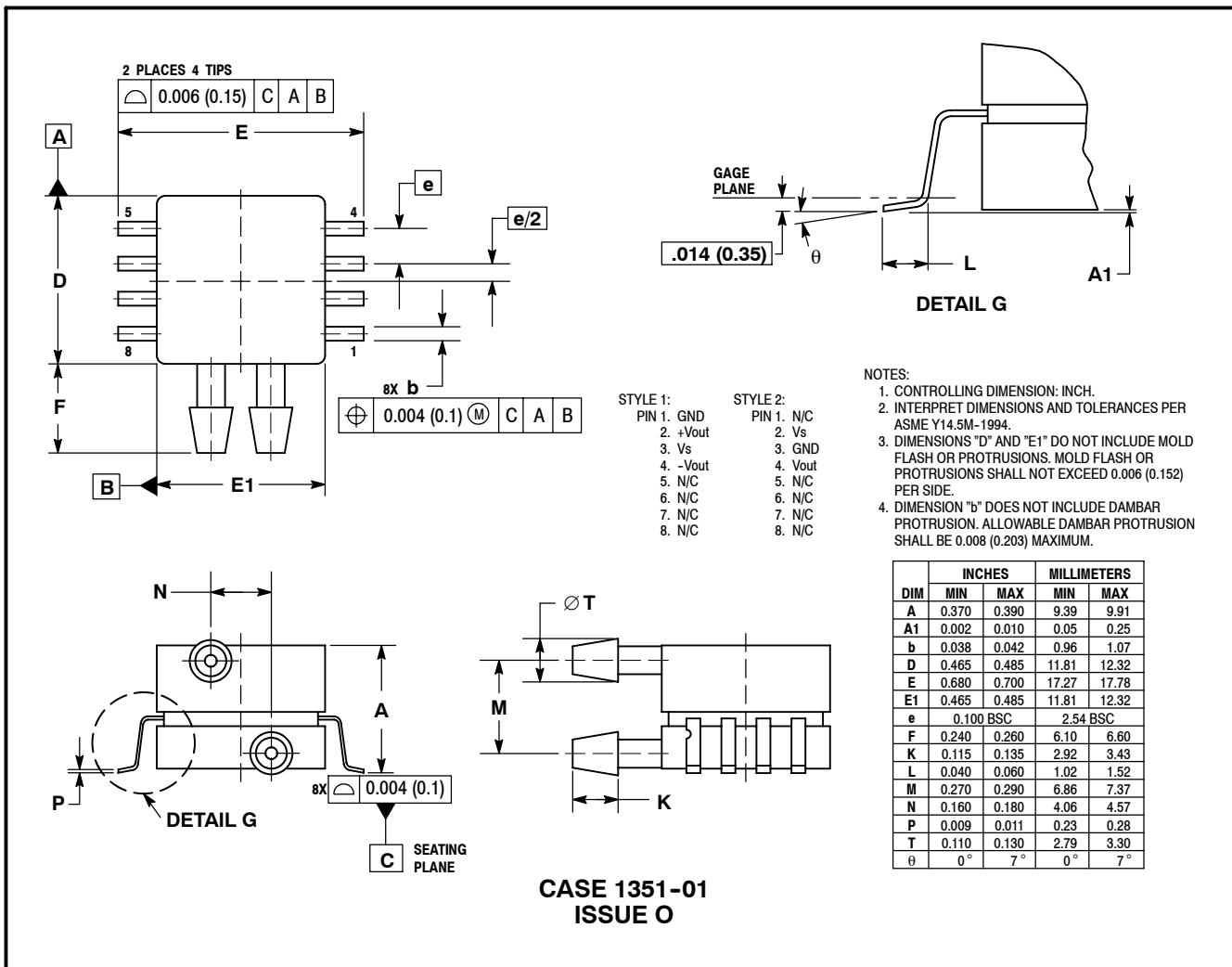
1. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.
3. DIMENSIONS "D" AND "E1" DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.006 (0.152) PER SIDE.
4. DIMENSION "b" DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.008 (0.203) MAXIMUM.



DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.300	0.330	7.11	7.62
A1	0.002	0.010	0.05	0.25
b	0.038	0.042	0.96	1.07
D	0.465	0.485	11.81	12.32
E	0.717 BSC		18.21 BSC	
E1	0.465	0.485	11.81	12.32
e	0.100 BSC		2.54 BSC	
F	0.245	0.255	6.22	6.47
K	0.120	0.130	3.05	3.30
L	0.061	0.071	1.55	1.80
M	0.270	0.290	6.86	7.36
N	0.080	0.090	2.03	2.28
P	0.009	0.011	0.23	0.28
T	0.115	0.125	2.92	3.17
θ	0°	7°	0°	7°

**CASE 1369-01
ISSUE O**

SMALL OUTLINE PACKAGE DIMENSIONS - CONTINUED SURFACE MOUNT



NOTES



NOTES

How to Reach Us:

Home Page:

www.freescale.com

E-mail:

support@freescale.com

USA/Europe or Locations Not Listed:

Freescale Semiconductor
Technical Information Center, CH370
1300 N. Alma School Road
Chandler, Arizona 85224
+1-800-521-6274 or +1-480-768-2130
support@freescale.com

Europe, Middle East, and Africa:

Freescale Halbleiter Deutschland GmbH
Technical Information Center
Schatzbogen 7
81829 Muenchen, Germany
+44 1296 380 456 (English)
+46 8 52200080 (English)
+49 89 92103 559 (German)
+33 1 69 35 48 48 (French)
support@freescale.com

Japan:

Freescale Semiconductor Japan Ltd.
Technical Information Center
3-20-1, Minami-Azabu, Minato-ku
Tokyo 106-0047, Japan
0120 191014 or +81 3 3440 3569
support.japan@freescale.com

Asia/Pacific:

Freescale Semiconductor Hong Kong Ltd.
Technical Information Center
2 Dai King Street
Tai Po Industrial Estate
Tai Po, N.T., Hong Kong
+800 2666 8080
support.asia@freescale.com

For Literature Requests Only:

Freescale Semiconductor Literature Distribution Center
P.O. Box 5405
Denver, Colorado 80217
1-800-441-2447 or 303-675-2140
Fax: 303-675-2150
LDCForFreescaleSemiconductor@hibbertgroup.com

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use Freescale Semiconductor products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits or integrated circuits based on the information in this document.

Freescale Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Freescale Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Freescale Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters that may be provided in Freescale Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals", must be validated for each customer application by customer's technical experts. Freescale Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Freescale Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Freescale Semiconductor product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Freescale Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Freescale Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Freescale Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part.

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc.
All other product or service names are the property of their respective owners.
© Freescale Semiconductor, Inc. 2004. All rights reserved.





PIC16F87XA

Data Sheet

28/40/44-Pin Enhanced Flash
Microcontrollers

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELOQ, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE and PowerSmart are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.


AmpLab, FilterLab, microID, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

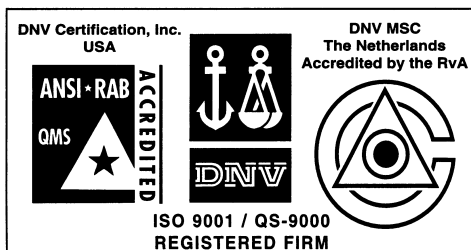
Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, microPort, Migratable Memory, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rfPIC, Select Mode, SmartSensor, SmartShunt, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Serialized Quick Turn Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2003, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.



Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999 and Mountain View, California in March 2002. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, non-volatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external \overline{RD} , \overline{WR} and \overline{CS} controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

CMOS Technology:

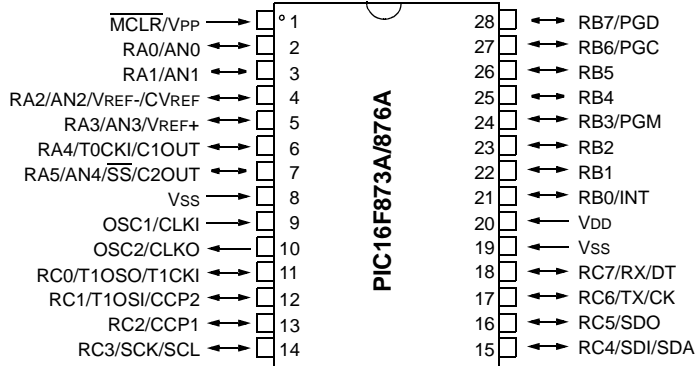
- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

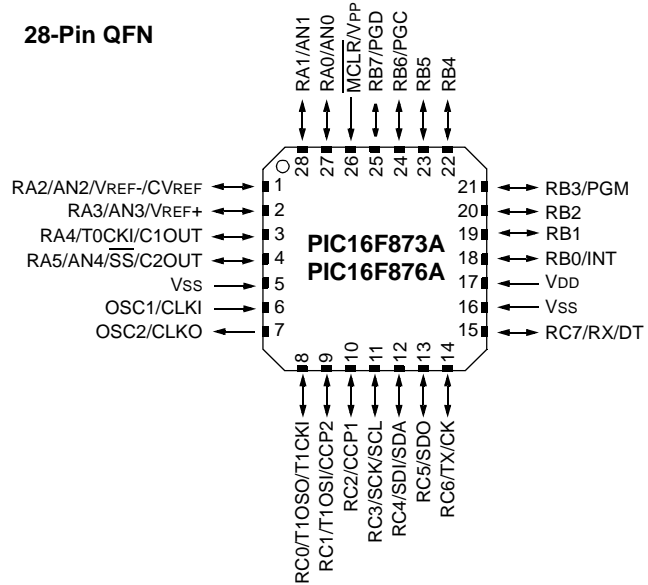
PIC16F87XA

Pin Diagrams

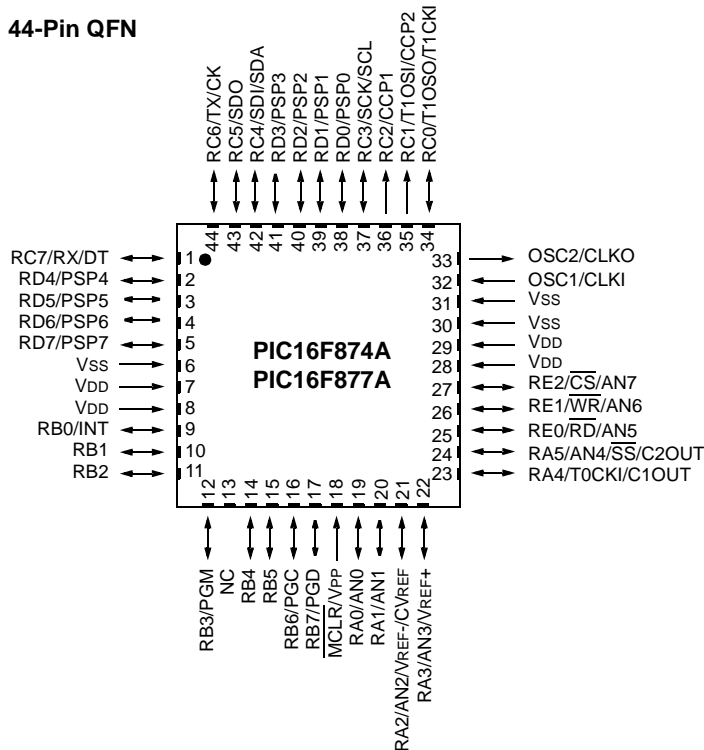
28-Pin PDIP, SOIC, SSOP



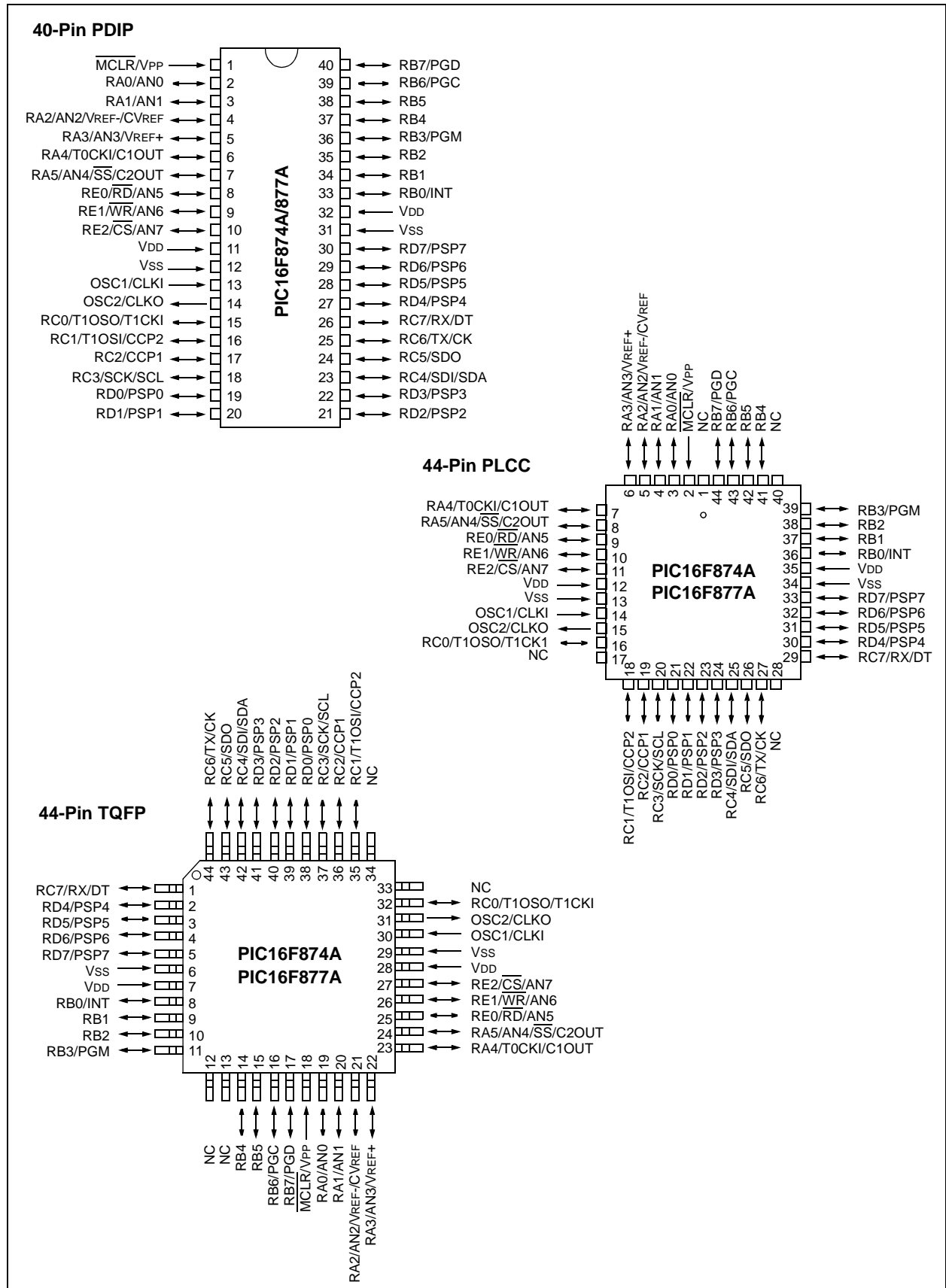
28-Pin QFN



44-Pin QFN



Pin Diagrams (Continued)



PIC16F87XA

Table of Contents

1.0	Device Overview	5
2.0	Memory Organization.....	15
3.0	Data EEPROM and Flash Program Memory	33
4.0	I/O Ports.....	41
5.0	Timer0 Module.....	53
6.0	Timer1 Module.....	57
7.0	Timer2 Module.....	61
8.0	Capture/Compare/PWM Modules.....	63
9.0	Master Synchronous Serial Port (MSSP) Module.....	71
10.0	Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART)	111
11.0	Analog-to-Digital Converter (A/D) Module	127
12.0	Comparator Module	135
13.0	Comparator Voltage Reference Module	141
14.0	Special Features of the CPU	143
15.0	Instruction Set Summary.....	159
16.0	Development Support	167
17.0	Electrical Characteristics.....	173
18.0	DC and AC Characteristics Graphs and Tables	197
19.0	Packaging Information.....	209
	Appendix A: Revision History	219
	Appendix B: Device Differences.....	219
	Appendix C: Conversion Considerations.....	220
	Index	221
	On-Line Support.....	229
	Systems Information and Upgrade Hot Line	229
	Reader Response	230
	PIC16F87XA Product Identification System.....	231

TO OUR VALUED CUSTOMERS

It is our intention to provide our valued customers with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip products. To this end, we will continue to improve our publications to better suit your needs. Our publications will be refined and enhanced as new volumes and updates are introduced.

If you have any questions or comments regarding this publication, please contact the Marketing Communications Department via E-mail at docerrors@mail.microchip.com or fax the **Reader Response Form** in the back of this data sheet to (480) 792-4150. We welcome your feedback.

Most Current Data Sheet

To obtain the most up-to-date version of this data sheet, please register at our Worldwide Web site at:

<http://www.microchip.com>

You can determine the version of a data sheet by examining its literature number found on the bottom outside corner of any page. The last character of the literature number is the version number, (e.g., DS30000A is version A of document DS30000).

Errata

An errata sheet, describing minor operational differences from the data sheet and recommended workarounds, may exist for current devices. As device/documentation issues become known to us, we will publish an errata sheet. The errata will specify the revision of silicon and revision of document to which it applies.

To determine if an errata sheet exists for a particular device, please check with one of the following:

- Microchip's Worldwide Web site; <http://www.microchip.com>
- Your local Microchip sales office (see last page)
- The Microchip Corporate Literature Center; U.S. FAX: (480) 792-7277

When contacting a sales office or the literature center, please specify which device, revision of silicon and data sheet (include literature number) you are using.

Customer Notification System

Register on our Web site at www.microchip.com/cn to receive the most current information on all of our products.

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

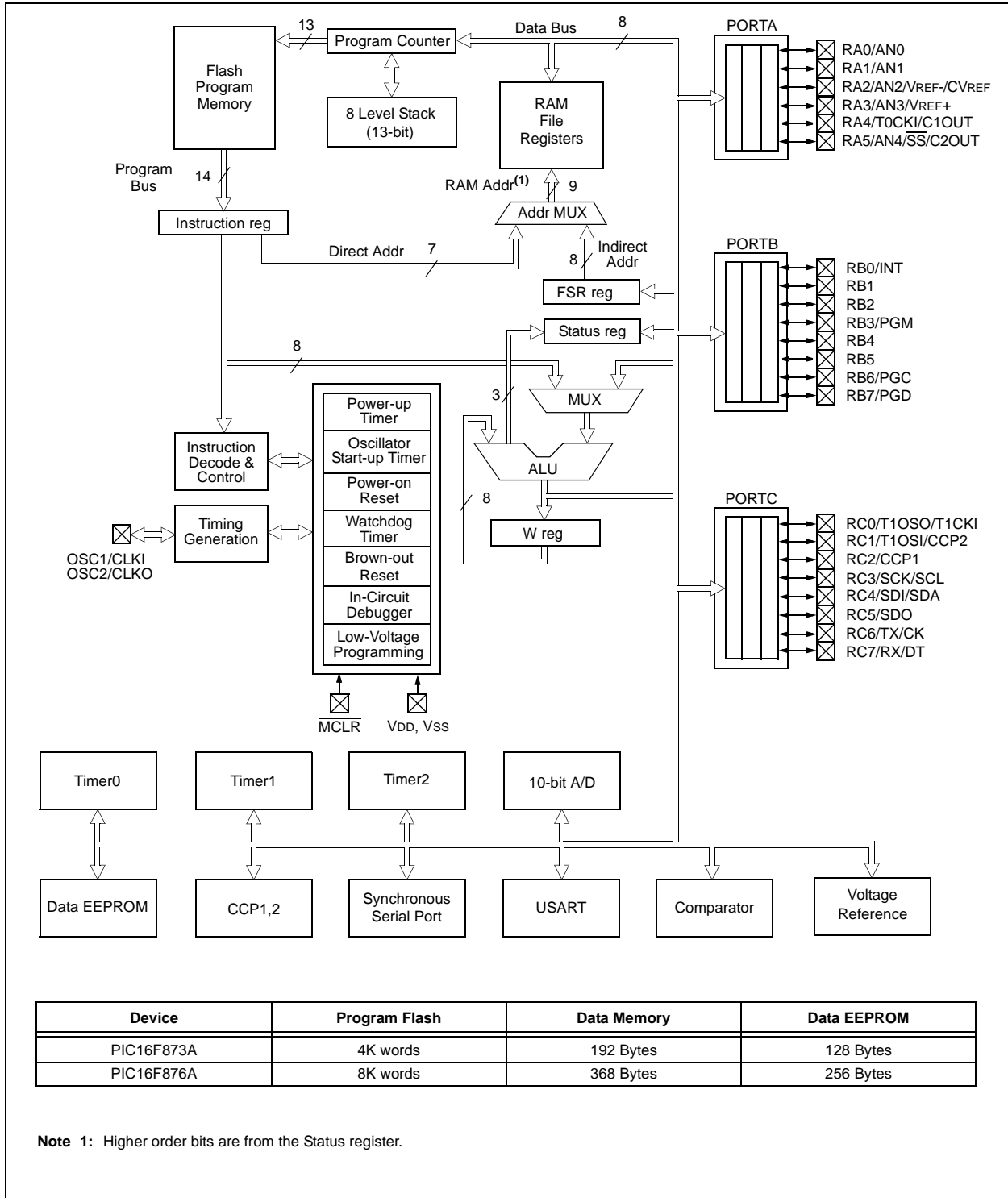
Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

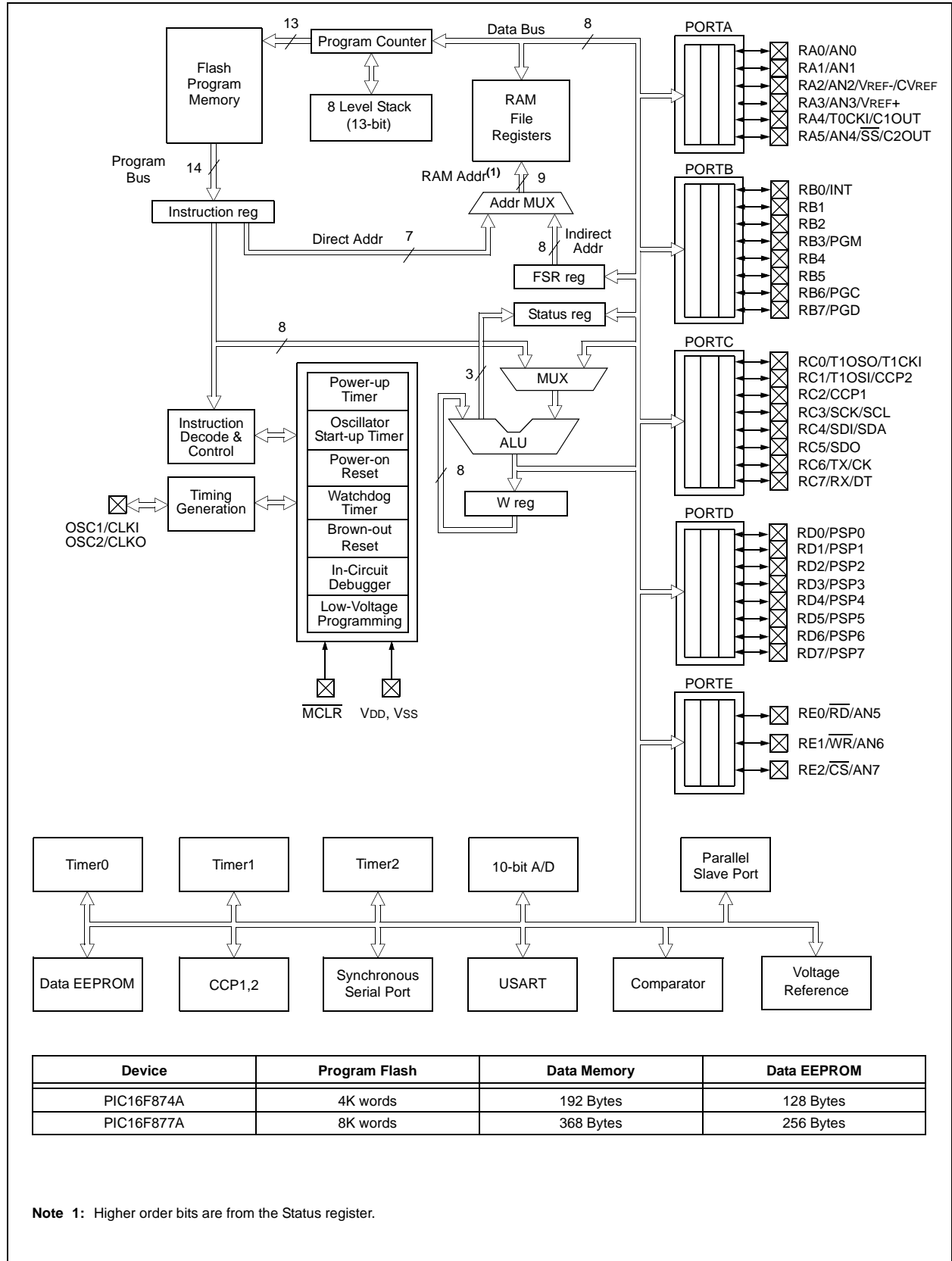
PIC16F87XA

FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	6	I I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	10	7	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	26	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/ CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	27 28 1 2 3 4	I/O I I/O I I/O I I O I/O I I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
VSS	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	13	14	30	32	I I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	14	15	31	33	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	2	18	18	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	3 4 5 6 7 8	19 20 21 22 23 24	19 20 21 22 23 24	I/O I I/O I I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	34	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	35	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	18	20	37	37	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	42	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	43	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	44	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	1	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus. Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/RD/AN5 RE0 RD AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/WR/AN6 RE1 WR AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/CS/AN7 RE2 CS AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

NOTES:

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are three memory blocks in each of the PIC16F87XA devices. The program memory and data memory have separate buses so that concurrent access can occur and is detailed in this section. The EEPROM data memory block is detailed in **Section 3.0 “Data EEPROM and Flash Program Memory”**.

Additional information on device memory may be found in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

2.1 Program Memory Organization

The PIC16F87XA devices have a 13-bit program counter capable of addressing an 8K word x 14 bit program memory space. The PIC16F876A/877A devices have 8K words x 14 bits of Flash program memory, while PIC16F873A/874A devices have 4K words x 14 bits. Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound.

The Reset vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 2-1: PIC16F876A/877A PROGRAM MEMORY MAP AND STACK

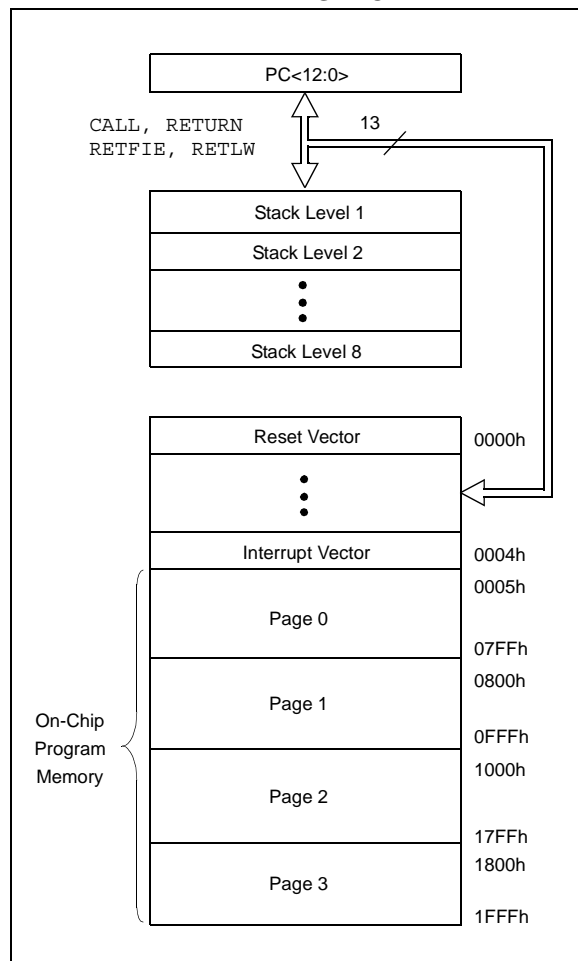
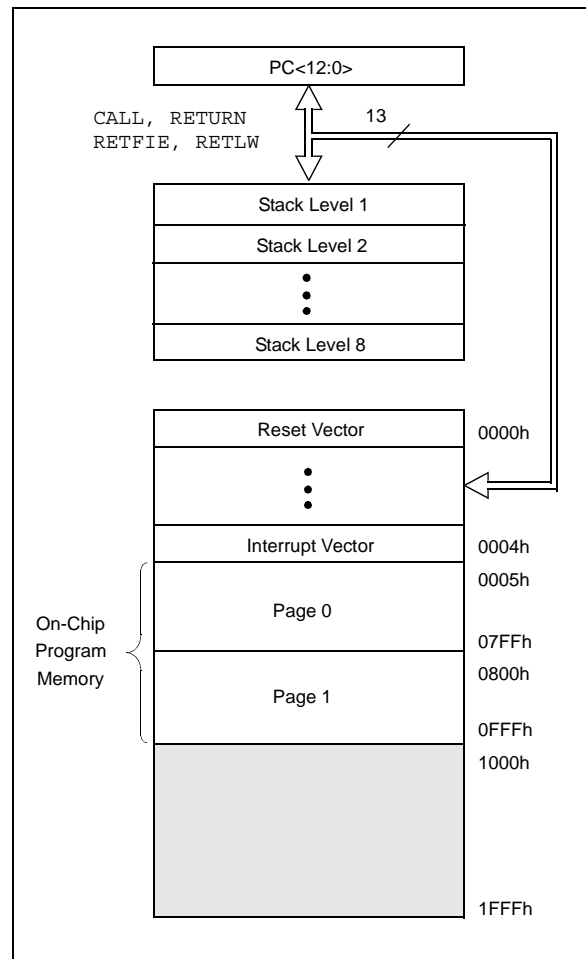


FIGURE 2-2: PIC16F873A/874A PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



PIC16F87XA

2.2 Data Memory Organization

The data memory is partitioned into multiple banks which contain the General Purpose Registers and the Special Function Registers. Bits RP1 (Status<6>) and RP0 (Status<5>) are the bank select bits.

RP1:RP0	Bank
00	0
01	1
10	2
11	3

Each bank extends up to 7Fh (128 bytes). The lower locations of each bank are reserved for the Special Function Registers. Above the Special Function Registers are General Purpose Registers, implemented as static RAM. All implemented banks contain Special Function Registers. Some frequently used Special Function Registers from one bank may be mirrored in another bank for code reduction and quicker access.

Note: The EEPROM data memory description can be found in **Section 3.0 “Data EEPROM and Flash Program Memory”** of this data sheet.

2.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

The register file can be accessed either directly, or indirectly, through the File Select Register (FSR).

FIGURE 2-3: PIC16F876A/877A REGISTER FILE MAP

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ^(*)	00h	Indirect addr. ^(*)	80h	Indirect addr. ^(*)	100h	Indirect addr. ^(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h	General Purpose Register 16 Bytes	117h	General Purpose Register 16 Bytes	197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCPR2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes	
			EFh		16Fh		1EFh
		accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h-7Fh	1F0h
	7Fh		FFh		17Fh		1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	


Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 * Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876A.
Note 2: These registers are reserved; maintain these registers clear.

PIC16F87XA

FIGURE 2-4: PIC16F873A/874A REGISTER FILE MAP

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ^(*)	00h	Indirect addr. ^(*)	80h	Indirect addr. ^(*)	100h	Indirect addr. ^(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
RCSTA	18h	TXSTA	98h				
TXREG	19h	SPBRG	99h				
RCREG	1Ah		9Ah				
CCPR2L	1Bh		9Bh				
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch				
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 96 Bytes		accesses 20h-7Fh		accesses A0h - FFh	
	7Fh		FFh		16Fh 170h		1EFh 1F0h
Bank 0		Bank 1		Bank 2	17Fh	Bank 3	1FFh

 Unimplemented data memory locations, read as '0'.
 * Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F873A.
Note 2: These registers are reserved; maintain these registers clear.

PIC16F87XA

2.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers are registers used by the CPU and peripheral modules for controlling the desired operation of the device. These registers are implemented as static RAM. A list of these registers is given in Table 2-1.

The Special Function Registers can be classified into two sets: core (CPU) and peripheral. Those registers associated with the core functions are described in detail in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in detail in the peripheral features section.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:	
Bank 0												
00h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	31, 150	
01h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	55, 150	
02h ⁽³⁾	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	30, 150	
03h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C	0001 1xxx	22, 150	
04h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	31, 150	
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read							--0x 0000	43, 150
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								xxxx xxxx	45, 150	
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written: PORTC pins when read								xxxx xxxx	47, 150	
08h ⁽⁴⁾	PORTD	PORTD Data Latch when written: PORTD pins when read								xxxx xxxx	48, 150	
09h ⁽⁴⁾	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	49, 150	
0Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	30, 150	
0Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽³⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	26, 150	
0Dh	PIR2	—	CMIF	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF	-0-0 0--0	28, 150	
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	60, 150	
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	60, 150	
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	57, 150	
11h	TMR2	Timer2 Module Register								0000 0000	62, 150	
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	61, 150	
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								xxxx xxxx	79, 150	
14h	SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	82, 82, 150	
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register 1 (LSB)								xxxx xxxx	63, 150	
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register 1 (MSB)								xxxx xxxx	63, 150	
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	64, 150	
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	112, 150	
19h	TXREG	USART Transmit Data Register								0000 0000	118, 150	
1Ah	RCREG	USART Receive Data Register								0000 0000	118, 150	
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register 2 (LSB)								xxxx xxxx	63, 150	
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register 2 (MSB)								xxxx xxxx	63, 150	
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	64, 150	
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	133, 150	
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	127, 150	

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.

Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

- Note 1:** The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8>, whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
- 2:** Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873A/876A devices; always maintain these bits clear.
- 3:** These registers can be addressed from any bank.
- 4:** PORTD, PORTE, TRISD and TRISE are not implemented on PIC16F873A/876A devices, read as '0'.
- 5:** Bit 4 of EEADRH implemented only on the PIC16F876A/877A devices.

PIC16F87XA

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY (CONTINUED)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:	
Bank 1												
80h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	31, 150	
81h	OPTION_REG	RBP \bar{U}	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	23, 150	
82h ⁽³⁾	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	30, 150	
83h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\bar{T}O$	$\bar{P}D$	Z	DC	C	0001 1xxx	22, 150	
84h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	31, 150	
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	43, 150	
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	45, 150	
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	47, 150	
88h ⁽⁴⁾	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	48, 151	
89h ⁽⁴⁾	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits				0000 -111	50, 151
8Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter						---0 0000	30, 150
8Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽²⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	25, 151	
8Dh	PIE2	—	CMIE	—	EEIE	BCLIE	—	—	CCP2IE	-0-0 0--0	27, 151	
8Eh	PCON	—	—	—	—	—	—	$\bar{P}OR$	$\bar{B}OR$	---- --qq	29, 151	
8Fh	—	Unimplemented								—	—	
90h	—	Unimplemented								—	—	
91h	SSPCON2	GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN	0000 0000	83, 151	
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	62, 151	
93h	SSPAD	Synchronous Serial Port (I ² C mode) Address Register								0000 0000	79, 151	
94h	SSPSTAT	SMP	CKE	D \bar{A}	P	S	R \bar{W}	UA	BF	0000 0000	79, 151	
95h	—	Unimplemented								—	—	
96h	—	Unimplemented								—	—	
97h	—	Unimplemented								—	—	
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	111, 151	
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	113, 151	
9Ah	—	Unimplemented								—	—	
9Bh	—	Unimplemented								—	—	
9Ch	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0111	135, 151	
9Dh	CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0	000- 0000	141, 151	
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	133, 151	
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	128, 151	

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

- Note 1:** The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8>, whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
- 2:** Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873A/876A devices; always maintain these bits clear.
- 3:** These registers can be addressed from any bank.
- 4:** PORTD, PORTE, TRISD and TRISE are not implemented on PIC16F873A/876A devices, read as '0'.
- 5:** Bit 4 of EEADRH implemented only on the PIC16F876A/877A devices.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY (CONTINUED)

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:	
Bank 2												
100h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)									0000 0000	31, 150
101h	TMR0	Timer0 Module Register									xxxx xxxx	55, 150
102h ⁽³⁾	PCL	Program Counter's (PC) Least Significant Byte									0000 0000	30, 150
103h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C	0001 1xxxx	22, 150	
104h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer									xxxx xxxx	31, 150
105h	—	Unimplemented									—	—
106h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read									xxxx xxxx	45, 150
107h	—	Unimplemented									—	—
108h	—	Unimplemented									—	—
109h	—	Unimplemented									—	—
10Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter						---0 0000	30, 150
10Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
10Ch	EEDATA	EEPROM Data Register Low Byte									xxxx xxxx	39, 151
10Dh	EEADR	EEPROM Address Register Low Byte									xxxx xxxx	39, 151
10Eh	EEDATH	—	—	EEPROM Data Register High Byte						---x xxxx	39, 151	
10Fh	EEADRH	—	—	—	— ⁽⁵⁾	EEPROM Address Register High Byte					---- xxxx	39, 151
Bank 3												
180h ⁽³⁾	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)									0000 0000	31, 150
181h	OPTION_REG	\overline{RBP}	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	23, 150	
182h ⁽³⁾	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte									0000 0000	30, 150
183h ⁽³⁾	STATUS	IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C	0001 1xxxx	22, 150	
184h ⁽³⁾	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer									xxxx xxxx	31, 150
185h	—	Unimplemented									—	—
186h	TRISB	PORTB Data Direction Register									1111 1111	45, 150
187h	—	Unimplemented									—	—
188h	—	Unimplemented									—	—
189h	—	Unimplemented									—	—
18Ah ^(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter						---0 0000	30, 150
18Bh ⁽³⁾	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	24, 150	
18Ch	EECON1	EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD	x--- x000	34, 151	
18Dh	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)									---- ----	39, 151
18Eh	—	Reserved; maintain clear									0000 0000	—
18Fh	—	Reserved; maintain clear									0000 0000	—

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved.
Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

- Note 1:** The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8>, whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
- 2:** Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873A/876A devices; always maintain these bits clear.
- 3:** These registers can be addressed from any bank.
- 4:** PORTD, PORTE, TRISD and TRISE are not implemented on PIC16F873A/876A devices, read as '0'.
- 5:** Bit 4 of EEADRH implemented only on the PIC16F876A/877A devices.

PIC16F87XA

2.2.2.1 Status Register

The Status register contains the arithmetic status of the ALU, the Reset status and the bank select bits for data memory.

The Status register can be the destination for any instruction, as with any other register. If the Status register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. These bits are set or cleared according to the device logic. Furthermore, the \overline{TO} and \overline{PD} bits are not writable, therefore, the result of an instruction with the Status register as destination may be different than intended.

For example, `CLRF STATUS`, will clear the upper three bits and set the Z bit. This leaves the Status register as `000u u1uu` (where u = unchanged).

It is recommended, therefore, that only `BCF`, `BSF`, `SWAPF` and `MOVWF` instructions are used to alter the Status register because these instructions do not affect the Z, C or DC bits from the Status register. For other instructions not affecting any status bits, see **Section 15.0 “Instruction Set Summary”**.

Note: The \overline{C} and \overline{DC} bits operate as a borrow and digit borrow bit, respectively, in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.

REGISTER 2-1: STATUS REGISTER (ADDRESS 03h, 83h, 103h, 183h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	\overline{TO}	\overline{PD}	Z	DC	C
bit 7					bit 0		

- bit 7 **IRP:** Register Bank Select bit (used for indirect addressing)
 1 = Bank 2, 3 (100h-1FFh)
 0 = Bank 0, 1 (00h-FFh)
- bit 6-5 **RP1:RP0:** Register Bank Select bits (used for direct addressing)
 11 = Bank 3 (180h-1FFh)
 10 = Bank 2 (100h-17Fh)
 01 = Bank 1 (80h-FFh)
 00 = Bank 0 (00h-7Fh)
 Each bank is 128 bytes.
- bit 4 **\overline{TO} :** Time-out bit
 1 = After power-up, `CLRWDT` instruction or `SLEEP` instruction
 0 = A WDT time-out occurred
- bit 3 **\overline{PD} :** Power-down bit
 1 = After power-up or by the `CLRWDT` instruction
 0 = By execution of the `SLEEP` instruction
- bit 2 **Z:** Zero bit
 1 = The result of an arithmetic or logic operation is zero
 0 = The result of an arithmetic or logic operation is not zero
- bit 1 **DC:** Digit carry/borrow bit (`ADDWF`, `ADDLW`, `SUBLW`, `SUBWF` instructions)
 (for borrow, the polarity is reversed)
 1 = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
 0 = No carry-out from the 4th low order bit of the result
- bit 0 **C:** Carry/borrow bit (`ADDWF`, `ADDLW`, `SUBLW`, `SUBWF` instructions)
 1 = A carry-out from the Most Significant bit of the result occurred
 0 = No carry-out from the Most Significant bit of the result occurred

Note: For borrow, the polarity is reversed. A subtraction is executed by adding the two's complement of the second operand. For rotate (`RRF`, `RLF`) instructions, this bit is loaded with either the high, or low order bit of the source register.

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

2.2.2.2 OPTION_REG Register

The OPTION_REG Register is a readable and writable register, which contains various control bits to configure the TMR0 prescaler/WDT postscaler (single assignable register known also as the prescaler), the external INT interrupt, TMR0 and the weak pull-ups on PORTB.

Note: To achieve a 1:1 prescaler assignment for the TMR0 register, assign the prescaler to the Watchdog Timer.

REGISTER 2-2: OPTION_REG REGISTER (ADDRESS 81h, 181h)

	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
	$\overline{\text{RBP}}\text{U}$	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit 7								bit 0

- bit 7 **RBP**U: PORTB Pull-up Enable bit
1 = PORTB pull-ups are disabled
0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values
- bit 6 **INTEDG**: Interrupt Edge Select bit
1 = Interrupt on rising edge of RB0/INT pin
0 = Interrupt on falling edge of RB0/INT pin
- bit 5 **T0CS**: TMR0 Clock Source Select bit
1 = Transition on RA4/T0CKI pin
0 = Internal instruction cycle clock (CLKO)
- bit 4 **T0SE**: TMR0 Source Edge Select bit
1 = Increment on high-to-low transition on RA4/T0CKI pin
0 = Increment on low-to-high transition on RA4/T0CKI pin
- bit 3 **PSA**: Prescaler Assignment bit
1 = Prescaler is assigned to the WDT
0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module
- bit 2-0 **PS2:PS0**: Prescaler Rate Select bits

Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

Note: When using Low-Voltage ICSP Programming (LVP) and the pull-ups on PORTB are enabled, bit 3 in the TRISB register must be cleared to disable the pull-up on RB3 and ensure the proper operation of the device

PIC16F87XA

2.2.2.3 INTCON Register

The INTCON register is a readable and writable register, which contains various enable and flag bits for the TMR0 register overflow, RB port change and external RB0/INT pin interrupts.

Note: Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>). User software should ensure the appropriate interrupt flag bits are clear prior to enabling an interrupt.

REGISTER 2-3: INTCON REGISTER (ADDRESS 0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh)

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF
bit 7								bit 0

- bit 7 **GIE:** Global Interrupt Enable bit
 1 = Enables all unmasked interrupts
 0 = Disables all interrupts
- bit 6 **PEIE:** Peripheral Interrupt Enable bit
 1 = Enables all unmasked peripheral interrupts
 0 = Disables all peripheral interrupts
- bit 5 **TMR0IE:** TMR0 Overflow Interrupt Enable bit
 1 = Enables the TMR0 interrupt
 0 = Disables the TMR0 interrupt
- bit 4 **INTE:** RB0/INT External Interrupt Enable bit
 1 = Enables the RB0/INT external interrupt
 0 = Disables the RB0/INT external interrupt
- bit 3 **RBIE:** RB Port Change Interrupt Enable bit
 1 = Enables the RB port change interrupt
 0 = Disables the RB port change interrupt
- bit 2 **TMR0IF:** TMR0 Overflow Interrupt Flag bit
 1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)
 0 = TMR0 register did not overflow
- bit 1 **INTF:** RB0/INT External Interrupt Flag bit
 1 = The RB0/INT external interrupt occurred (must be cleared in software)
 0 = The RB0/INT external interrupt did not occur
- bit 0 **RBIF:** RB Port Change Interrupt Flag bit
 1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state; a mismatch condition will continue to set the bit. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow the bit to be cleared (must be cleared in software).
 0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

2.2.2.4 PIE1 Register

The PIE1 register contains the individual enable bits for the peripheral interrupts.

Note: Bit PEIE (INTCON<6>) must be set to enable any peripheral interrupt.

REGISTER 2-4: PIE1 REGISTER (ADDRESS 8Ch)

	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE
bit 7								bit 0

bit 7 **PSPIE:** Parallel Slave Port Read/Write Interrupt Enable bit⁽¹⁾

- 1 = Enables the PSP read/write interrupt
- 0 = Disables the PSP read/write interrupt

Note 1: PSPIE is reserved on PIC16F873A/876A devices; always maintain this bit clear.

bit 6 **ADIE:** A/D Converter Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the A/D converter interrupt
- 0 = Disables the A/D converter interrupt

bit 5 **RCIE:** USART Receive Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the USART receive interrupt
- 0 = Disables the USART receive interrupt

bit 4 **TXIE:** USART Transmit Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the USART transmit interrupt
- 0 = Disables the USART transmit interrupt

bit 3 **SSPIE:** Synchronous Serial Port Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the SSP interrupt
- 0 = Disables the SSP interrupt

bit 2 **CCP1IE:** CCP1 Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the CCP1 interrupt
- 0 = Disables the CCP1 interrupt

bit 1 **TMR2IE:** TMR2 to PR2 Match Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the TMR2 to PR2 match interrupt
- 0 = Disables the TMR2 to PR2 match interrupt

bit 0 **TMR1IE:** TMR1 Overflow Interrupt Enable bit

- 1 = Enables the TMR1 overflow interrupt
- 0 = Disables the TMR1 overflow interrupt

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

2.2.2.5 PIR1 Register

The PIR1 register contains the individual flag bits for the peripheral interrupts.

Note: Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>). User software should ensure the appropriate interrupt bits are clear prior to enabling an interrupt.

REGISTER 2-5: PIR1 REGISTER (ADDRESS 0Ch)

	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF
								bit 0
bit 7								

- bit 7 **PSPIF:** Parallel Slave Port Read/Write Interrupt Flag bit⁽¹⁾
 1 = A read or a write operation has taken place (must be cleared in software)
 0 = No read or write has occurred
Note 1: PSPIF is reserved on PIC16F873A/876A devices; always maintain this bit clear.
- bit 6 **ADIF:** A/D Converter Interrupt Flag bit
 1 = An A/D conversion completed
 0 = The A/D conversion is not complete
- bit 5 **RCIF:** USART Receive Interrupt Flag bit
 1 = The USART receive buffer is full
 0 = The USART receive buffer is empty
- bit 4 **TXIF:** USART Transmit Interrupt Flag bit
 1 = The USART transmit buffer is empty
 0 = The USART transmit buffer is full
- bit 3 **SSPIF:** Synchronous Serial Port (SSP) Interrupt Flag bit
 1 = The SSP interrupt condition has occurred and must be cleared in software before returning from the Interrupt Service Routine. The conditions that will set this bit are:
- SPI – A transmission/reception has taken place.
 - I²C Slave – A transmission/reception has taken place.
 - I²C Master
 - A transmission/reception has taken place.
 - The initiated Start condition was completed by the SSP module.
 - The initiated Stop condition was completed by the SSP module.
 - The initiated Restart condition was completed by the SSP module.
 - The initiated Acknowledge condition was completed by the SSP module.
 - A Start condition occurred while the SSP module was Idle (multi-master system).
 - A Stop condition occurred while the SSP module was Idle (multi-master system).
- 0 = No SSP interrupt condition has occurred
- bit 2 **CCP1IF:** CCP1 Interrupt Flag bit
Capture mode:
 1 = A TMR1 register capture occurred (must be cleared in software)
 0 = No TMR1 register capture occurred
Compare mode:
 1 = A TMR1 register compare match occurred (must be cleared in software)
 0 = No TMR1 register compare match occurred
PWM mode:
 Unused in this mode.
- bit 1 **TMR2IF:** TMR2 to PR2 Match Interrupt Flag bit
 1 = TMR2 to PR2 match occurred (must be cleared in software)
 0 = No TMR2 to PR2 match occurred
- bit 0 **TMR1IF:** TMR1 Overflow Interrupt Flag bit
 1 = TMR1 register overflowed (must be cleared in software)
 0 = TMR1 register did not overflow

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

2.2.2.6 PIE2 Register

The PIE2 register contains the individual enable bits for the CCP2 peripheral interrupt, the SSP bus collision interrupt, EEPROM write operation interrupt and the comparator interrupt.

Note: Bit PEIE (INTCON<6>) must be set to enable any peripheral interrupt.

REGISTER 2-6: PIE2 REGISTER (ADDRESS 8Dh)

	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0
	—	CMIE	—	EEIE	BCLIE	—	—	CCP2IE
bit 7								bit 0

- bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 6 **CMIE:** Comparator Interrupt Enable bit
 1 = Enables the comparator interrupt
 0 = Disable the comparator interrupt
- bit 5 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 4 **EEIE:** EEPROM Write Operation Interrupt Enable bit
 1 = Enable EEPROM write interrupt
 0 = Disable EEPROM write interrupt
- bit 3 **BCLIE:** Bus Collision Interrupt Enable bit
 1 = Enable bus collision interrupt
 0 = Disable bus collision interrupt
- bit 2-1 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 0 **CCP2IE:** CCP2 Interrupt Enable bit
 1 = Enables the CCP2 interrupt
 0 = Disables the CCP2 interrupt

Legend:
 R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

2.2.2.7 PIR2 Register

The PIR2 register contains the flag bits for the CCP2 interrupt, the SSP bus collision interrupt, EEPROM write operation interrupt and the comparator interrupt.

Note: Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>). User software should ensure the appropriate interrupt flag bits are clear prior to enabling an interrupt.

REGISTER 2-7: PIR2 REGISTER (ADDRESS 0Dh)

	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0
	—	CMIF	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF
	bit 7						bit 0	

- bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 6 **CMIF:** Comparator Interrupt Flag bit
 1 = The comparator input has changed (must be cleared in software)
 0 = The comparator input has not changed
- bit 5 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 4 **EEIF:** EEPROM Write Operation Interrupt Flag bit
 1 = The write operation completed (must be cleared in software)
 0 = The write operation is not complete or has not been started
- bit 3 **BCLIF:** Bus Collision Interrupt Flag bit
 1 = A bus collision has occurred in the SSP when configured for I²C Master mode
 0 = No bus collision has occurred
- bit 2-1 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 0 **CCP2IF:** CCP2 Interrupt Flag bit
 Capture mode:
 1 = A TMR1 register capture occurred (must be cleared in software)
 0 = No TMR1 register capture occurred
 Compare mode:
 1 = A TMR1 register compare match occurred (must be cleared in software)
 0 = No TMR1 register compare match occurred
 PWM mode:
 Unused.

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

2.2.2.8 PCON Register

The Power Control (PCON) register contains flag bits to allow differentiation between a Power-on Reset (POR), a Brown-out Reset (BOR), a Watchdog Reset (WDT) and an external MCLR Reset.

Note: $\overline{\text{BOR}}$ is unknown on Power-on Reset. It must be set by the user and checked on subsequent Resets to see if BOR is clear, indicating a brown-out has occurred. The BOR status bit is a “don’t care” and is not predictable if the brown-out circuit is disabled (by clearing the BODEN bit in the configuration word).

REGISTER 2-8: PCON REGISTER (ADDRESS 8Eh)

	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-1
	—	—	—	—	—	—	$\overline{\text{POR}}$	$\overline{\text{BOR}}$
bit 7							bit 0	

bit 7-2 **Unimplemented:** Read as ‘0’

bit 1 **$\overline{\text{POR}}$:** Power-on Reset Status bit

1 = No Power-on Reset occurred

0 = A Power-on Reset occurred (must be set in software after a Power-on Reset occurs)

bit 0 **$\overline{\text{BOR}}$:** Brown-out Reset Status bit

1 = No Brown-out Reset occurred

0 = A Brown-out Reset occurred (must be set in software after a Brown-out Reset occurs)

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as ‘0’

- n = Value at POR

‘1’ = Bit is set

‘0’ = Bit is cleared

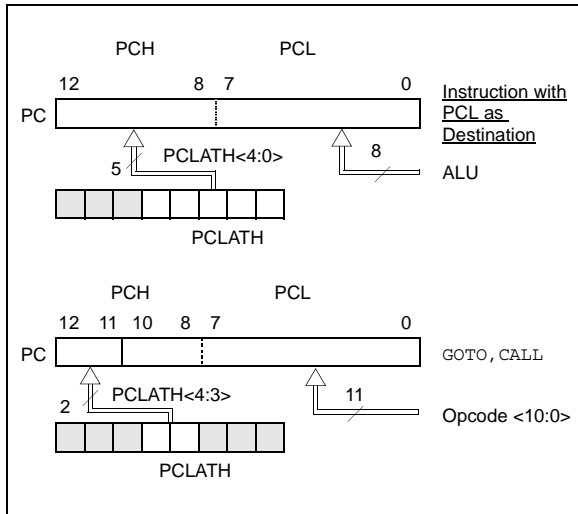
x = Bit is unknown

PIC16F87XA

2.3 PCL and PCLATH

The Program Counter (PC) is 13 bits wide. The low byte comes from the PCL register which is a readable and writable register. The upper bits (PC<12:8>) are not readable, but are indirectly writable through the PCLATH register. On any Reset, the upper bits of the PC will be cleared. Figure 2-5 shows the two situations for the loading of the PC. The upper example in the figure shows how the PC is loaded on a write to PCL (PCLATH<4:0> → PCH). The lower example in the figure shows how the PC is loaded during a CALL or GOTO instruction (PCLATH<4:3> → PCH).

FIGURE 2-5: LOADING OF PC IN DIFFERENT SITUATIONS



2.3.1 COMPUTED GOTO

A computed GOTO is accomplished by adding an offset to the program counter (ADDWF PCL). When doing a table read using a computed GOTO method, care should be exercised if the table location crosses a PCL memory boundary (each 256-byte block). Refer to the application note, AN556, "Implementing a Table Read" (DS00556).

2.3.2 STACK

The PIC16F87XA family has an 8-level deep x 13-bit wide hardware stack. The stack space is not part of either program or data space and the stack pointer is not readable or writable. The PC is PUSHed onto the stack when a CALL instruction is executed, or an interrupt causes a branch. The stack is POP'ed in the event of a RETURN, RETLW or a RETFIE instruction execution. PCLATH is not affected by a PUSH or POP operation.

The stack operates as a circular buffer. This means that after the stack has been PUSHed eight times, the ninth push overwrites the value that was stored from the first push. The tenth push overwrites the second push (and so on).

Note 1: There are no status bits to indicate stack overflow or stack underflow conditions.

2: There are no instructions/mnemonics called PUSH or POP. These are actions that occur from the execution of the CALL, RETURN, RETLW and RETFIE instructions or the vectoring to an interrupt address.

2.4 Program Memory Paging

All PIC16F87XA devices are capable of addressing a continuous 8K word block of program memory. The CALL and GOTO instructions provide only 11 bits of address to allow branching within any 2K program memory page. When doing a CALL or GOTO instruction, the upper 2 bits of the address are provided by PCLATH<4:3>. When doing a CALL or GOTO instruction, the user must ensure that the page select bits are programmed so that the desired program memory page is addressed. If a return from a CALL instruction (or interrupt) is executed, the entire 13-bit PC is popped off the stack. Therefore, manipulation of the PCLATH<4:3> bits is not required for the RETURN instructions (which POPs the address from the stack).

Note: The contents of the PCLATH register are unchanged after a RETURN or RETFIE instruction is executed. The user must rewrite the contents of the PCLATH register for any subsequent subroutine calls or GOTO instructions.

Example 2-1 shows the calling of a subroutine in page 1 of the program memory. This example assumes that PCLATH is saved and restored by the Interrupt Service Routine (if interrupts are used).

EXAMPLE 2-1: CALL OF A SUBROUTINE IN PAGE 1 FROM PAGE 0

```

ORG 0x500
BCF PCLATH,4
BSF PCLATH,3 ;Select page 1
                ; (800h-FFFh)
CALL SUB1_P1 ;Call subroutine in
:             ;page 1 (800h-FFFh)
:
ORG 0x900 ;page 1 (800h-FFFh)
SUB1_P1
:             ;called subroutine
                ;page 1 (800h-FFFh)
:
RETURN ;return to
                ;Call subroutine
                ;in page 0
                ; (000h-7FFh)
    
```

2.5 Indirect Addressing, INDF and FSR Registers

The INDF register is not a physical register. Addressing the INDF register will cause indirect addressing.

Indirect addressing is possible by using the INDF register. Any instruction using the INDF register actually accesses the register pointed to by the File Select Register, FSR. Reading the INDF register itself, indirectly (FSR = 0) will read 00h. Writing to the INDF register indirectly results in a no operation (although status bits may be affected). An effective 9-bit address is obtained by concatenating the 8-bit FSR register and the IRP bit (Status<7>) as shown in Figure 2-6.

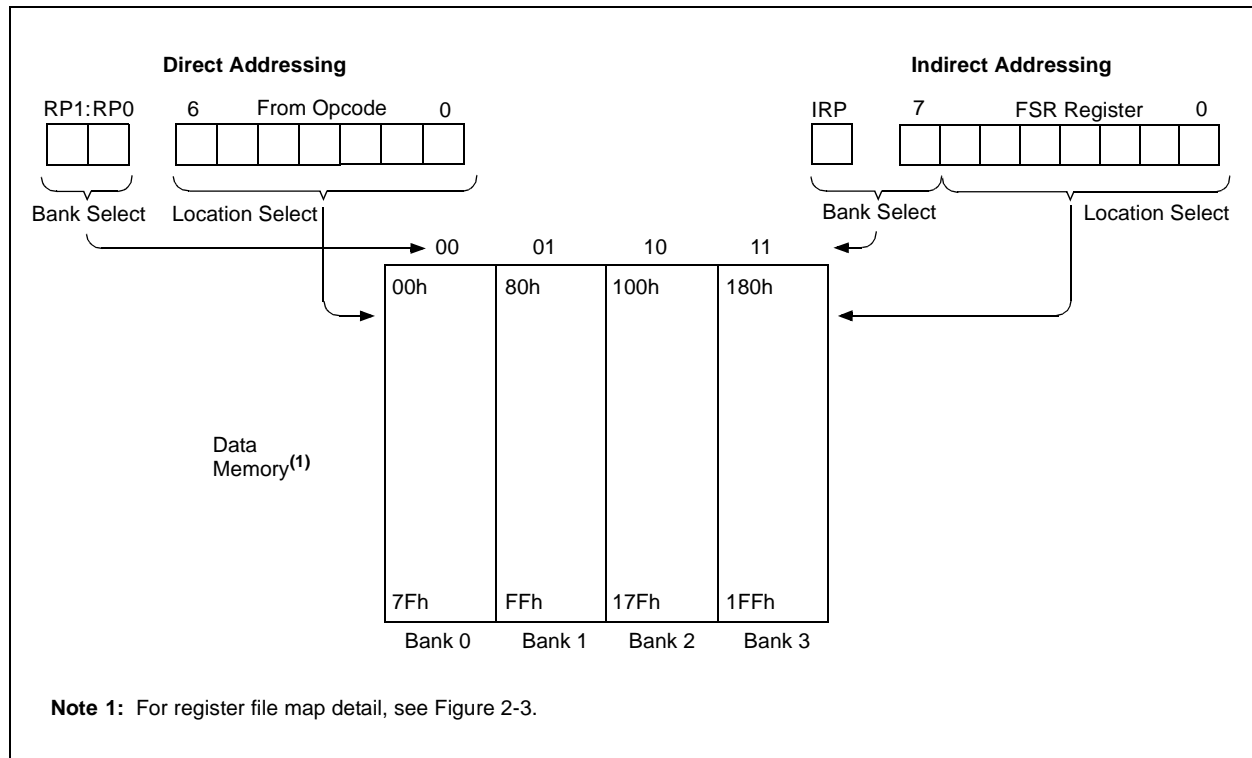
A simple program to clear RAM locations 20h-2Fh using indirect addressing is shown in Example 2-2.

EXAMPLE 2-2: INDIRECT ADDRESSING

```

MOV LW 0x20 ;initialize pointer
MOV WF FSR ;to RAM
NEXT   CLRF INDF ;clear INDF register
       INCF FSR,F ;inc pointer
       BTFSS FSR,4 ;all done?
       GOTO NEXT ;no clear next
CONTINUE
       : ;yes continue
    
```

FIGURE 2-6: DIRECT/INDIRECT ADDRESSING



PIC16F87XA

NOTES:

3.0 DATA EEPROM AND FLASH PROGRAM MEMORY

The data EEPROM and Flash program memory is readable and writable during normal operation (over the full VDD range). This memory is not directly mapped in the register file space. Instead, it is indirectly addressed through the Special Function Registers. There are six SFRs used to read and write this memory:

- EECON1
- EECON2
- EEDATA
- EEDATH
- EEADR
- EEADRH

When interfacing to the data memory block, EEDATA holds the 8-bit data for read/write and EEADR holds the address of the EEPROM location being accessed. These devices have 128 or 256 bytes of data EEPROM (depending on the device), with an address range from 00h to FFh. On devices with 128 bytes, addresses from 80h to FFh are unimplemented and will wraparound to the beginning of data EEPROM memory. When writing to unimplemented locations, the on-chip charge pump will be turned off.

When interfacing the program memory block, the EEDATA and EEDATH registers form a two-byte word that holds the 14-bit data for read/write and the EEADR and EEADRH registers form a two-byte word that holds the 13-bit address of the program memory location being accessed. These devices have 4 or 8K words of program Flash, with an address range from 0000h to 0FFFh for the PIC16F873A/874A and 0000h to 1FFFh for the PIC16F876A/877A. Addresses above the range of the respective device will wraparound to the beginning of program memory.

The EEPROM data memory allows single-byte read and write. The Flash program memory allows single-word reads and four-word block writes. Program memory write operations automatically perform an erase-before-write on blocks of four words. A byte write in data EEPROM memory automatically erases the location and writes the new data (erase-before-write).

The write time is controlled by an on-chip timer. The write/erase voltages are generated by an on-chip charge pump, rated to operate over the voltage range of the device for byte or word operations.

When the device is code-protected, the CPU may continue to read and write the data EEPROM memory. Depending on the settings of the write-protect bits, the device may or may not be able to write certain blocks of the program memory; however, reads of the program memory are allowed. When code-protected, the device programmer can no longer access data or program memory; this does NOT inhibit internal reads or writes.

3.1 EEADR and EEADRH

The EEADRH:EEADR register pair can address up to a maximum of 256 bytes of data EEPROM or up to a maximum of 8K words of program EEPROM. When selecting a data address value, only the LSByte of the address is written to the EEADR register. When selecting a program address value, the MSByte of the address is written to the EEADRH register and the LSByte is written to the EEADR register.

If the device contains less memory than the full address reach of the address register pair, the Most Significant bits of the registers are not implemented. For example, if the device has 128 bytes of data EEPROM, the Most Significant bit of EEADR is not implemented on access to data EEPROM.

3.2 EECON1 and EECON2 Registers

EECON1 is the control register for memory accesses.

Control bit, EEPGD, determines if the access will be a program or data memory access. When clear, as it is when reset, any subsequent operations will operate on the data memory. When set, any subsequent operations will operate on the program memory.

Control bits, RD and WR, initiate read and write or erase, respectively. These bits cannot be cleared, only set, in software. They are cleared in hardware at completion of the read or write operation. The inability to clear the WR bit in software prevents the accidental, premature termination of a write operation.

The WREN bit, when set, will allow a write or erase operation. On power-up, the WREN bit is clear. The WRERR bit is set when a write (or erase) operation is interrupted by a MCLR or a WDT Time-out Reset during normal operation. In these situations, following Reset, the user can check the WRERR bit and rewrite the location. The data and address will be unchanged in the EEDATA and EEADR registers.

Interrupt flag bit, EEIF in the PIR2 register, is set when the write is complete. It must be cleared in software.

EECON2 is not a physical register. Reading EECON2 will read all '0's. The EECON2 register is used exclusively in the EEPROM write sequence.

Note: The self-programming mechanism for Flash program memory has been changed. On previous PIC16F87X devices, Flash programming was done in single-word erase/write cycles. The newer PIC18F87XA devices use a four-word erase/write cycle. See **Section 3.6 “Writing to Flash Program Memory”** for more information.

PIC16F87XA

REGISTER 3-1: EECON1 REGISTER (ADDRESS 18Ch)

R/W-x	U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-0	R/S-0	R/S-0
EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD
bit 7				bit 0			

- bit 7 **EEPGD:** Program/Data EEPROM Select bit
 1 = Accesses program memory
 0 = Accesses data memory
 Reads '0' after a POR; this bit cannot be changed while a write operation is in progress.
- bit 6-4 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3 **WRERR:** EEPROM Error Flag bit
 1 = A write operation is prematurely terminated (any $\overline{\text{MCLR}}$ or any WDT Reset during normal operation)
 0 = The write operation completed
- bit 2 **WREN:** EEPROM Write Enable bit
 1 = Allows write cycles
 0 = Inhibits write to the EEPROM
- bit 1 **WR:** Write Control bit
 1 = Initiates a write cycle. The bit is cleared by hardware once write is complete. The WR bit can only be set (not cleared) in software.
 0 = Write cycle to the EEPROM is complete
- bit 0 **RD:** Read Control bit
 1 = Initiates an EEPROM read; RD is cleared in hardware. The RD bit can only be set (not cleared) in software.
 0 = Does not initiate an EEPROM read

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

3.3 Reading Data EEPROM Memory

To read a data memory location, the user must write the address to the EEADR register, clear the EEPGD control bit (EECON1<7>) and then set control bit RD (EECON1<0>). The data is available in the very next cycle in the EEDATA register; therefore, it can be read in the next instruction (see Example 3-1). EEDATA will hold this value until another read or until it is written to by the user (during a write operation).

The steps to reading the EEPROM data memory are:

1. Write the address to EEADR. Make sure that the address is not larger than the memory size of the device.
2. Clear the EEPGD bit to point to EEPROM data memory.
3. Set the RD bit to start the read operation.
4. Read the data from the EEDATA register.

EXAMPLE 3-1: DATA EEPROM READ

```
BSF    STATUS,RP1    ;
BCF    STATUS,RP0    ; Bank 2
MOVF   DATA_EE_ADDR,W ; Data Memory
MOVWF  EEADR         ; Address to read
BSF    STATUS,RP0    ; Bank 3
BCF    EECON1,EEPGD ; Point to Data
                    ; memory

BSF    EECON1,RD     ; EE Read
BCF    STATUS,RP0    ; Bank 2
MOVF   EEDATA,W     ; W = EEDATA
```

3.4 Writing to Data EEPROM Memory

To write an EEPROM data location, the user must first write the address to the EEADR register and the data to the EEDATA register. Then the user must follow a specific write sequence to initiate the write for each byte.

The write will not initiate if the write sequence is not exactly followed (write 55h to EECON2, write AAh to EECON2, then set WR bit) for each byte. We strongly recommend that interrupts be disabled during this code segment (see Example 3-2).

Additionally, the WREN bit in EECON1 must be set to enable write. This mechanism prevents accidental writes to data EEPROM due to errant (unexpected) code execution (i.e., lost programs). The user should keep the WREN bit clear at all times, except when updating EEPROM. The WREN bit is not cleared by hardware

After a write sequence has been initiated, clearing the WREN bit will not affect this write cycle. The WR bit will be inhibited from being set unless the WREN bit is set. At the completion of the write cycle, the WR bit is cleared in hardware and the EE Write Complete Interrupt Flag bit (EEIF) is set. The user can either enable this interrupt or poll this bit. EEIF must be cleared by software.

The steps to write to EEPROM data memory are:

1. If step 10 is not implemented, check the WR bit to see if a write is in progress.
2. Write the address to EEADR. Make sure that the address is not larger than the memory size of the device.
3. Write the 8-bit data value to be programmed in the EEDATA register.
4. Clear the EEPGD bit to point to EEPROM data memory.
5. Set the WREN bit to enable program operations.
6. Disable interrupts (if enabled).
7. Execute the special five instruction sequence:
 - Write 55h to EECON2 in two steps (first to W, then to EECON2)
 - Write AAh to EECON2 in two steps (first to W, then to EECON2)
 - Set the WR bit
8. Enable interrupts (if using interrupts).
9. Clear the WREN bit to disable program operations.
10. At the completion of the write cycle, the WR bit is cleared and the EEIF interrupt flag bit is set. (EEIF must be cleared by firmware.) If step 1 is not implemented, then firmware should check for EEIF to be set, or WR to clear, to indicate the end of the program cycle.

EXAMPLE 3-2: DATA EEPROM WRITE

```
BSF    STATUS,RP1    ;
BSF    STATUS,RP0
BTFS   EECON1,WR    ;Wait for write
GOTO   $-1          ;to complete
BCF    STATUS, RP0   ;Bank 2
MOVF   DATA_EE_ADDR,W ;Data Memory
MOVWF  EEADR         ;Address to write
MOVF   DATA_EE_DATA,W ;Data Memory Value
MOVWF  EEDATA        ;to write
BSF    STATUS,RP0    ;Bank 3
BCF    EECON1,EEPGD ;Point to DATA
                    ;memory

BSF    EECON1,WREN   ;Enable writes

BCF    INTCON,GIE   ;Disable INTs.
MOVLW  55h          ;
MOVWF  EECON2        ;Write 55h
MOVLW  AAh          ;
MOVWF  EECON2        ;Write AAh
BSF    EECON1,WR    ;Set WR bit to
                    ;begin write

BSF    INTCON,GIE   ;Enable INTs.
BCF    EECON1,WREN ;Disable writes
```

PIC16F87XA

3.5 Reading Flash Program Memory

To read a program memory location, the user must write two bytes of the address to the EEADR and EEADRH registers, set the EEPGD control bit (EECON1<7>) and then set control bit RD (EECON1<0>). Once the read control bit is set, the program memory Flash controller will use the next two instruction cycles to read the data. This causes these two instructions immediately follow-

ing the "BSF EECON1, RD" instruction to be ignored. The data is available in the very next cycle in the EEDATA and EEDATH registers; therefore, it can be read as two bytes in the following instructions. EEDATA and EEDATH registers will hold this value until another read or until it is written to by the user (during a write operation).

EXAMPLE 3-3: FLASH PROGRAM READ

```
BSF    STATUS, RP1    ;
BCF    STATUS, RP0    ; Bank 2
MOVLW  MS_PROG_EE_ADDR ;
MOVWF  EEADRH        ; MS Byte of Program Address to read
MOVLW  LS_PROG_EE_ADDR ;
MOVWF  EEADR         ; LS Byte of Program Address to read
BSF    STATUS, RP0    ; Bank 3
BSF    EECON1, EEPGD  ; Point to PROGRAM memory
BSF    EECON1, RD     ; EE Read

Required Sequence ;
NOP
NOP                ; Any instructions here are ignored as program
                  ; memory is read in second cycle after BSF EECON1,RD
;
BCF    STATUS, RP0    ; Bank 2
MOVF   EEDATA, W     ; W = LS Byte of Program EEDATA
MOVWF  DATAL         ;
MOVF   EEDATH, W     ; W = MS Byte of Program EEDATA
MOVWF  DATAH        ;
```

3.6 Writing to Flash Program Memory

Flash program memory may only be written to if the destination address is in a segment of memory that is not write-protected, as defined in bits WRT1:WRT0 of the device configuration word (Register 14-1). Flash program memory must be written in four-word blocks. A block consists of four words with sequential addresses, with a lower boundary defined by an address, where $EEADR<1:0> = 00$. At the same time, all block writes to program memory are done as erase and write operations. The write operation is edge-aligned and cannot occur across boundaries.

To write program data, it must first be loaded into the buffer registers (see Figure 3-1). This is accomplished by first writing the destination address to EEADR and EEADRH and then writing the data to EEDATA and EEDATH. After the address and data have been set up, then the following sequence of events must be executed:

1. Set the EEPGD control bit ($EECON1<7>$).
2. Write 55h, then AAh, to EECON2 (Flash programming sequence).
3. Set the WR control bit ($EECON1<1>$).

All four buffer register locations **MUST** be written to with correct data. If only one, two or three words are being written to in the block of four words, then a read from the program memory location(s) not being written to must be performed. This takes the data from the program location(s) not being written and loads it into the EEDATA and EEDATH registers. Then the sequence of events to transfer data to the buffer registers must be executed.

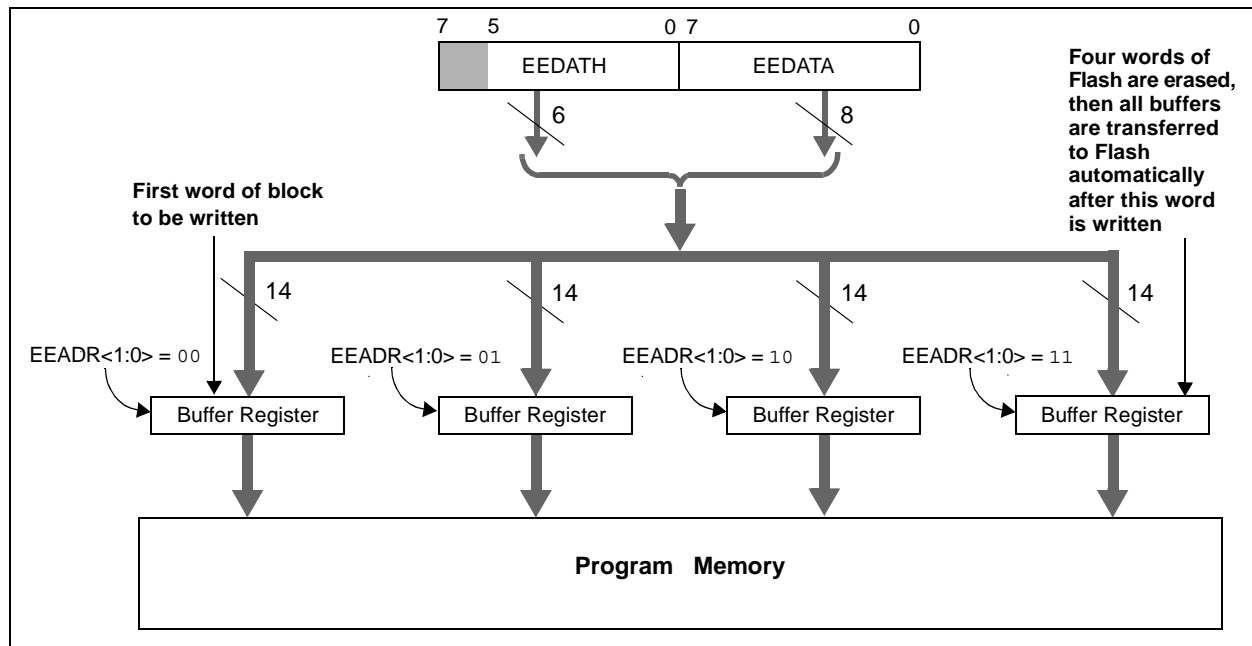
To transfer data from the buffer registers to the program memory, the EEADR and EEADRH must point to the last location in the four-word block ($EEADR<1:0> = 11$). Then the following sequence of events must be executed:

1. Set the EEPGD control bit ($EECON1<7>$).
2. Write 55h, then AAh, to EECON2 (Flash programming sequence).
3. Set control bit WR ($EECON1<1>$) to begin the write operation.

The user must follow the same specific sequence to initiate the write for each word in the program block, writing each program word in sequence (00, 01, 10, 11). When the write is performed on the last word ($EEADR<1:0> = 11$), the block of four words are automatically erased and the contents of the buffer registers are written into the program memory.

After the "BSF EECON1, WR" instruction, the processor requires two cycles to set up the erase/write operation. The user must place two NOP instructions after the WR bit is set. Since data is being written to buffer registers, the writing of the first three words of the block appears to occur immediately. The processor will halt internal operations for the typical 4 ms, only during the cycle in which the erase takes place (i.e., the last word of the four-word block). This is not Sleep mode as the clocks and peripherals will continue to run. After the write cycle, the processor will resume operation with the third instruction after the EECON1 write instruction. If the sequence is performed to any other location, the action is ignored.

FIGURE 3-1: BLOCK WRITES TO FLASH PROGRAM MEMORY



PIC16F87XA

An example of the complete four-word write sequence is shown in Example 3-4. The initial address is loaded into the EEADRH:EEADR register pair; the four words of data are loaded using indirect addressing.

EXAMPLE 3-4: WRITING TO FLASH PROGRAM MEMORY

```
; This write routine assumes the following:
;
; 1. A valid starting address (the least significant bits = '00') is loaded in ADDRH:ADDRL
; 2. The 8 bytes of data are loaded, starting at the address in DATADDR
; 3. ADDRH, ADDRL and DATADDR are all located in shared data memory 0x70 - 0x7f
;
        BSF    STATUS,RP1        ;
        BCF    STATUS,RP0        ; Bank 2
        MOVF   ADDRH,W           ; Load initial address
        MOVWF  EEADRH           ;
        MOVF   ADDRL,W          ;
        MOVWF  EEADR            ;
        MOVF   DATAADDR,W      ; Load initial data address
        MOVWF  FSR              ;
LOOP    MOVF   INDF,W           ; Load first data byte into lower
        MOVWF  EEDATA          ;
        INCF   FSR,F           ; Next byte
        MOVF   INDF,W          ; Load second data byte into upper
        MOVWF  EEDATH          ;
        INCF   FSR,F           ;
        BSF    STATUS,RP0        ; Bank 3
        BSF    EECON1,EEPGD      ; Point to program memory
        BSF    EECON1,WREN       ; Enable writes
        BCF    INTCON,GIE       ; Disable interrupts (if using)
        MOVLW  55h              ; Start of required write sequence:
        MOVWF  EECON2           ; Write 55h
        MOVLW  AAh              ;
        MOVWF  EECON2           ; Write AAh
        BSF    EECON1,WR        ; Set WR bit to begin write
        NOP                    ; Any instructions here are ignored as processor
                                ; halts to begin write sequence
        NOP                    ; processor will stop here and wait for write complete
                                ; after write processor continues with 3rd instruction
        BCF    EECON1,WREN      ; Disable writes
        BSF    INTCON,GIE       ; Enable interrupts (if using)
        BCF    STATUS,RP0        ; Bank 2
        INCF   EEADR,F          ; Increment address
        MOVF   EEADR,W          ; Check if lower two bits of address are '00'
        ANDLW  0x03            ; Indicates when four words have been programmed
        XORLW  0x03            ;
        BTFSC  STATUS,Z         ; Exit if more than four words,
        GOTO   LOOP            ; Continue if less than four words
```

Required
Sequence

3.7 Protection Against Spurious Write

There are conditions when the device should not write to the data EEPROM or Flash program memory. To protect against spurious writes, various mechanisms have been built-in. On power-up, WREN is cleared. Also, the Power-up Timer (72 ms duration) prevents an EEPROM write.

The write initiate sequence and the WREN bit together help prevent an accidental write during brown-out, power glitch or software malfunction.

3.8 Operation During Code-Protect

When the data EEPROM is code-protected, the microcontroller can read and write to the EEPROM normally. However, all external access to the EEPROM is disabled. External write access to the program memory is also disabled.

When program memory is code-protected, the microcontroller can read and write to program memory normally, as well as execute instructions. Writes by the device may be selectively inhibited to regions of the memory depending on the setting of bits WR1:WR0 of the configuration word (see **Section 14.1 “Configuration Bits”** for additional information). External access to the memory is also disabled.

TABLE 3-1: REGISTERS/BITS ASSOCIATED WITH DATA EEPROM AND FLASH PROGRAM MEMORIES

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on Reset	Value on all other Resets	
10Ch	EEDATA	EEPROM/Flash Data Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu	
10Dh	EEADR	EEPROM/Flash Address Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu	
10Eh	EEDATH	—	—	EEPROM/Flash Data Register High Byte						xxxx xxxx	---0 q000	
10Fh	EEADRH	—	—	—	EEPROM/Flash Address Register High Byte						xxxx xxxx	---- ----
18Ch	EECON1	EEPGD	—	—	—	WRERR	WREN	WR	RD	x--- x000	---0 q000	
18Dh	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								---- ----	---- ----	
0Dh	PIR2	—	CMIF	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF	-0-0 0--0	-0-0 0--0	
8Dh	PIE2	—	CMIE	—	EEIE	BCLIE	—	—	CCP2IE	-0-0 0--0	-0-0 0--0	

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0', q = value depends upon condition. Shaded cells are not used by data EEPROM or Flash program memory.

PIC16F87XA

NOTES:

4.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023).

4.1 PORTA and the TRISA Register

PORTA is a 6-bit wide, bidirectional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (= 1) will make the corresponding PORTA pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a High-Impedance mode). Clearing a TRISA bit (= 0) will make the corresponding PORTA pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

Reading the PORTA register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore, a write to a port implies that the port pins are read, the value is modified and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input to become the RA4/T0CKI pin. The RA4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and an open-drain output. All other PORTA pins have TTL input levels and full CMOS output drivers.

Other PORTA pins are multiplexed with analog inputs and the analog VREF input for both the A/D converters and the comparators. The operation of each pin is selected by clearing/setting the appropriate control bits in the ADCON1 and/or CMCON registers.

Note: On a Power-on Reset, these pins are configured as analog inputs and read as '0'. The comparators are in the off (digital) state.

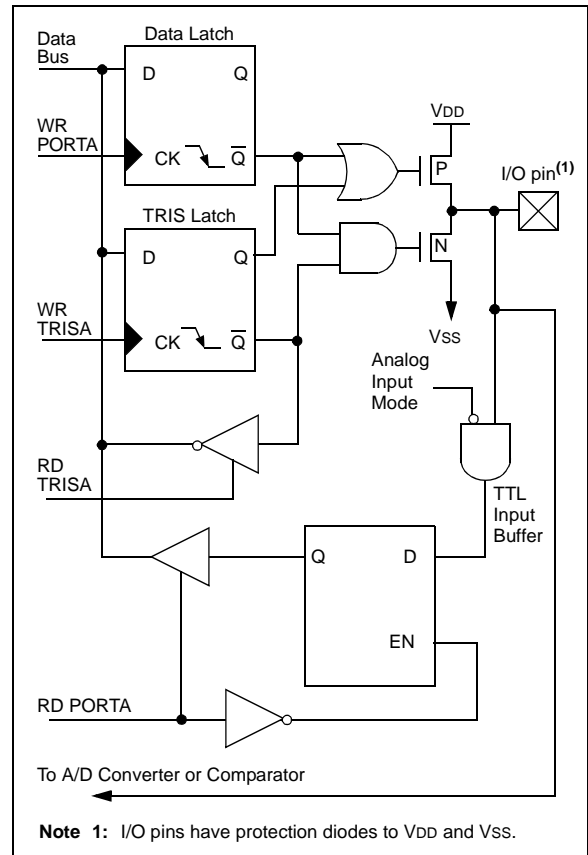
The TRISA register controls the direction of the port pins even when they are being used as analog inputs. The user must ensure the bits in the TRISA register are maintained set when using them as analog inputs.

EXAMPLE 4-1: INITIALIZING PORTA

```
BCF    STATUS, RP0 ;
BCF    STATUS, RP1 ; Bank0
CLRF   PORTA      ; Initialize PORTA by
                ; clearing output
                ; data latches

BSF    STATUS, RP0 ; Select Bank 1
MOVLW  0x06      ; Configure all pins
MOVWF  ADCON1    ; as digital inputs
MOVLW  0xCF      ; Value used to
                ; initialize data
                ; direction
MOVWF  TRISA     ; Set RA<3:0> as inputs
                ; RA<5:4> as outputs
                ; TRISA<7:6>are always
                ; read as '0'.
```

FIGURE 4-1: BLOCK DIAGRAM OF RA3:RA0 PINS



PIC16F87XA

FIGURE 4-2: BLOCK DIAGRAM OF RA4/T0CKI PIN

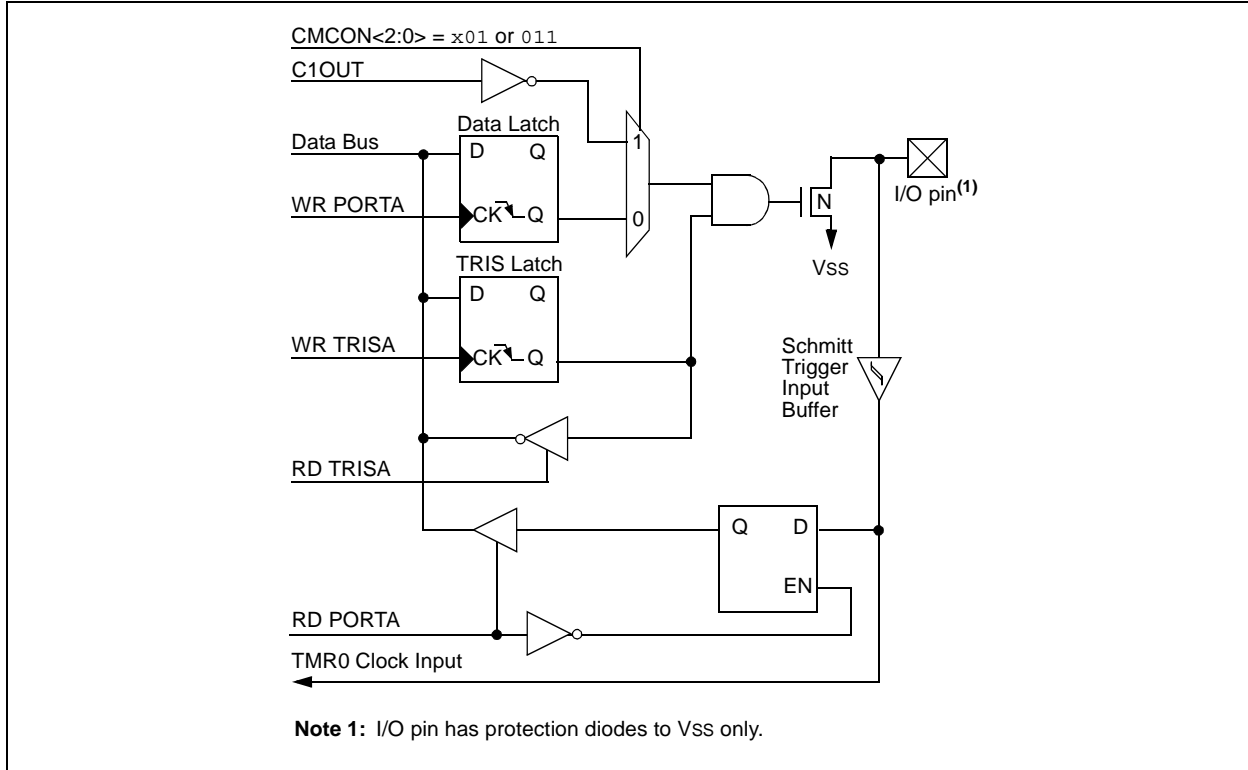


FIGURE 4-3: BLOCK DIAGRAM OF RA5 PIN

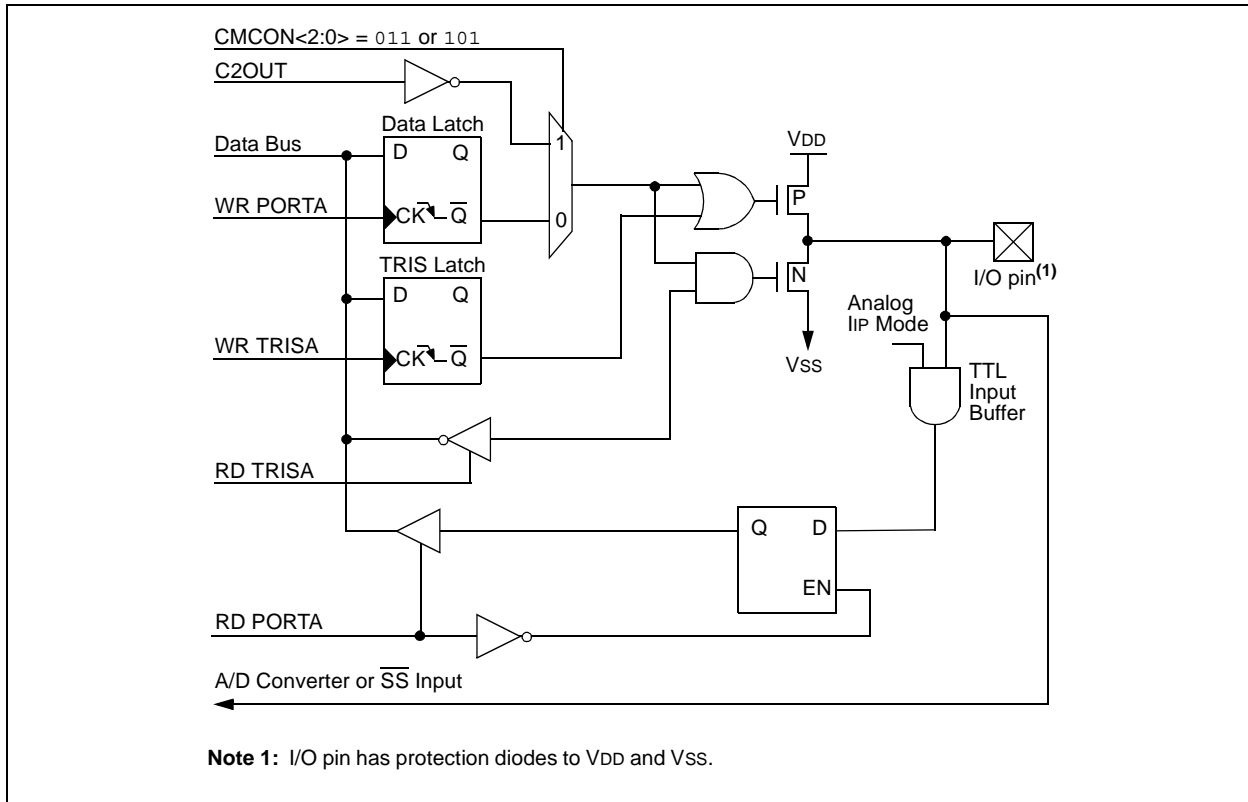


TABLE 4-1: PORTA FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit 0	TTL	Input/output or analog input.
RA1/AN1	bit 1	TTL	Input/output or analog input.
RA2/AN2/VREF-/CVREF	bit 2	TTL	Input/output or analog input or VREF- or CVREF.
RA3/AN3/VREF+	bit 3	TTL	Input/output or analog input or VREF+.
RA4/T0CKI/C1OUT	bit 4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 or comparator output. Output is open-drain type.
RA5/AN4/ \overline{SS} /C2OUT	bit 5	TTL	Input/output or analog input or slave select input for synchronous serial port or comparator output.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

TABLE 4-2: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Ch	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0111	0000 0111
9Dh	CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0	000- 0000	000- 0000
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	00-- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

Note: When using the SSP module in SPI Slave mode and \overline{SS} enabled, the A/D converter must be set to one of the following modes, where PCFG3:PCFG0 = 0100, 0101, 011x, 1101, 1110, 1111.

PIC16F87XA

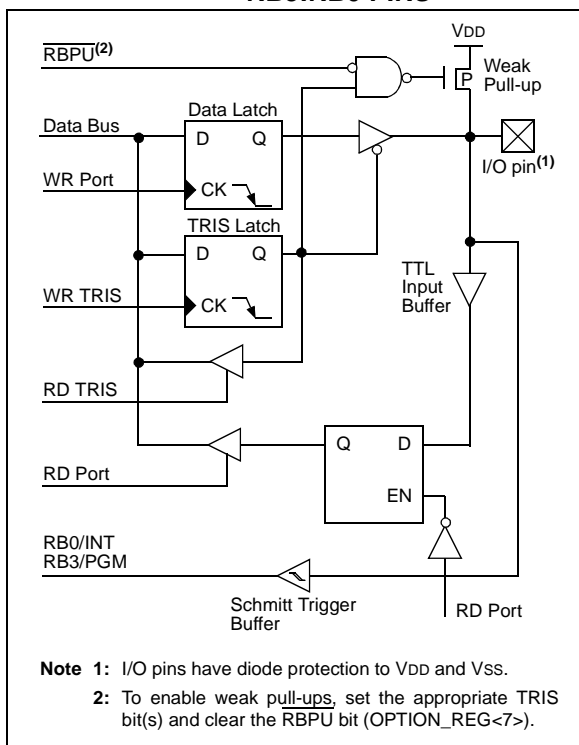
4.2 PORTB and the TRISB Register

PORTB is an 8-bit wide, bidirectional port. The corresponding data direction register is TRISB. Setting a TRISB bit (= 1) will make the corresponding PORTB pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a High-Impedance mode). Clearing a TRISB bit (= 0) will make the corresponding PORTB pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

Three pins of PORTB are multiplexed with the In-Circuit Debugger and Low-Voltage Programming function: RB3/PGM, RB6/PGC and RB7/PGD. The alternate functions of these pins are described in **Section 14.0 “Special Features of the CPU”**.

Each of the PORTB pins has a weak internal pull-up. A single control bit can turn on all the pull-ups. This is performed by clearing bit $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ (OPTION_REG<7>). The weak pull-up is automatically turned off when the port pin is configured as an output. The pull-ups are disabled on a Power-on Reset.

FIGURE 4-4: BLOCK DIAGRAM OF RB3:RB0 PINS



Four of the PORTB pins, RB7:RB4, have an interrupt-on-change feature. Only pins configured as inputs can cause this interrupt to occur (i.e., any RB7:RB4 pin configured as an output is excluded from the interrupt-on-change comparison). The input pins (of RB7:RB4) are compared with the old value latched on the last read of PORTB. The “mismatch” outputs of RB7:RB4 are OR’ed together to generate the RB port change interrupt with flag bit RBIF (INTCON<0>).

This interrupt can wake the device from Sleep. The user, in the Interrupt Service Routine, can clear the interrupt in the following manner:

- Any read or write of PORTB. This will end the mismatch condition.
- Clear flag bit RBIF.

A mismatch condition will continue to set flag bit RBIF. Reading PORTB will end the mismatch condition and allow flag bit RBIF to be cleared.

The interrupt-on-change feature is recommended for wake-up on key depression operation and operations where PORTB is only used for the interrupt-on-change feature. Polling of PORTB is not recommended while using the interrupt-on-change feature.

This interrupt-on-mismatch feature, together with software configurable pull-ups on these four pins, allow easy interface to a keypad and make it possible for wake-up on key depression. Refer to the application note, AN552, “Implementing Wake-up on Key Stroke” (DS00552).

RB0/INT is an external interrupt input pin and is configured using the INTEDG bit (OPTION_REG<6>).

RB0/INT is discussed in detail in **Section 14.11.1 “INT Interrupt”**.

FIGURE 4-5: BLOCK DIAGRAM OF RB7:RB4 PINS

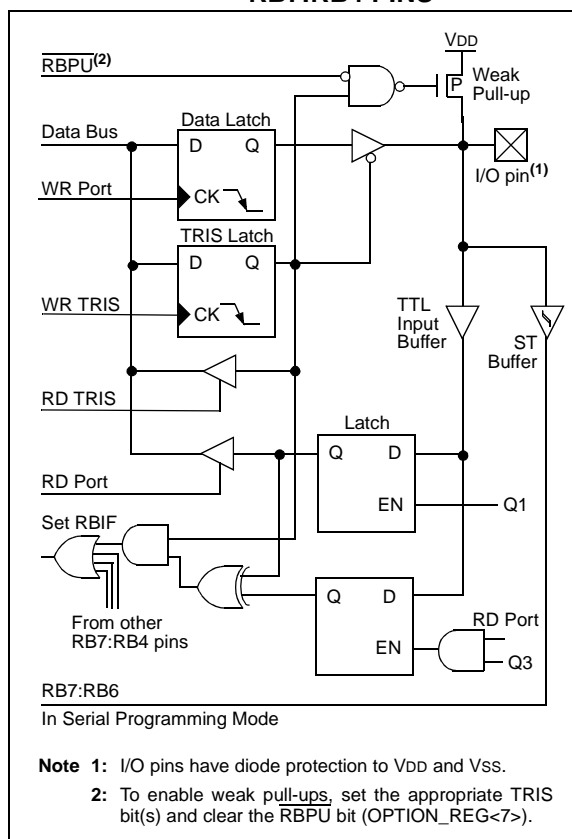


TABLE 4-3: PORTB FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT	bit 0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1	bit 1	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB2	bit 2	TTL	Input/output pin. Internal software programmable weak pull-up.
RB3/PGM ⁽³⁾	bit 3	TTL	Input/output pin or programming pin in LVP mode. Internal software programmable weak pull-up.
RB4	bit 4	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5	bit 5	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB6/PGC	bit 6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change) or in-circuit debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit 7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change) or in-circuit debugger pin. Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode or in-circuit debugger.

3: Low-Voltage ICSP Programming (LVP) is enabled by default which disables the RB3 I/O function. LVP must be disabled to enable RB3 as an I/O pin and allow maximum compatibility to the other 28-pin and 40-pin mid-range devices.

TABLE 4-4: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTB

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
06h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

PIC16F87XA

4.3 PORTC and the TRISC Register

PORTC is an 8-bit wide, bidirectional port. The corresponding data direction register is TRISC. Setting a TRISC bit (= 1) will make the corresponding PORTC pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a High-Impedance mode). Clearing a TRISC bit (= 0) will make the corresponding PORTC pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

PORTC is multiplexed with several peripheral functions (Table 4-5). PORTC pins have Schmitt Trigger input buffers.

When the I²C module is enabled, the PORTC<4:3> pins can be configured with normal I²C levels, or with SMBus levels, by using the CKE bit (SSPSTAT<6>).

When enabling peripheral functions, care should be taken in defining TRIS bits for each PORTC pin. Some peripherals override the TRIS bit to make a pin an output, while other peripherals override the TRIS bit to make a pin an input. Since the TRIS bit override is in effect while the peripheral is enabled, read-modify-write instructions (BSF, BCF, XORWF) with TRISC as the destination, should be avoided. The user should refer to the corresponding peripheral section for the correct TRIS bit settings.

FIGURE 4-6: PORTC BLOCK DIAGRAM (PERIPHERAL OUTPUT OVERRIDE) RC<2:0>, RC<7:5>

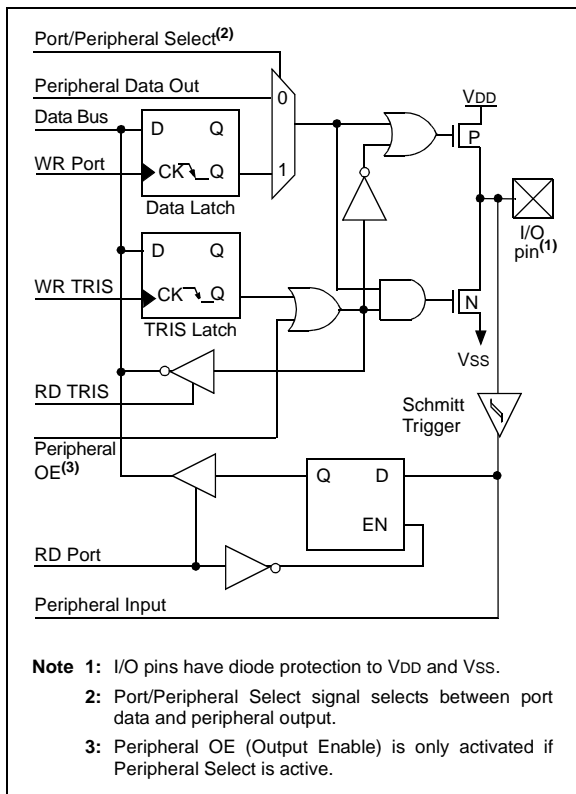


FIGURE 4-7: PORTC BLOCK DIAGRAM (PERIPHERAL OUTPUT OVERRIDE) RC<4:3>

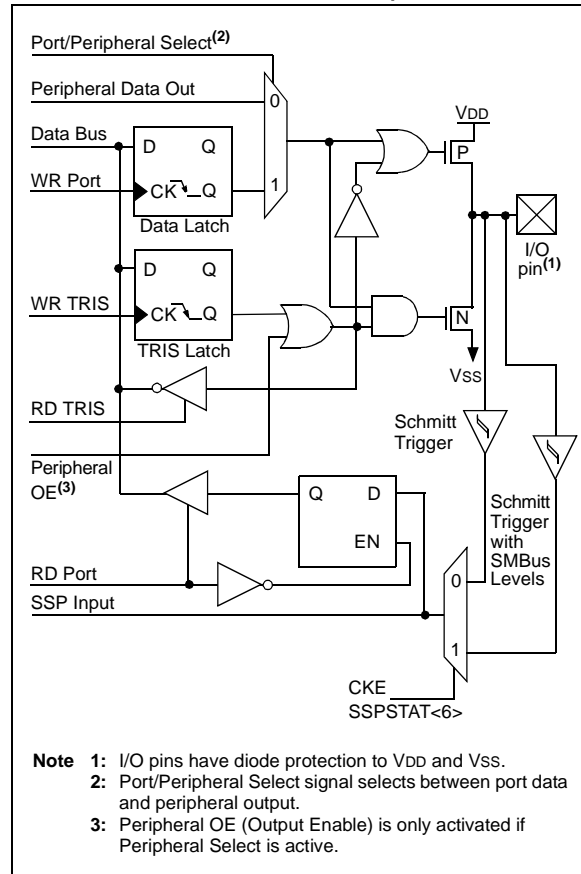


TABLE 4-5: PORTC FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1OSO/T1CKI	bit 0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output/Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	bit 1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	bit 2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	bit 3	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock for both SPI and I ² C modes.
RC4/SDI/SDA	bit 4	ST	RC4 can also be the SPI data in (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	bit 5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output.
RC6/TX/CK	bit 6	ST	Input/output port pin or USART asynchronous transmit or synchronous clock.
RC7/RX/DT	bit 7	ST	Input/output port pin or USART asynchronous receive or synchronous data.

Legend: ST = Schmitt Trigger input

TABLE 4-6: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTC

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
07h	PORTC	RC7	RC6	RC5	RC4	RC3	RC2	RC1	RC0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged

PIC16F87XA

4.4 PORTD and TRISD Registers

Note: PORTD and TRISD are not implemented on the 28-pin devices.

PORTD is an 8-bit port with Schmitt Trigger input buffers. Each pin is individually configurable as an input or output.

PORTD can be configured as an 8-bit wide microprocessor port (Parallel Slave Port) by setting control bit, PSPMODE (TRISE<4>). In this mode, the input buffers are TTL.

FIGURE 4-8: PORTD BLOCK DIAGRAM (IN I/O PORT MODE)

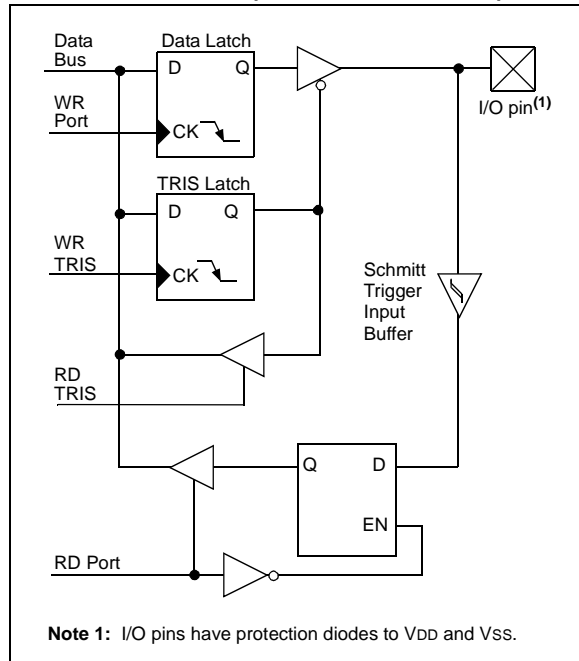


TABLE 4-7: PORTD FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RD0/PSP0	bit 0	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 0.
RD1/PSP1	bit 1	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 1.
RD2/PSP2	bit 2	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 2.
RD3/PSP3	bit 3	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 3.
RD4/PSP4	bit 4	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 4.
RD5/PSP5	bit 5	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 5.
RD6/PSP6	bit 6	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 6.
RD7/PSP7	bit 7	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Parallel Slave Port bit 7.

Legend: ST = Schmitt Trigger input, TTL = TTL input

Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffers when in Parallel Slave Port mode.

TABLE 4-8: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTD

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
08h	PORTD	RD7	RD6	RD5	RD4	RD3	RD2	RD1	RD0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
88h	TRISD	PORTD Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction Bits			0000 -111	0000 -111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by PORTD.

4.5 PORTE and TRISE Register

Note: PORTE and TRISE are not implemented on the 28-pin devices.

PORTE has three pins (RE0/ \overline{RD} /AN5, RE1/ \overline{WR} /AN6 and RE2/ \overline{CS} /AN7) which are individually configurable as inputs or outputs. These pins have Schmitt Trigger input buffers.

The PORTE pins become the I/O control inputs for the microprocessor port when bit PSPMODE (TRISE<4>) is set. In this mode, the user must make certain that the TRISE<2:0> bits are set and that the pins are configured as digital inputs. Also, ensure that ADCON1 is configured for digital I/O. In this mode, the input buffers are TTL.

Register 4-1 shows the TRISE register which also controls the Parallel Slave Port operation.

PORTE pins are multiplexed with analog inputs. When selected for analog input, these pins will read as '0's.

TRISE controls the direction of the RE pins, even when they are being used as analog inputs. The user must make sure to keep the pins configured as inputs when using them as analog inputs.

Note: On a Power-on Reset, these pins are configured as analog inputs and read as '0'.

FIGURE 4-9: PORTE BLOCK DIAGRAM (IN I/O PORT MODE)

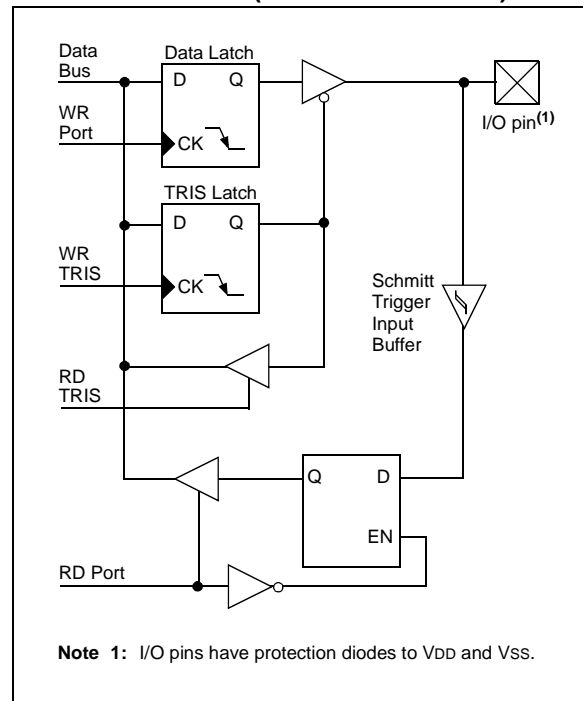


TABLE 4-9: PORTE FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RE0/ \overline{RD} /AN5	bit 0	ST/TTL ⁽¹⁾	I/O port pin or read control input in Parallel Slave Port mode or analog input: \overline{RD} 1 = Idle 0 = Read operation. Contents of PORTD register are output to PORTD I/O pins (if chip selected).
RE1/ \overline{WR} /AN6	bit 1	ST/TTL ⁽¹⁾	I/O port pin or write control input in Parallel Slave Port mode or analog input: \overline{WR} 1 = Idle 0 = Write operation. Value of PORTD I/O pins is latched into PORTD register (if chip selected).
RE2/ \overline{CS} /AN7	bit 2	ST/TTL ⁽¹⁾	I/O port pin or chip select control input in Parallel Slave Port mode or analog input: \overline{CS} 1 = Device is not selected 0 = Device is selected

Legend: ST = Schmitt Trigger input, TTL = TTL input

Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffers when in Parallel Slave Port mode.

PIC16F87XA

TABLE 4-10: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTE

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
09h	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits			0000 -111	0000 -111
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	00-- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by PORTE.

REGISTER 4-1: TRISE REGISTER (ADDRESS 89h)

	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1
	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	Bit 2	Bit 1	Bit 0
bit 7								bit 0

Parallel Slave Port Status/Control Bits:

- bit 7 **IBF:** Input Buffer Full Status bit
1 = A word has been received and is waiting to be read by the CPU
0 = No word has been received
- bit 6 **OBF:** Output Buffer Full Status bit
1 = The output buffer still holds a previously written word
0 = The output buffer has been read
- bit 5 **IBOV:** Input Buffer Overflow Detect bit (in Microprocessor mode)
1 = A write occurred when a previously input word has not been read (must be cleared in software)
0 = No overflow occurred
- bit 4 **PSPMODE:** Parallel Slave Port Mode Select bit
1 = PORTD functions in Parallel Slave Port mode
0 = PORTD functions in general purpose I/O mode
- bit 3 **Unimplemented:** Read as '0'
- PORTE Data Direction Bits:**
- bit 2 **Bit 2:** Direction Control bit for pin RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7
1 = Input
0 = Output
- bit 1 **Bit 1:** Direction Control bit for pin RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6
1 = Input
0 = Output
- bit 0 **Bit 0:** Direction Control bit for pin RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5
1 = Input
0 = Output

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

4.6 Parallel Slave Port

The Parallel Slave Port (PSP) is not implemented on the PIC16F873A or PIC16F876A.

PORTD operates as an 8-bit wide Parallel Slave Port, or microprocessor port, when control bit PSPMODE (TRISE<4>) is set. In Slave mode, it is asynchronously readable and writable by the external world through \overline{RD} control input pin, RE0/ \overline{RD} /AN5, and \overline{WR} control input pin, RE1/ \overline{WR} /AN6.

The PSP can directly interface to an 8-bit microprocessor data bus. The external microprocessor can read or write the PORTD latch as an 8-bit latch. Setting bit PSPMODE enables port pin RE0/ \overline{RD} /AN5 to be the \overline{RD} input, RE1/ \overline{WR} /AN6 to be the \overline{WR} input and RE2/ \overline{CS} /AN7 to be the CS (Chip Select) input. For this functionality, the corresponding data direction bits of the TRISE register (TRISE<2:0>) must be configured as inputs (set). The A/D port configuration bits, PCFG3:PCFG0 (ADCON1<3:0>), must be set to configure pins RE2:RE0 as digital I/O.

There are actually two 8-bit latches: one for data output and one for data input. The user writes 8-bit data to the PORTD data latch and reads data from the port pin latch (note that they have the same address). In this mode, the TRISD register is ignored since the external device is controlling the direction of data flow.

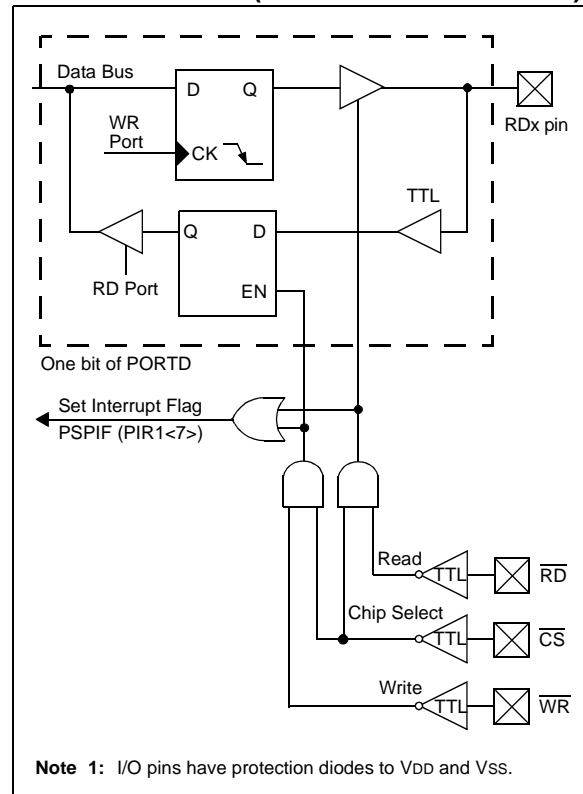
A write to the PSP occurs when both the \overline{CS} and \overline{WR} lines are first detected low. When either the \overline{CS} or \overline{WR} lines become high (level triggered), the Input Buffer Full (IBF) status flag bit (TRISE<7>) is set on the Q4 clock cycle, following the next Q2 cycle, to signal the write is complete (Figure 4-11). The interrupt flag bit, PSPIF (PIR1<7>), is also set on the same Q4 clock cycle. IBF can only be cleared by reading the PORTD input latch. The Input Buffer Overflow (IBOV) status flag bit (TRISE<5>) is set if a second write to the PSP is attempted when the previous byte has not been read out of the buffer.

A read from the PSP occurs when both the \overline{CS} and \overline{RD} lines are first detected low. The Output Buffer Full (OBF) status flag bit (TRISE<6>) is cleared immediately (Figure 4-12), indicating that the PORTD latch is waiting to be read by the external bus. When either the \overline{CS} or \overline{RD} pin becomes high (level triggered), the interrupt flag bit PSPIF is set on the Q4 clock cycle, following the next Q2 cycle, indicating that the read is complete. OBF remains low until data is written to PORTD by the user firmware.

When not in PSP mode, the IBF and OBF bits are held clear. However, if flag bit IBOV was previously set, it must be cleared in firmware.

An interrupt is generated and latched into flag bit PSPIF when a read or write operation is completed. PSPIF must be cleared by the user in firmware and the interrupt can be disabled by clearing the interrupt enable bit PSPIE (PIE1<7>).

FIGURE 4-10: PORTD AND PORTE BLOCK DIAGRAM (PARALLEL SLAVE PORT)



PIC16F87XA

FIGURE 4-11: PARALLEL SLAVE PORT WRITE WAVEFORMS

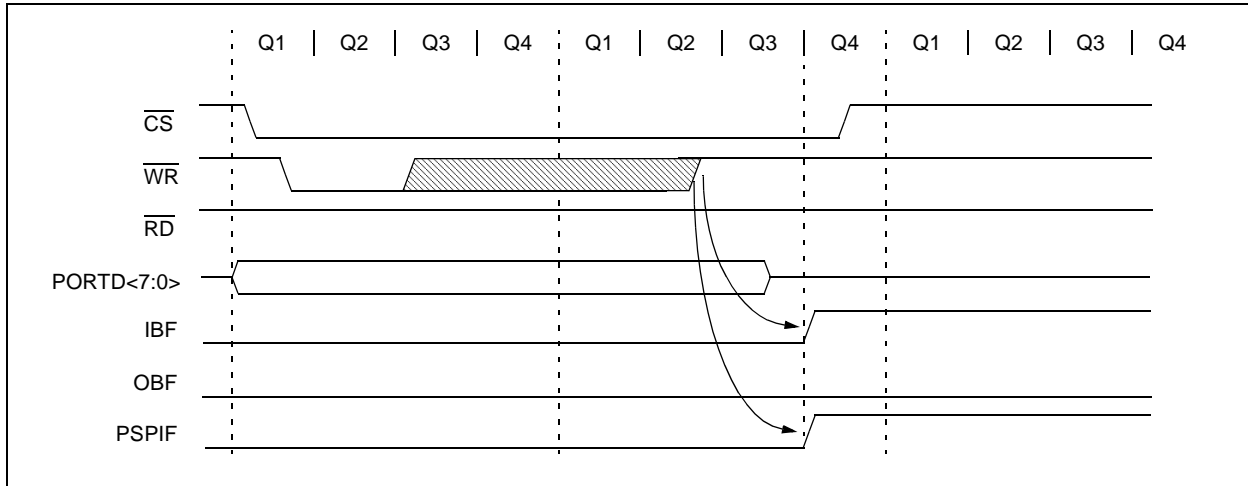


FIGURE 4-12: PARALLEL SLAVE PORT READ WAVEFORMS

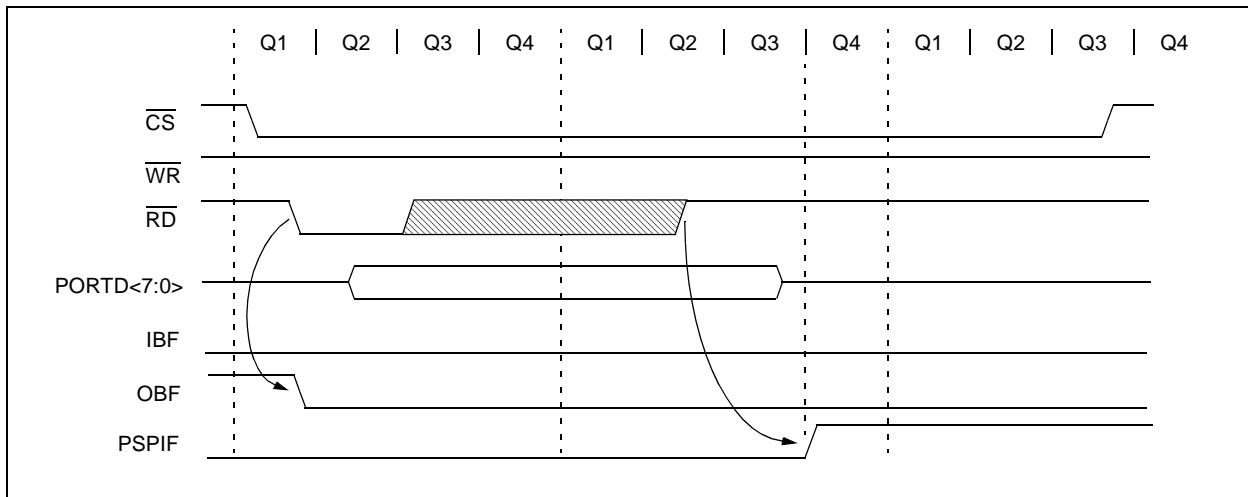


TABLE 4-11: REGISTERS ASSOCIATED WITH PARALLEL SLAVE PORT

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
08h	PORTD	Port Data Latch when written; Port pins when read								xxxx xxxx	uuuu uuuu
09h	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu
89h	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits			0000 -111	0000 -111
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	00-- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the Parallel Slave Port.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the PIC16F873A/876A; always maintain these bits clear.

5.0 TIMER0 MODULE

The Timer0 module timer/counter has the following features:

- 8-bit timer/counter
- Readable and writable
- 8-bit software programmable prescaler
- Internal or external clock select
- Interrupt on overflow from FFh to 00h
- Edge select for external clock

Figure 5-1 is a block diagram of the Timer0 module and the prescaler shared with the WDT.

Additional information on the Timer0 module is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

Timer mode is selected by clearing bit T0CS (OPTION_REG<5>). In Timer mode, the Timer0 module will increment every instruction cycle (without prescaler). If the TMR0 register is written, the increment is inhibited for the following two instruction cycles. The user can work around this by writing an adjusted value to the TMR0 register.

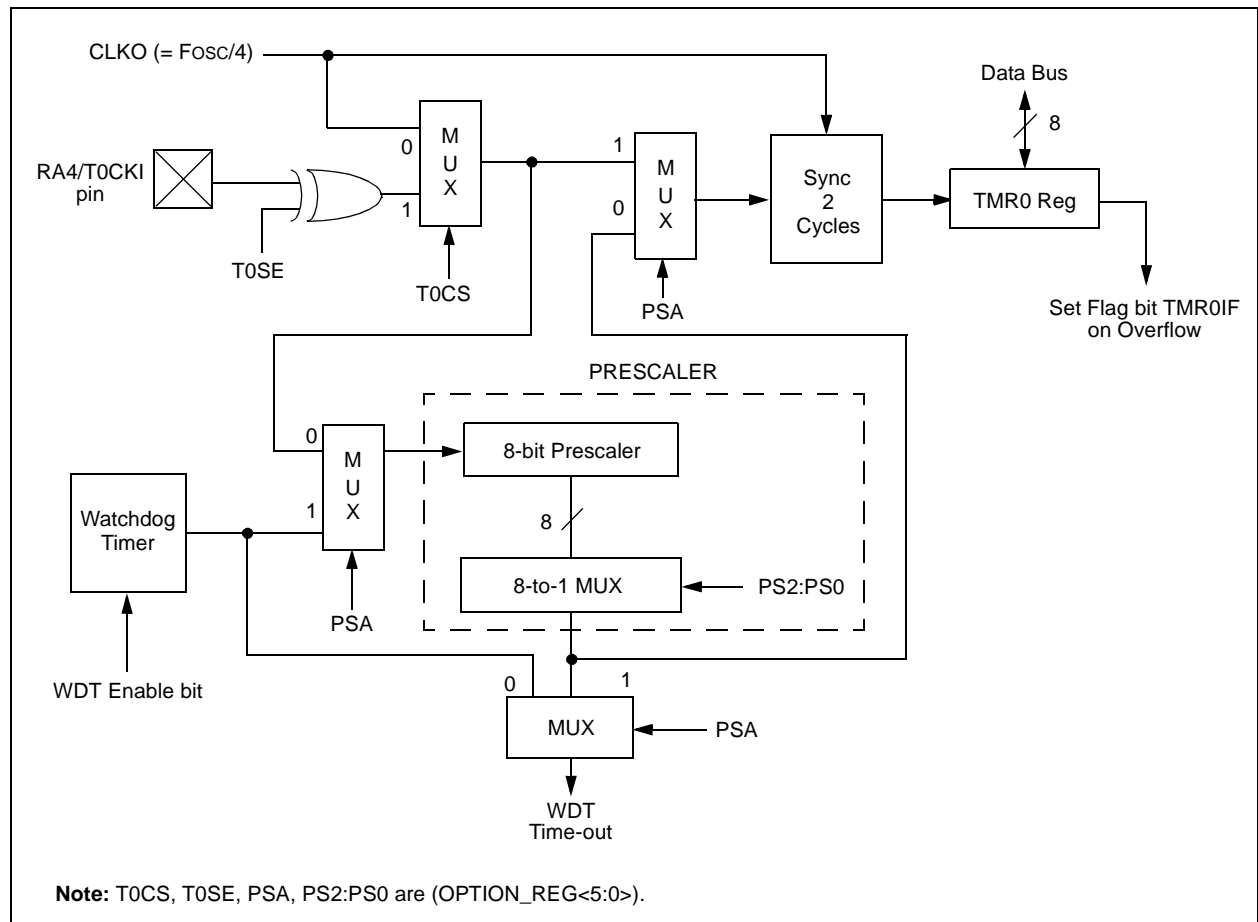
Counter mode is selected by setting bit T0CS (OPTION_REG<5>). In Counter mode, Timer0 will increment either on every rising or falling edge of pin RA4/T0CKI. The incrementing edge is determined by the Timer0 Source Edge Select bit, T0SE (OPTION_REG<4>). Clearing bit T0SE selects the rising edge. Restrictions on the external clock input are discussed in detail in **Section 5.2 “Using Timer0 with an External Clock”**.

The prescaler is mutually exclusively shared between the Timer0 module and the Watchdog Timer. The prescaler is not readable or writable. **Section 5.3 “Prescaler”** details the operation of the prescaler.

5.1 Timer0 Interrupt

The TMR0 interrupt is generated when the TMR0 register overflows from FFh to 00h. This overflow sets bit TMR0IF (INTCON<2>). The interrupt can be masked by clearing bit TMR0IE (INTCON<5>). Bit TMR0IF must be cleared in software by the Timer0 module Interrupt Service Routine before re-enabling this interrupt. The TMR0 interrupt cannot awaken the processor from Sleep since the timer is shut-off during Sleep.

FIGURE 5-1: BLOCK DIAGRAM OF THE TIMER0/WDT PRESCALER



PIC16F87XA

5.2 Using Timer0 with an External Clock

When no prescaler is used, the external clock input is the same as the prescaler output. The synchronization of T0CKI with the internal phase clocks is accomplished by sampling the prescaler output on the Q2 and Q4 cycles of the internal phase clocks. Therefore, it is necessary for T0CKI to be high for at least 2 TOSC (and a small RC delay of 20 ns) and low for at least 2 TOSC (and a small RC delay of 20 ns). Refer to the electrical specification of the desired device.

5.3 Prescaler

There is only one prescaler available which is mutually exclusively shared between the Timer0 module and the Watchdog Timer. A prescaler assignment for the

Timer0 module means that there is no prescaler for the Watchdog Timer and vice versa. This prescaler is not readable or writable (see Figure 5-1).

The PSA and PS2:PS0 bits (OPTION_REG<3:0>) determine the prescaler assignment and prescale ratio.

When assigned to the Timer0 module, all instructions writing to the TMR0 register (e.g., CLRF 1, MOVWF 1, BSF 1, x....etc.) will clear the prescaler. When assigned to WDT, a CLRWDT instruction will clear the prescaler along with the Watchdog Timer. The prescaler is not readable or writable.

Note: Writing to TMR0 when the prescaler is assigned to Timer0 will clear the prescaler count, but will not change the prescaler assignment.

REGISTER 5-1: OPTION_REG REGISTER

	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
	<u>RBPU</u>	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
	bit 7							bit 0
bit 7	<u>RBPU</u>							
bit 6	INTEDG							
bit 5	T0CS: TMR0 Clock Source Select bit							
	1 = Transition on T0CKI pin							
	0 = Internal instruction cycle clock (CLKO)							
bit 4	T0SE: TMR0 Source Edge Select bit							
	1 = Increment on high-to-low transition on T0CKI pin							
	0 = Increment on low-to-high transition on T0CKI pin							
bit 3	PSA: Prescaler Assignment bit							
	1 = Prescaler is assigned to the WDT							
	0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module							
bit 2-0	PS2:PS0: Prescaler Rate Select bits							
	Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate					
	000	1 : 2	1 : 1					
	001	1 : 4	1 : 2					
	010	1 : 8	1 : 4					
	011	1 : 16	1 : 8					
	100	1 : 32	1 : 16					
	101	1 : 64	1 : 32					
	110	1 : 128	1 : 64					
	111	1 : 256	1 : 128					

Legend:

R = Readable bit W = Writable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
 - n = Value at POR '1' = Bit is set '0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

Note: To avoid an unintended device Reset, the instruction sequence shown in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023) must be executed when changing the prescaler assignment from Timer0 to the WDT. This sequence must be followed even if the WDT is disabled.

TABLE 5-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH TIMER0

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
01h,101h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Bh,8Bh, 10Bh,18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
81h,181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by Timer0.

PIC16F87XA

NOTES:

6.0 TIMER1 MODULE

The Timer1 module is a 16-bit timer/counter consisting of two 8-bit registers (TMR1H and TMR1L) which are readable and writable. The TMR1 register pair (TMR1H:TMR1L) increments from 0000h to FFFFh and rolls over to 0000h. The TMR1 interrupt, if enabled, is generated on overflow which is latched in interrupt flag bit, TMR1IF (PIR1<0>). This interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing TMR1 interrupt enable bit, TMR1IE (PIE1<0>).

Timer1 can operate in one of two modes:

- As a Timer
- As a Counter

The operating mode is determined by the clock select bit, TMR1CS (T1CON<1>).

In Timer mode, Timer1 increments every instruction cycle. In Counter mode, it increments on every rising edge of the external clock input.

Timer1 can be enabled/disabled by setting/clearing control bit, TMR1ON (T1CON<0>).

Timer1 also has an internal "Reset input". This Reset can be generated by either of the two CCP modules (**Section 8.0 "Capture/Compare/PWM Modules"**). Register 6-1 shows the Timer1 Control register.

When the Timer1 oscillator is enabled (T1OSCEN is set), the RC1/T1OSI/CCP2 and RC0/T1OSO/T1CKI pins become inputs. That is, the TRISC<1:0> value is ignored and these pins read as '0'.

Additional information on timer modules is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 6-1: T1CON: TIMER1 CONTROL REGISTER (ADDRESS 10h)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON	
bit 7								bit 0

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-4 **T1CKPS1:T1CKPS0:** Timer1 Input Clock Prescale Select bits

11 = 1:8 prescale value
 10 = 1:4 prescale value
 01 = 1:2 prescale value
 00 = 1:1 prescale value

bit 3 **T1OSCEN:** Timer1 Oscillator Enable Control bit

1 = Oscillator is enabled
 0 = Oscillator is shut-off (the oscillator inverter is turned off to eliminate power drain)

bit 2 **$\overline{T1SYNC}$:** Timer1 External Clock Input Synchronization Control bit

When TMR1CS = 1:

1 = Do not synchronize external clock input
 0 = Synchronize external clock input

When TMR1CS = 0:

This bit is ignored. Timer1 uses the internal clock when TMR1CS = 0.

bit 1 **TMR1CS:** Timer1 Clock Source Select bit

1 = External clock from pin RC0/T1OSO/T1CKI (on the rising edge)
 0 = Internal clock (Fosc/4)

bit 0 **TMR1ON:** Timer1 On bit

1 = Enables Timer1
 0 = Stops Timer1

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

6.1 Timer1 Operation in Timer Mode

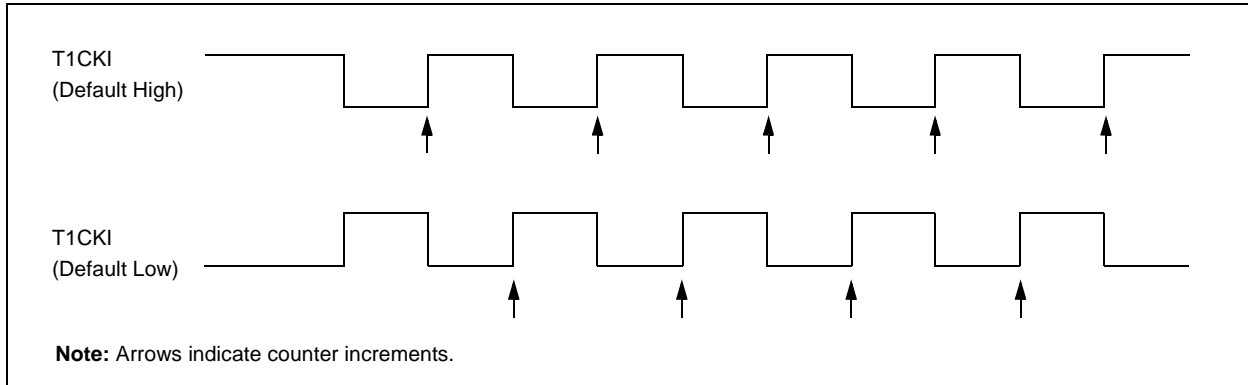
Timer mode is selected by clearing the TMR1CS (T1CON<1>) bit. In this mode, the input clock to the timer is $F_{osc}/4$. The synchronize control bit, $\overline{T1SYNC}$ (T1CON<2>), has no effect since the internal clock is always in sync.

6.2 Timer1 Counter Operation

Timer1 may operate in either a Synchronous, or an Asynchronous mode, depending on the setting of the TMR1CS bit.

When Timer1 is being incremented via an external source, increments occur on a rising edge. After Timer1 is enabled in Counter mode, the module must first have a falling edge before the counter begins to increment.

FIGURE 6-1: TIMER1 INCREMENTING EDGE



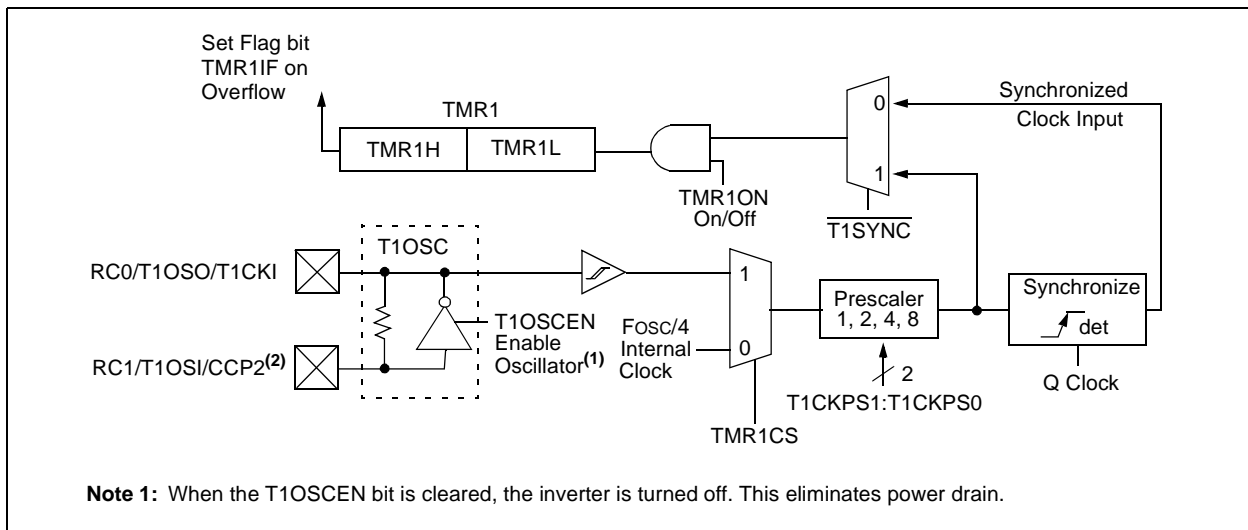
6.3 Timer1 Operation in Synchronized Counter Mode

Counter mode is selected by setting bit TMR1CS. In this mode, the timer increments on every rising edge of clock input on pin RC1/T1OSI/CCP2 when bit T1OSCEN is set, or on pin RC0/T1OSO/T1CKI when bit T1OSCEN is cleared.

If $\overline{T1SYNC}$ is cleared, then the external clock input is synchronized with internal phase clocks. The synchronization is done after the prescaler stage. The prescaler stage is an asynchronous ripple counter.

In this configuration, during Sleep mode, Timer1 will not increment even if the external clock is present since the synchronization circuit is shut-off. The prescaler, however, will continue to increment.

FIGURE 6-2: TIMER1 BLOCK DIAGRAM



6.4 Timer1 Operation in Asynchronous Counter Mode

If control bit $\overline{T1SYNC}$ (T1CON<2>) is set, the external clock input is not synchronized. The timer continues to increment asynchronous to the internal phase clocks. The timer will continue to run during Sleep and can generate an interrupt-on-overflow which will wake-up the processor. However, special precautions in software are needed to read/write the timer.

In Asynchronous Counter mode, Timer1 cannot be used as a time base for capture or compare operations.

6.4.1 READING AND WRITING TIMER1 IN ASYNCHRONOUS COUNTER MODE

Reading TMR1H or TMR1L while the timer is running from an external asynchronous clock will ensure a valid read (taken care of in hardware). However, the user should keep in mind that reading the 16-bit timer in two 8-bit values itself, poses certain problems, since the timer may overflow between the reads.

For writes, it is recommended that the user simply stop the timer and write the desired values. A write contention may occur by writing to the timer registers while the register is incrementing. This may produce an unpredictable value in the timer register.

Reading the 16-bit value requires some care. Examples 12-2 and 12-3 in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023) show how to read and write Timer1 when it is running in Asynchronous mode.

6.5 Timer1 Oscillator

A crystal oscillator circuit is built-in between pins T1OSI (input) and T1OSO (amplifier output). It is enabled by setting control bit, T1OSCEN (T1CON<3>). The oscillator is a low-power oscillator, rated up to 200 kHz. It will continue to run during Sleep. It is primarily intended for use with a 32 kHz crystal. Table 6-1 shows the capacitor selection for the Timer1 oscillator.

The Timer1 oscillator is identical to the LP oscillator. The user must provide a software time delay to ensure proper oscillator start-up.

TABLE 6-1: CAPACITOR SELECTION FOR THE TIMER1 OSCILLATOR

Osc Type	Freq.	C1	C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	100 kHz	15 pF	15 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
These values are for design guidance only.			
Crystals Tested:			
32.768 kHz	Epson C-001R32.768K-A	± 20 PPM	
100 kHz	Epson C-2 100.00 KC-P	± 20 PPM	
200 kHz	STD XTL 200.000 kHz	± 20 PPM	

Note 1: Higher capacitance increases the stability of oscillator but also increases the start-up time.

2: Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components.

6.6 Resetting Timer1 Using a CCP Trigger Output

If the CCP1 or CCP2 module is configured in Compare mode to generate a “special event trigger” (CCP1M3:CCP1M0 = 1011), this signal will reset Timer1.

Note: The special event triggers from the CCP1 and CCP2 modules will not set interrupt flag bit, TMR1IF (PIR1<0>).

Timer1 must be configured for either Timer or Synchronized Counter mode to take advantage of this feature. If Timer1 is running in Asynchronous Counter mode, this Reset operation may not work.

In the event that a write to Timer1 coincides with a special event trigger from CCP1 or CCP2, the write will take precedence.

In this mode of operation, the CCPRxH:CCPRxL register pair effectively becomes the period register for Timer1.

PIC16F87XA

6.7 Resetting of Timer1 Register Pair (TMR1H, TMR1L)

TMR1H and TMR1L registers are not reset to 00h on a POR, or any other Reset, except by the CCP1 and CCP2 special event triggers.

T1CON register is reset to 00h on a Power-on Reset, or a Brown-out Reset, which shuts off the timer and leaves a 1:1 prescale. In all other Resets, the register is unaffected.

6.8 Timer1 Prescaler

The prescaler counter is cleared on writes to the TMR1H or TMR1L registers.

TABLE 6-2: REGISTERS ASSOCIATED WITH TIMER1 AS A TIMER/COUNTER

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	$\overline{T1SYNC}$	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the Timer1 module.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on the 28-pin devices; always maintain these bits clear.

7.0 TIMER2 MODULE

Timer2 is an 8-bit timer with a prescaler and a postscaler. It can be used as the PWM time base for the PWM mode of the CCP module(s). The TMR2 register is readable and writable and is cleared on any device Reset.

The input clock ($F_{osc}/4$) has a prescale option of 1:1, 1:4 or 1:16, selected by control bits T2CKPS1:T2CKPS0 (T2CON<1:0>).

The Timer2 module has an 8-bit period register, PR2. Timer2 increments from 00h until it matches PR2 and then resets to 00h on the next increment cycle. PR2 is a readable and writable register. The PR2 register is initialized to FFh upon Reset.

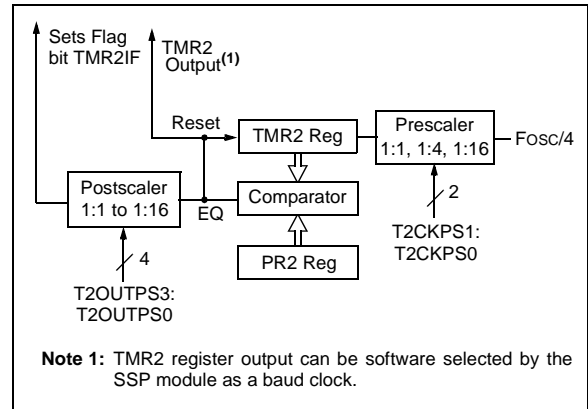
The match output of TMR2 goes through a 4-bit postscaler (which gives a 1:1 to 1:16 scaling inclusive) to generate a TMR2 interrupt (latched in flag bit, TMR2IF (PIR1<1>)).

Timer2 can be shut-off by clearing control bit, TMR2ON (T2CON<2>), to minimize power consumption.

Register 7-1 shows the Timer2 Control register.

Additional information on timer modules is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

FIGURE 7-1: TIMER2 BLOCK DIAGRAM



REGISTER 7-1: T2CON: TIMER2 CONTROL REGISTER (ADDRESS 12h)

U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0
bit 7							bit 0

- bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 6-3 **TOUTPS3:TOUTPS0:** Timer2 Output Postscale Select bits
 - 0000 = 1:1 postscale
 - 0001 = 1:2 postscale
 - 0010 = 1:3 postscale
 -
 -
 -
 - 1111 = 1:16 postscale
- bit 2 **TMR2ON:** Timer2 On bit
 - 1 = Timer2 is on
 - 0 = Timer2 is off
- bit 1-0 **T2CKPS1:T2CKPS0:** Timer2 Clock Prescale Select bits
 - 00 = Prescaler is 1
 - 01 = Prescaler is 4
 - 1x = Prescaler is 16

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

PIC16F87XA

7.1 Timer2 Prescaler and Postscaler

The prescaler and postscaler counters are cleared when any of the following occurs:

- a write to the TMR2 register
- a write to the T2CON register
- any device Reset (POR, $\overline{\text{MCLR}}$ Reset, WDT Reset or BOR)

TMR2 is not cleared when T2CON is written.

7.2 Output of TMR2

The output of TMR2 (before the postscaler) is fed to the SSP module, which optionally uses it to generate the shift clock.

TABLE 7-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH TIMER2 AS A TIMER/COUNTER

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
11h	TMR2	Timer2 Module's Register								0000 0000	0000 0000
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
92h	PR2	Timer2 Period Register								1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the Timer2 module.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

8.0 CAPTURE/COMPARE/PWM MODULES

Each Capture/Compare/PWM (CCP) module contains a 16-bit register which can operate as a:

- 16-bit Capture register
- 16-bit Compare register
- PWM Master/Slave Duty Cycle register

Both the CCP1 and CCP2 modules are identical in operation, with the exception being the operation of the special event trigger. Table 8-1 and Table 8-2 show the resources and interactions of the CCP module(s). In the following sections, the operation of a CCP module is described with respect to CCP1. CCP2 operates the same as CCP1 except where noted.

CCP1 Module:

Capture/Compare/PWM Register 1 (CCPR1) is comprised of two 8-bit registers: CCPR1L (low byte) and CCPR1H (high byte). The CCP1CON register controls the operation of CCP1. The special event trigger is generated by a compare match and will reset Timer1.

CCP2 Module:

Capture/Compare/PWM Register 2 (CCPR2) is comprised of two 8-bit registers: CCPR2L (low byte) and CCPR2H (high byte). The CCP2CON register controls the operation of CCP2. The special event trigger is generated by a compare match and will reset Timer1 and start an A/D conversion (if the A/D module is enabled).

Additional information on CCP modules is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023) and in application note AN594, "Using the CCP Module(s)" (DS00594).

TABLE 8-1: CCP MODE – TIMER RESOURCES REQUIRED

CCP Mode	Timer Resource
Capture	Timer1
Compare	Timer1
PWM	Timer2

TABLE 8-2: INTERACTION OF TWO CCP MODULES

CCPx Mode	CCPy Mode	Interaction
Capture	Capture	Same TMR1 time base
Capture	Compare	The compare should be configured for the special event trigger which clears TMR1
Compare	Compare	The compare(s) should be configured for the special event trigger which clears TMR1
PWM	PWM	The PWMs will have the same frequency and update rate (TMR2 interrupt)
PWM	Capture	None
PWM	Compare	None

PIC16F87XA

REGISTER 8-1: CCP1CON REGISTER/CCP2CON REGISTER (ADDRESS 17h/1Dh)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0	
bit 7								bit 0

bit 7-6 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 5-4 **CCPxX:CCPxY:** PWM Least Significant bits

Capture mode:

Unused.

Compare mode:

Unused.

PWM mode:

These bits are the two LSbs of the PWM duty cycle. The eight MSbs are found in CCPRxL.

bit 3-0 **CCPxM3:CCPxM0:** CCPx Mode Select bits

0000 = Capture/Compare/PWM disabled (resets CCPx module)

0100 = Capture mode, every falling edge

0101 = Capture mode, every rising edge

0110 = Capture mode, every 4th rising edge

0111 = Capture mode, every 16th rising edge

1000 = Compare mode, set output on match (CCPxIF bit is set)

1001 = Compare mode, clear output on match (CCPxIF bit is set)

1010 = Compare mode, generate software interrupt on match (CCPxIF bit is set, CCPx pin is unaffected)

1011 = Compare mode, trigger special event (CCPxIF bit is set, CCPx pin is unaffected); CCP1 resets TMR1; CCP2 resets TMR1 and starts an A/D conversion (if A/D module is enabled)

11xx = PWM mode

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

- n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

8.1 Capture Mode

In Capture mode, CCP1H:CCP1L captures the 16-bit value of the TMR1 register when an event occurs on pin RC2/CCP1. An event is defined as one of the following:

- Every falling edge
- Every rising edge
- Every 4th rising edge
- Every 16th rising edge

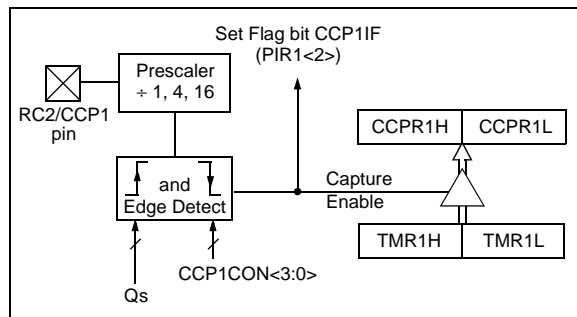
The type of event is configured by control bits, CCP1M3:CCP1M0 (CCPxCON<3:0>). When a capture is made, the interrupt request flag bit, CCP1IF (PIR1<2>), is set. The interrupt flag must be cleared in software. If another capture occurs before the value in register CCP1 is read, the old captured value is overwritten by the new value.

8.1.1 CCP PIN CONFIGURATION

In Capture mode, the RC2/CCP1 pin should be configured as an input by setting the TRISC<2> bit.

Note: If the RC2/CCP1 pin is configured as an output, a write to the port can cause a Capture condition.

FIGURE 8-1: CAPTURE MODE OPERATION BLOCK DIAGRAM



8.1.2 TIMER1 MODE SELECTION

Timer1 must be running in Timer mode, or Synchronized Counter mode, for the CCP module to use the capture feature. In Asynchronous Counter mode, the capture operation may not work.

8.1.3 SOFTWARE INTERRUPT

When the Capture mode is changed, a false capture interrupt may be generated. The user should keep bit CCP1IE (PIE1<2>) clear to avoid false interrupts and should clear the flag bit, CCP1IF, following any such change in operating mode.

8.1.4 CCP PRESCALER

There are four prescaler settings, specified by bits CCP1M3:CCP1M0. Whenever the CCP module is turned off, or the CCP module is not in Capture mode, the prescaler counter is cleared. Any Reset will clear the prescaler counter.

Switching from one capture prescaler to another may generate an interrupt. Also, the prescaler counter will not be cleared, therefore, the first capture may be from a non-zero prescaler. Example 8-1 shows the recommended method for switching between capture prescalers. This example also clears the prescaler counter and will not generate the "false" interrupt.

EXAMPLE 8-1: CHANGING BETWEEN CAPTURE PRESCALERS

```
CLRF   CCP1CON      ; Turn CCP module off
MOVLW  NEW_CAPT_PS  ; Load the W reg with
                    ; the new prescaler
MOVWF  CCP1CON      ; move value and CCP ON
                    ; Load CCP1CON with this
                    ; value
```

PIC16F87XA

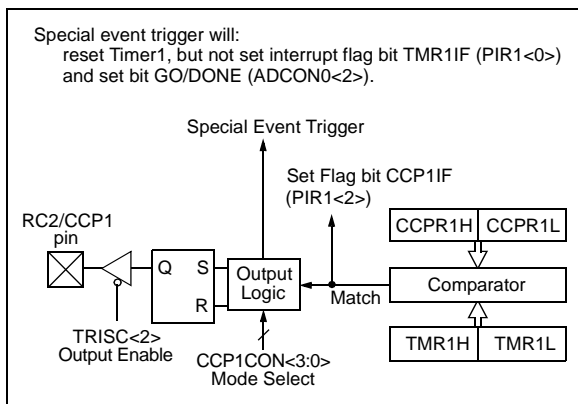
8.2 Compare Mode

In Compare mode, the 16-bit CCPR1 register value is constantly compared against the TMR1 register pair value. When a match occurs, the RC2/CCP1 pin is:

- Driven high
- Driven low
- Remains unchanged

The action on the pin is based on the value of control bits, CCP1M3:CCP1M0 (CCP1CON<3:0>). At the same time, interrupt flag bit CCP1IF is set.

FIGURE 8-2: COMPARE MODE OPERATION BLOCK DIAGRAM



8.2.1 CCP PIN CONFIGURATION

The user must configure the RC2/CCP1 pin as an output by clearing the TRISC<2> bit.

Note: Clearing the CCP1CON register will force the RC2/CCP1 compare output latch to the default low level. This is not the PORTC I/O data latch.

8.2.2 TIMER1 MODE SELECTION

Timer1 must be running in Timer mode, or Synchronized Counter mode, if the CCP module is using the compare feature. In Asynchronous Counter mode, the compare operation may not work.

8.2.3 SOFTWARE INTERRUPT MODE

When Generate Software Interrupt mode is chosen, the CCP1 pin is not affected. The CCP1IF bit is set, causing a CCP interrupt (if enabled).

8.2.4 SPECIAL EVENT TRIGGER

In this mode, an internal hardware trigger is generated which may be used to initiate an action.

The special event trigger output of CCP1 resets the TMR1 register pair. This allows the CCPR1 register to effectively be a 16-bit programmable period register for Timer1.

The special event trigger output of CCP2 resets the TMR1 register pair and starts an A/D conversion (if the A/D module is enabled).

Note: The special event trigger from the CCP1 and CCP2 modules will not set interrupt flag bit TMR1IF (PIR1<0>).

8.3 PWM Mode (PWM)

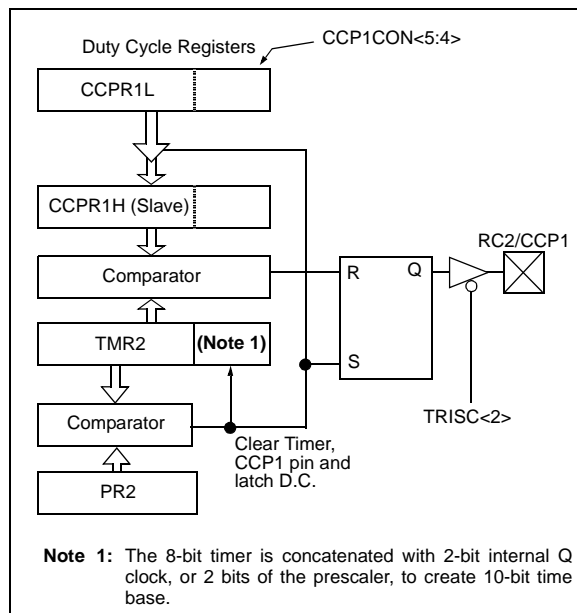
In Pulse Width Modulation mode, the CCPx pin produces up to a 10-bit resolution PWM output. Since the CCP1 pin is multiplexed with the PORTC data latch, the TRISC<2> bit must be cleared to make the CCP1 pin an output.

Note: Clearing the CCP1CON register will force the CCP1 PWM output latch to the default low level. This is not the PORTC I/O data latch.

Figure 8-3 shows a simplified block diagram of the CCP module in PWM mode.

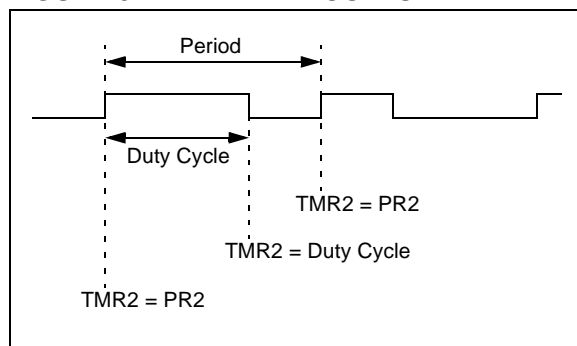
For a step-by-step procedure on how to set up the CCP module for PWM operation, see **Section 8.3.3 “Setup for PWM Operation”**.

FIGURE 8-3: SIMPLIFIED PWM BLOCK DIAGRAM



A PWM output (Figure 8-4) has a time base (period) and a time that the output stays high (duty cycle). The frequency of the PWM is the inverse of the period (1/period).

FIGURE 8-4: PWM OUTPUT



8.3.1 PWM PERIOD

The PWM period is specified by writing to the PR2 register. The PWM period can be calculated using the following formula:

$$\text{PWM Period} = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot T_{\text{OSC}} \cdot (\text{TMR2 Prescale Value})$$

PWM frequency is defined as 1/[PWM period].

When TMR2 is equal to PR2, the following three events occur on the next increment cycle:

- TMR2 is cleared
- The CCP1 pin is set (exception: if PWM duty cycle = 0%, the CCP1 pin will not be set)
- The PWM duty cycle is latched from CCPR1L into CCPR1H

Note: The Timer2 postscaler (see **Section 7.1 “Timer2 Prescaler and Postscaler”**) is not used in the determination of the PWM frequency. The postscaler could be used to have a servo update rate at a different frequency than the PWM output.

8.3.2 PWM DUTY CYCLE

The PWM duty cycle is specified by writing to the CCPR1L register and to the CCP1CON<5:4> bits. Up to 10-bit resolution is available. The CCPR1L contains the eight MSBs and the CCP1CON<5:4> contains the two LSBs. This 10-bit value is represented by CCPR1L:CCP1CON<5:4>. The following equation is used to calculate the PWM duty cycle in time:

$$\text{PWM Duty Cycle} = (\text{CCPR1L:CCP1CON<5:4>}) \cdot T_{\text{OSC}} \cdot (\text{TMR2 Prescale Value})$$

CCPR1L and CCP1CON<5:4> can be written to at any time, but the duty cycle value is not latched into CCPR1H until after a match between PR2 and TMR2 occurs (i.e., the period is complete). In PWM mode, CCPR1H is a read-only register.

The CCPR1H register and a 2-bit internal latch are used to double-buffer the PWM duty cycle. This double-buffering is essential for glitch-free PWM operation.

When the CCPR1H and 2-bit latch match TMR2, concatenated with an internal 2-bit Q clock or 2 bits of the TMR2 prescaler, the CCP1 pin is cleared.

The maximum PWM resolution (bits) for a given PWM frequency is given by the following formula.

EQUATION 8-1:

$$\text{Resolution} = \frac{\log\left(\frac{F_{\text{OSC}}}{F_{\text{PWM}}}\right)}{\log(2)} \text{ bits}$$

Note: If the PWM duty cycle value is longer than the PWM period, the CCP1 pin will not be cleared.

PIC16F87XA

8.3.3 SETUP FOR PWM OPERATION

The following steps should be taken when configuring the CCP module for PWM operation:

1. Set the PWM period by writing to the PR2 register.
2. Set the PWM duty cycle by writing to the CCPR1L register and CCP1CON<5:4> bits.
3. Make the CCP1 pin an output by clearing the TRISC<2> bit.
4. Set the TMR2 prescale value and enable Timer2 by writing to T2CON.
5. Configure the CCP1 module for PWM operation.

TABLE 8-3: EXAMPLE PWM FREQUENCIES AND RESOLUTIONS AT 20 MHz

PWM Frequency	1.22 kHz	4.88 kHz	19.53 kHz	78.12kHz	156.3 kHz	208.3 kHz
Timer Prescaler (1, 4, 16)	16	4	1	1	1	1
PR2 Value	0xFFh	0xFFh	0xFFh	0x3Fh	0x1Fh	0x17h
Maximum Resolution (bits)	10	10	10	8	7	5.5

TABLE 8-4: REGISTERS ASSOCIATED WITH CAPTURE, COMPARE AND TIMER1

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh,8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
0Dh	PIR2	—	—	—	—	—	—	—	CCP2IF	---- --0	---- --0
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
8Dh	PIE2	—	—	—	—	—	—	—	CCP2IE	---- --0	---- --0
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYN \bar{C}	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	--uu uuuu
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register 1 (LSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register 1 (MSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	--00 0000
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register 2 (LSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register 2 (MSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	--00 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by Capture and Timer1.

Note 1: The PSP is not implemented on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

PIC16F87XA

TABLE 8-5: REGISTERS ASSOCIATED WITH PWM AND TIMER2

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh,8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
0Dh	PIR2	—	—	—	—	—	—	—	CCP2IF	---- --0	---- --0
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
8Dh	PIE2	—	—	—	—	—	—	—	CCP2IE	---- --0	---- --0
87h	TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
11h	TMR2	Timer2 Module's Register								0000 0000	0000 0000
92h	PR2	Timer2 Module's Period Register								1111 1111	1111 1111
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	-000 0000
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register 1 (LSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register 1 (MSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	--00 0000
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register 2 (LSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register 2 (MSB)								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	--00 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by PWM and Timer2.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

PIC16F87XA

NOTES:

9.0 MASTER SYNCHRONOUS SERIAL PORT (MSSP) MODULE

9.1 Master SSP (MSSP) Module Overview

The Master Synchronous Serial Port (MSSP) module is a serial interface, useful for communicating with other peripheral or microcontroller devices. These peripheral devices may be serial EEPROMs, shift registers, display drivers, A/D converters, etc. The MSSP module can operate in one of two modes:

- Serial Peripheral Interface (SPI)
- Inter-Integrated Circuit (I²C)
 - Full Master mode
 - Slave mode (with general address call)

The I²C interface supports the following modes in hardware:

- Master mode
- Multi-Master mode
- Slave mode

9.2 Control Registers

The MSSP module has three associated registers. These include a status register (SSPSTAT) and two control registers (SSPCON and SSPCON2). The use of these registers and their individual configuration bits differ significantly, depending on whether the MSSP module is operated in SPI or I²C mode.

Additional details are provided under the individual sections.

9.3 SPI Mode

The SPI mode allows 8 bits of data to be synchronously transmitted and received simultaneously. All four modes of SPI are supported. To accomplish communication, typically three pins are used:

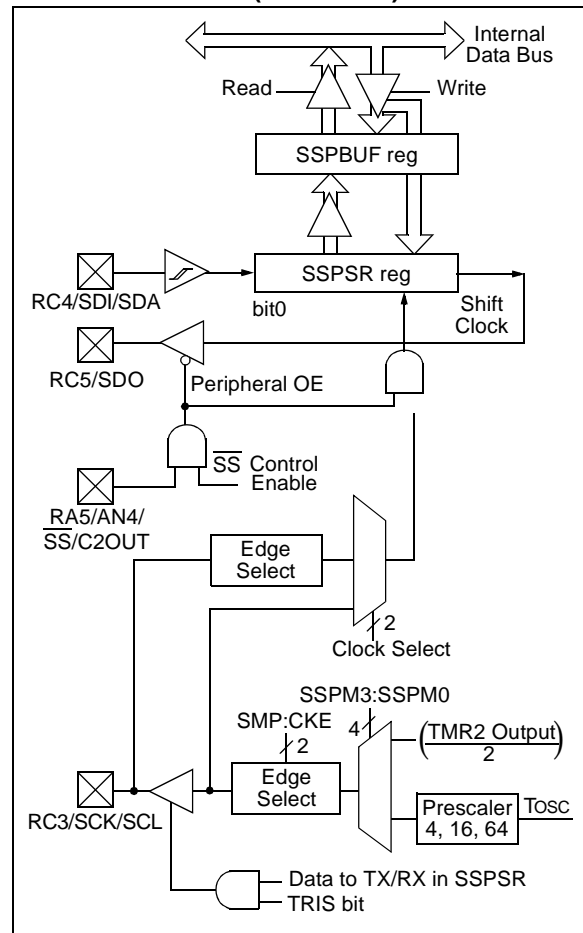
- Serial Data Out (SDO) – RC5/SDO
- Serial Data In (SDI) – RC4/SDI/SDA
- Serial Clock (SCK) – RC3/SCK/SCL

Additionally, a fourth pin may be used when in a Slave mode of operation:

- Slave Select (\overline{SS}) – RA5/AN4/ \overline{SS} /C2OUT

Figure 9-1 shows the block diagram of the MSSP module when operating in SPI mode.

FIGURE 9-1: MSSP BLOCK DIAGRAM (SPI MODE)



Note: When the SPI is in Slave mode with \overline{SS} pin control enabled (SSPCON<3:0> = 0100), the state of the \overline{SS} pin can affect the state read back from the TRISC<5> bit. The Peripheral OE signal from the SSP module in PORTC controls the state that is read back from the TRISC<5> bit (see **Section 4.3 “PORTC and the TRISC Register”** for information on PORTC). If Read-Modify-Write instructions, such as BSF, are performed on the TRISC register while the \overline{SS} pin is high, this will cause the TRISC<5> bit to be set, thus disabling the SDO output.

PIC16F87XA

9.3.1 REGISTERS

The MSSP module has four registers for SPI mode operation. These are:

- MSSP Control Register (SSPCON)
- MSSP Status Register (SSPSTAT)
- Serial Receive/Transmit Buffer Register (SSPBUF)
- MSSP Shift Register (SSPSR) – Not directly accessible

SSPCON and SSPSTAT are the control and status registers in SPI mode operation. The SSPCON register is readable and writable. The lower six bits of the SSPSTAT are read-only. The upper two bits of the SSPSTAT are read/write.

SSPSR is the shift register used for shifting data in or out. SSPBUF is the buffer register to which data bytes are written to or read from.

In receive operations, SSPSR and SSPBUF together create a double-buffered receiver. When SSPSR receives a complete byte, it is transferred to SSPBUF and the SSPIF interrupt is set.

During transmission, the SSPBUF is not double-buffered. A write to SSPBUF will write to both SSPBUF and SSPSR.

REGISTER 9-1: SSPSTAT: MSSP STATUS REGISTER (SPI MODE) (ADDRESS 94h)

R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
SMP	CKE	D/ \bar{A}	P	S	R/ \bar{W}	UA	BF
bit 7						bit 0	

- bit 7 **SMP:** Sample bit
SPI Master mode:
 1 = Input data sampled at end of data output time
 0 = Input data sampled at middle of data output time
SPI Slave mode:
 SMP must be cleared when SPI is used in Slave mode.
- bit 6 **CKE:** SPI Clock Select bit
 1 = Transmit occurs on transition from active to Idle clock state
 0 = Transmit occurs on transition from Idle to active clock state
Note: Polarity of clock state is set by the CKP bit (SSPCON1<4>).
- bit 5 **D/ \bar{A} :** Data/Address bit
 Used in I²C mode only.
- bit 4 **P:** Stop bit
 Used in I²C mode only. This bit is cleared when the MSSP module is disabled, SSPEN is cleared.
- bit 3 **S:** Start bit
 Used in I²C mode only.
- bit 2 **R/ \bar{W} :** Read/Write bit information
 Used in I²C mode only.
- bit 1 **UA:** Update Address bit
 Used in I²C mode only.
- bit 0 **BF:** Buffer Full Status bit (Receive mode only)
 1 = Receive complete, SSPBUF is full
 0 = Receive not complete, SSPBUF is empty

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

REGISTER 9-2: SSPCON1: MSSP CONTROL REGISTER 1 (SPI MODE) (ADDRESS 14h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0
bit 7							bit 0

- bit 7 **WCOL:** Write Collision Detect bit (Transmit mode only)
 1 = The SSPBUF register is written while it is still transmitting the previous word. (Must be cleared in software.)
 0 = No collision
- bit 6 **SSPOV:** Receive Overflow Indicator bit
SPI Slave mode:
 1 = A new byte is received while the SSPBUF register is still holding the previous data. In case of overflow, the data in SSPSR is lost. Overflow can only occur in Slave mode. The user must read the SSPBUF, even if only transmitting data, to avoid setting overflow. (Must be cleared in software.)
 0 = No overflow
Note: In Master mode, the overflow bit is not set, since each new reception (and transmission) is initiated by writing to the SSPBUF register.
- bit 5 **SSPEN:** Synchronous Serial Port Enable bit
 1 = Enables serial port and configures SCK, SDO, SDI, and \overline{SS} as serial port pins
 0 = Disables serial port and configures these pins as I/O port pins
Note: When enabled, these pins must be properly configured as input or output.
- bit 4 **CKP:** Clock Polarity Select bit
 1 = Idle state for clock is a high level
 0 = Idle state for clock is a low level
- bit 3-0 **SSPM3:SSPM0:** Synchronous Serial Port Mode Select bits
 0101 = SPI Slave mode, clock = SCK pin. \overline{SS} pin control disabled. \overline{SS} can be used as I/O pin.
 0100 = SPI Slave mode, clock = SCK pin. \overline{SS} pin control enabled.
 0011 = SPI Master mode, clock = TMR2 output/2
 0010 = SPI Master mode, clock = FOSC/64
 0001 = SPI Master mode, clock = FOSC/16
 0000 = SPI Master mode, clock = FOSC/4
Note: Bit combinations not specifically listed here are either reserved or implemented in I²C mode only.

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

9.3.2 OPERATION

When initializing the SPI, several options need to be specified. This is done by programming the appropriate control bits (SSPCON<5:0> and SSPSTAT<7:6>). These control bits allow the following to be specified:

- Master mode (SCK is the clock output)
- Slave mode (SCK is the clock input)
- Clock Polarity (Idle state of SCK)
- Data Input Sample Phase (middle or end of data output time)
- Clock Edge (output data on rising/falling edge of SCK)
- Clock Rate (Master mode only)
- Slave Select mode (Slave mode only)

The MSSP consists of a transmit/receive shift register (SSPSR) and a buffer register (SSPBUF). The SSPSR shifts the data in and out of the device, MSb first. The SSPBUF holds the data that was written to the SSPSR until the received data is ready. Once the eight bits of data have been received, that byte is moved to the SSPBUF register. Then, the Buffer Full detect bit, BF (SSPSTAT<0>), and the interrupt flag bit, SSPIF, are set. This double-buffering of the received data (SSPBUF) allows the next byte to start reception before reading the data that was just received. Any write to the

SSPBUF register during transmission/reception of data will be ignored and the write collision detect bit, WCOL (SSPCON<7>), will be set. User software must clear the WCOL bit so that it can be determined if the following write(s) to the SSPBUF register completed successfully.

When the application software is expecting to receive valid data, the SSPBUF should be read before the next byte of data to transfer is written to the SSPBUF. Buffer Full bit, BF (SSPSTAT<0>), indicates when SSPBUF has been loaded with the received data (transmission is complete). When the SSPBUF is read, the BF bit is cleared. This data may be irrelevant if the SPI is only a transmitter. Generally, the MSSP interrupt is used to determine when the transmission/reception has completed. The SSPBUF must be read and/or written. If the interrupt method is not going to be used, then software polling can be done to ensure that a write collision does not occur. Example 9-1 shows the loading of the SSPBUF (SSPSR) for data transmission.

The SSPSR is not directly readable or writable and can only be accessed by addressing the SSPBUF register. Additionally, the MSSP Status register (SSPSTAT) indicates the various status conditions.

EXAMPLE 9-1: LOADING THE SSPBUF (SSPSR) REGISTER

```
LOOP  BTFSS  SSPSTAT, BF      ;Has data been received(transmit complete)?
      BRA   LOOP            ;No
      MOVF  SSPBUF, W        ;WREG reg = contents of SSPBUF
      MOVWF RXDATA          ;Save in user RAM, if data is meaningful
      MOVF  TXDATA, W       ;W reg = contents of TXDATA
      MOVWF SSPBUF          ;New data to xmit
```

9.3.3 ENABLING SPI I/O

To enable the serial port, SSP Enable bit, SSPEN (SSPCON<5>), must be set. To reset or reconfigure SPI mode, clear the SSPEN bit, re-initialize the SSPCON registers and then set the SSPEN bit. This configures the SDI, SDO, SCK and \overline{SS} pins as serial port pins. For the pins to behave as the serial port function, some must have their data direction bits (in the TRIS register) appropriately programmed. That is:

- SDI is automatically controlled by the SPI module
- SDO must have TRISC<5> bit cleared
- SCK (Master mode) must have TRISC<3> bit cleared
- SCK (Slave mode) must have TRISC<3> bit set
- \overline{SS} must have TRISC<4> bit set

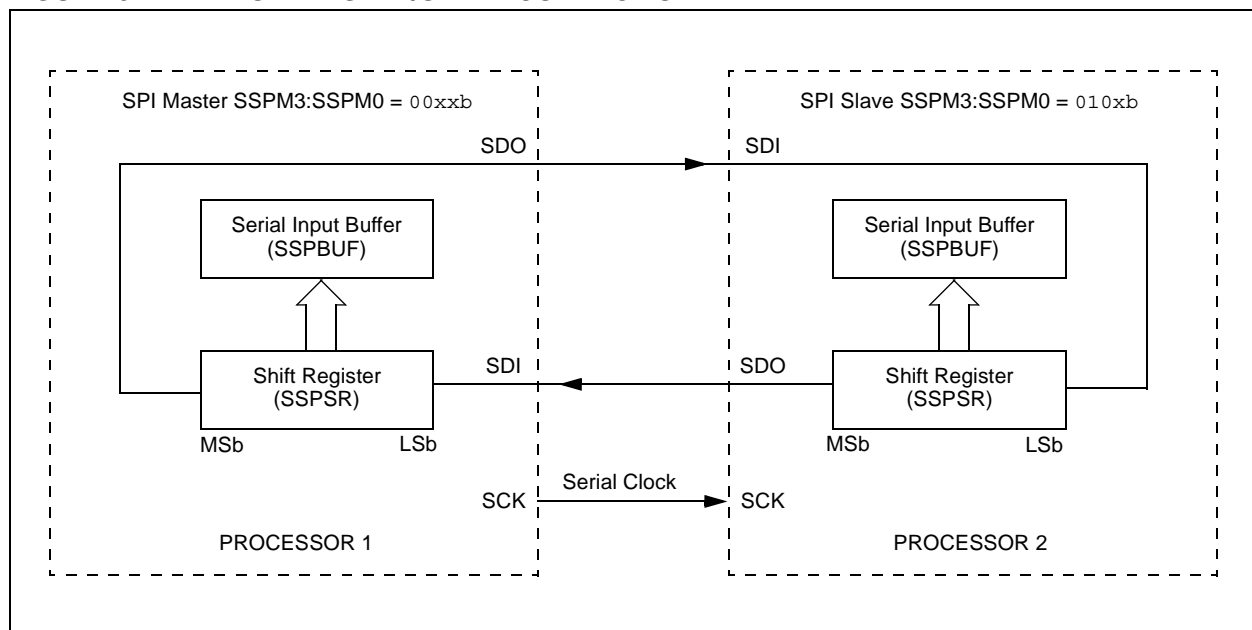
Any serial port function that is not desired may be overridden by programming the corresponding data direction (TRIS) register to the opposite value.

9.3.4 TYPICAL CONNECTION

Figure 9-2 shows a typical connection between two microcontrollers. The master controller (Processor 1) initiates the data transfer by sending the SCK signal. Data is shifted out of both shift registers on their programmed clock edge and latched on the opposite edge of the clock. Both processors should be programmed to the same Clock Polarity (CKP), then both controllers would send and receive data at the same time. Whether the data is meaningful (or dummy data) depends on the application software. This leads to three scenarios for data transmission:

- Master sends data – Slave sends dummy data
- Master sends data – Slave sends data
- Master sends dummy data – Slave sends data

FIGURE 9-2: SPI MASTER/SLAVE CONNECTION



PIC16F87XA

9.3.5 MASTER MODE

The master can initiate the data transfer at any time because it controls the SCK. The master determines when the slave (Processor 2, Figure 9-2) is to broadcast data by the software protocol.

In Master mode, the data is transmitted/received as soon as the SSPBUF register is written to. If the SPI is only going to receive, the SDO output could be disabled (programmed as an input). The SSPSR register will continue to shift in the signal present on the SDI pin at the programmed clock rate. As each byte is received, it will be loaded into the SSPBUF register as if a normal received byte (interrupts and status bits appropriately set). This could be useful in receiver applications as a "Line Activity Monitor" mode.

The clock polarity is selected by appropriately programming the CKP bit (SSPCON<4>). This then, would give waveforms for SPI communication as shown in

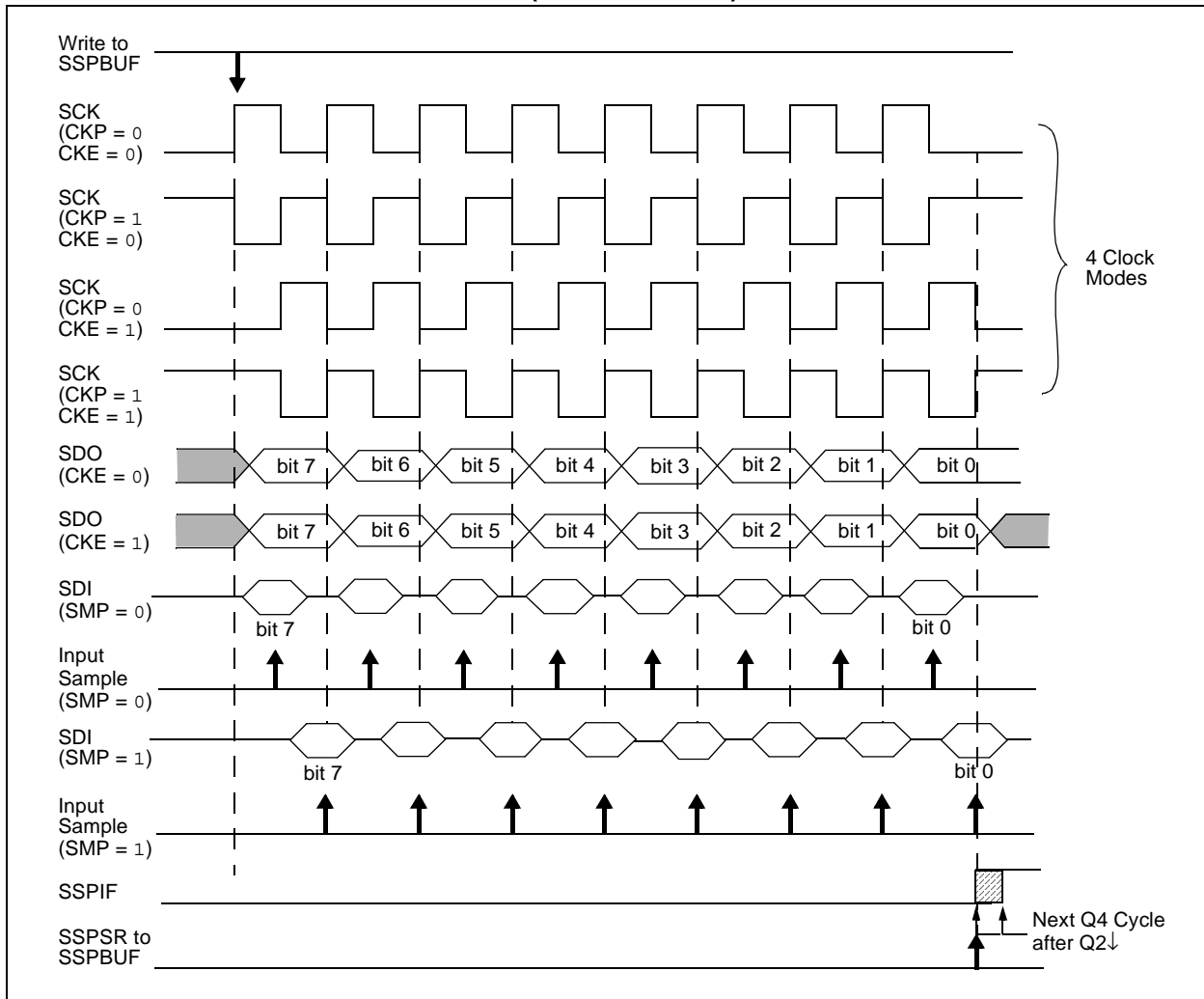
Figure 9-3, Figure 9-5 and Figure 9-6, where the MSB is transmitted first. In Master mode, the SPI clock rate (bit rate) is user programmable to be one of the following:

- Fosc/4 (or Tcy)
- Fosc/16 (or 4 • Tcy)
- Fosc/64 (or 16 • Tcy)
- Timer2 output/2

This allows a maximum data rate (at 40 MHz) of 10.00 Mbps.

Figure 9-3 shows the waveforms for Master mode. When the CKE bit is set, the SDO data is valid before there is a clock edge on SCK. The change of the input sample is shown based on the state of the SMP bit. The time when the SSPBUF is loaded with the received data is shown.

FIGURE 9-3: SPI MODE WAVEFORM (MASTER MODE)



9.3.6 SLAVE MODE

In Slave mode, the data is transmitted and received as the external clock pulses appear on SCK. When the last bit is latched, the SSPIF interrupt flag bit is set.

While in Slave mode, the external clock is supplied by the external clock source on the SCK pin. This external clock must meet the minimum high and low times as specified in the electrical specifications.

While in Sleep mode, the slave can transmit/receive data. When a byte is received, the device will wake-up from Sleep.

9.3.7 SLAVE SELECT SYNCHRONIZATION

The \overline{SS} pin allows a Synchronous Slave mode. The SPI must be in Slave mode with \overline{SS} pin control enabled (SSPCON<3:0> = 04h). The pin must not be driven low for the \overline{SS} pin to function as an input. The data latch must be high. When the \overline{SS} pin is low, transmission and reception are enabled and the SDO pin is driven. When

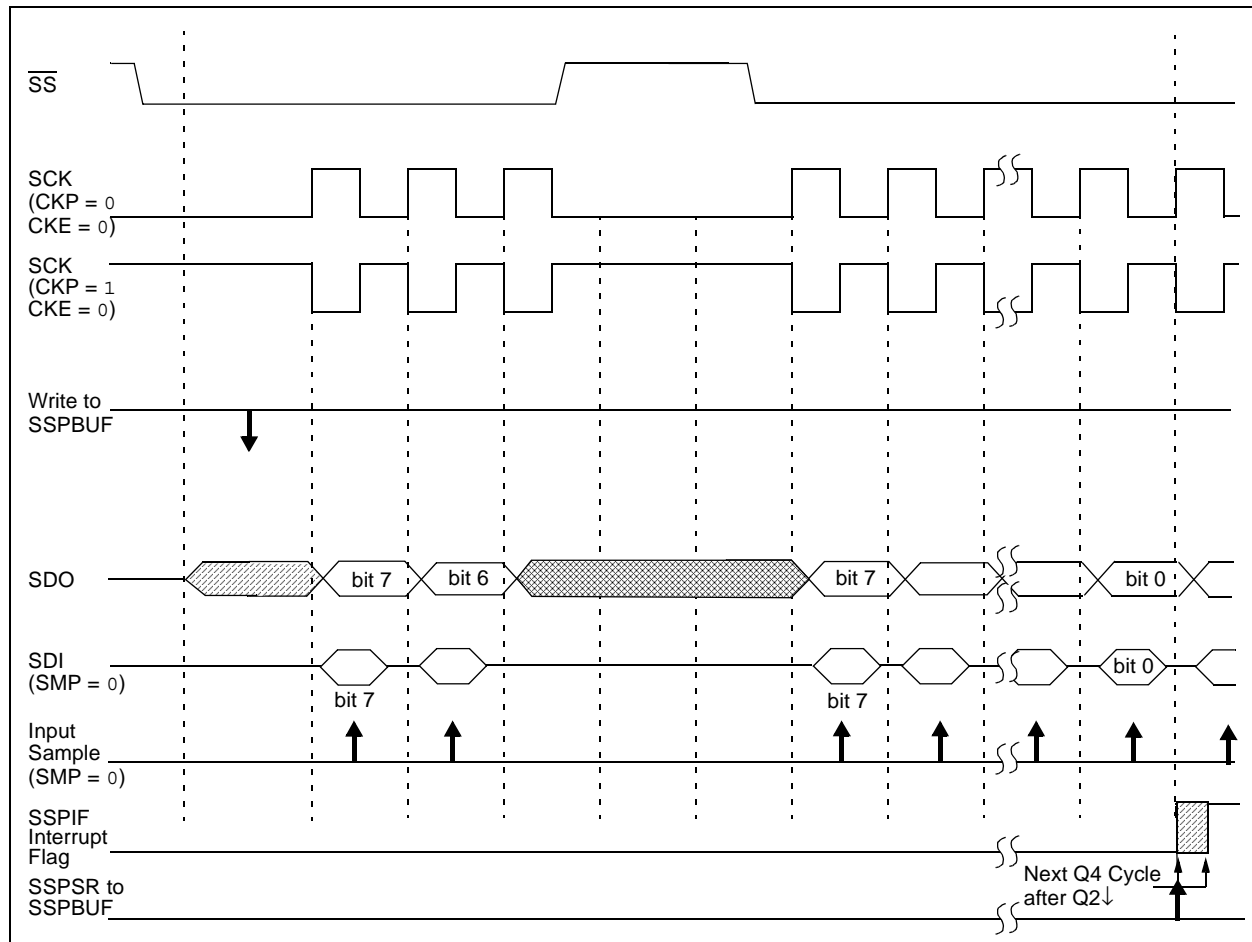
the \overline{SS} pin goes high, the SDO pin is no longer driven even if in the middle of a transmitted byte and becomes a floating output. External pull-up/pull-down resistors may be desirable, depending on the application.

- Note 1:** When the SPI is in Slave mode with \overline{SS} pin control enabled (SSPCON<3:0> = 0100), the SPI module will reset if the \overline{SS} pin is set to VDD.
- 2:** If the SPI is used in Slave Mode with CKE set, then the \overline{SS} pin control must be enabled.

When the SPI module resets, the bit counter is forced to '0'. This can be done by either forcing the \overline{SS} pin to a high level or clearing the SSPEN bit.

To emulate two-wire communication, the SDO pin can be connected to the SDI pin. When the SPI needs to operate as a receiver, the SDO pin can be configured as an input. This disables transmissions from the SDO. The SDI can always be left as an input (SDI function) since it cannot create a bus conflict.

FIGURE 9-4: SLAVE SYNCHRONIZATION WAVEFORM



PIC16F87XA

FIGURE 9-5: SPI MODE WAVEFORM (SLAVE MODE WITH CKE = 0)

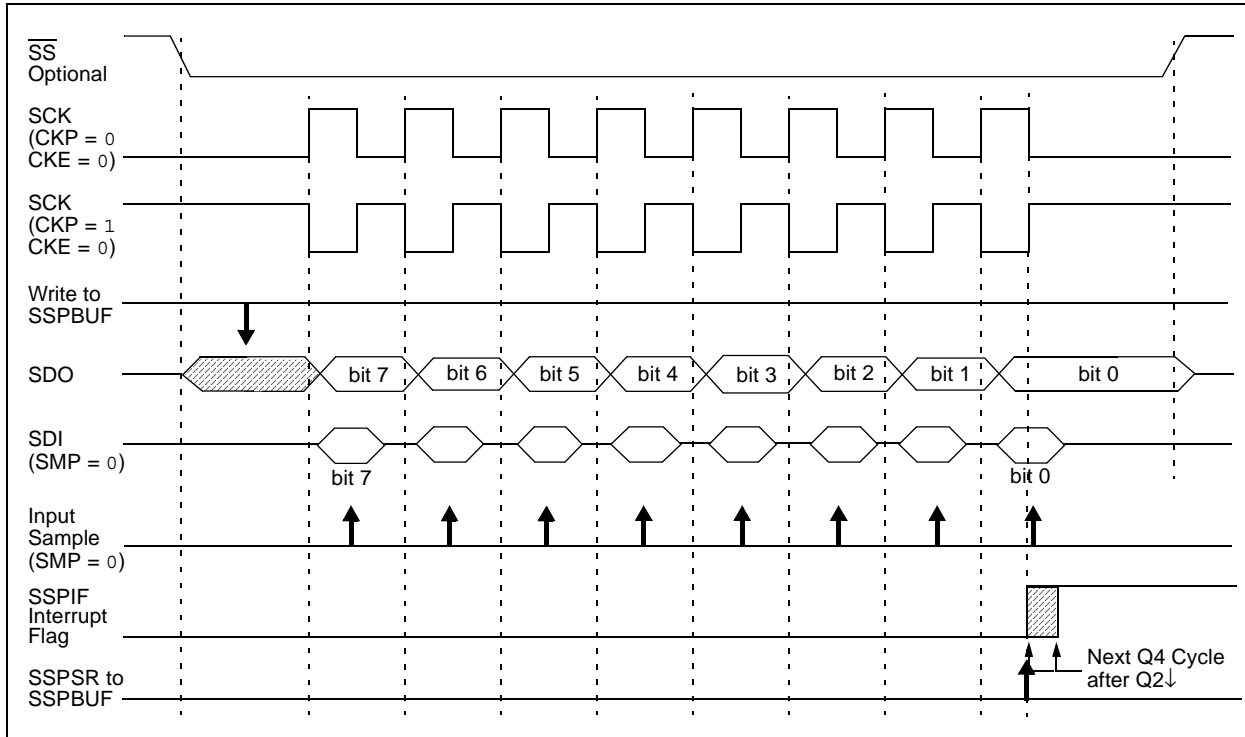
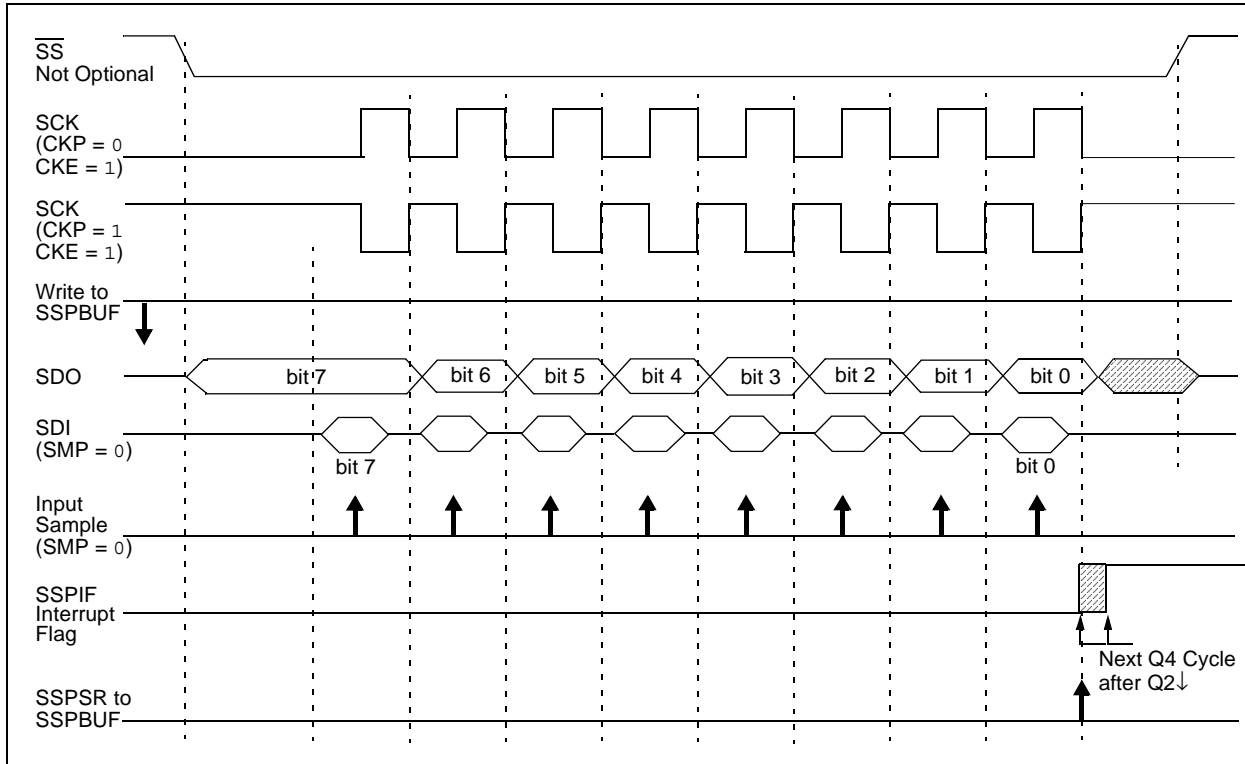


FIGURE 9-6: SPI MODE WAVEFORM (SLAVE MODE WITH CKE = 1)



9.3.8 SLEEP OPERATION

In Master mode, all module clocks are halted and the transmission/reception will remain in that state until the device wakes from Sleep. After the device returns to normal mode, the module will continue to transmit/receive data.

In Slave mode, the SPI Transmit/Receive Shift register operates asynchronously to the device. This allows the device to be placed in Sleep mode and data to be shifted into the SPI Transmit/Receive Shift register. When all 8 bits have been received, the MSSP interrupt flag bit will be set and if enabled, will wake the device from Sleep.

9.3.9 EFFECTS OF A RESET

A Reset disables the MSSP module and terminates the current transfer.

9.3.10 BUS MODE COMPATIBILITY

Table 9-1 shows the compatibility between the standard SPI modes and the states of the CKP and CKE control bits.

TABLE 9-1: SPI BUS MODES

Standard SPI Mode Terminology	Control Bits State	
	CKP	CKE
0, 0	0	1
0, 1	0	0
1, 0	1	1
1, 1	1	0

There is also a SMP bit which controls when the data is sampled.

TABLE 9-2: REGISTERS ASSOCIATED WITH SPI OPERATION

Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on all other Resets	
INTCON	GIE/ GIEH	PEIE/ GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF	0000 000x	0000 000u	
PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000	
PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000	
TRISC	PORTC Data Direction Register								1111 1111	1111 1111	
SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								xxxx xxxx	uuuu uuuu	
SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	0000 0000	
TRISA	—	PORTA Data Direction Register								--11 1111	--11 1111
SSPSTAT	SMP	CKE	D/Ā	P	S	R/W	UA	BF	0000 0000	0000 0000	

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'.
Shaded cells are not used by the MSSP in SPI mode.

Note 1: The PSPIF, PSPIE and PSPIP bits are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

PIC16F87XA

9.4 I²C Mode

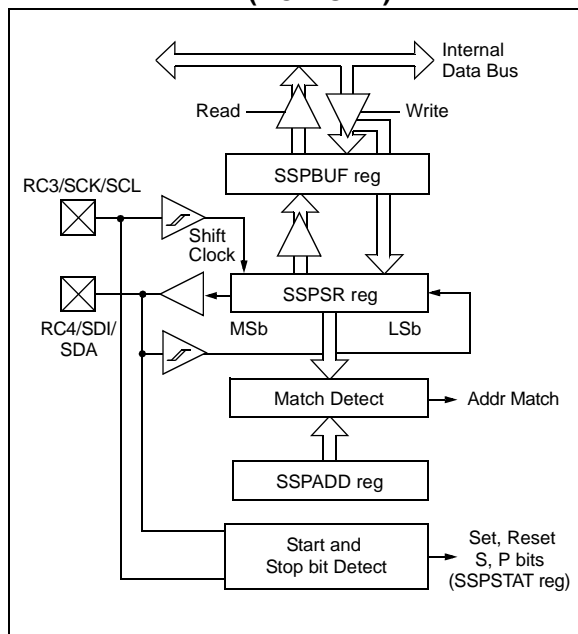
The MSSP module in I²C mode fully implements all master and slave functions (including general call support) and provides interrupts on Start and Stop bits in hardware to determine a free bus (multi-master function). The MSSP module implements the standard mode specifications, as well as 7-bit and 10-bit addressing.

Two pins are used for data transfer:

- Serial clock (SCL) – RC3/SCK/SCL
- Serial data (SDA) – RC4/SDI/SDA

The user must configure these pins as inputs or outputs through the TRISC<4:3> bits.

FIGURE 9-7: MSSP BLOCK DIAGRAM (I²C MODE)



9.4.1 REGISTERS

The MSSP module has six registers for I²C operation. These are:

- MSSP Control Register (SSPCON)
- MSSP Control Register 2 (SSPCON2)
- MSSP Status Register (SSPSTAT)
- Serial Receive/Transmit Buffer Register (SSPBUF)
- MSSP Shift Register (SSPSR) – Not directly accessible
- MSSP Address Register (SSPADD)

SSPCON, SSPCON2 and SSPSTAT are the control and status registers in I²C mode operation. The SSPCON and SSPCON2 registers are readable and writable. The lower six bits of the SSPSTAT are read-only. The upper two bits of the SSPSTAT are read/write.

SSPSR is the shift register used for shifting data in or out. SSPBUF is the buffer register to which data bytes are written to or read from.

SSPADD register holds the slave device address when the SSP is configured in I²C Slave mode. When the SSP is configured in Master mode, the lower seven bits of SSPADD act as the baud rate generator reload value.

In receive operations, SSPSR and SSPBUF together create a double-buffered receiver. When SSPSR receives a complete byte, it is transferred to SSPBUF and the SSPIF interrupt is set.

During transmission, the SSPBUF is not double-buffered. A write to SSPBUF will write to both SSPBUF and SSPSR.

REGISTER 9-3: SSPSTAT: MSSP STATUS REGISTER (I²C MODE) (ADDRESS 94h)

R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0	R-0
SMP	CKE	D/A	P	S	R/W	UA	BF
bit 7						bit 0	

- bit 7 **SMP:** Slew Rate Control bit
In Master or Slave mode:
 1 = Slew rate control disabled for standard speed mode (100 kHz and 1 MHz)
 0 = Slew rate control enabled for high-speed mode (400 kHz)
- bit 6 **CKE:** SMBus Select bit
In Master or Slave mode:
 1 = Enable SMBus specific inputs
 0 = Disable SMBus specific inputs
- bit 5 **D/A:** Data/Address bit
In Master mode:
 Reserved.
In Slave mode:
 1 = Indicates that the last byte received or transmitted was data
 0 = Indicates that the last byte received or transmitted was address
- bit 4 **P:** Stop bit
 1 = Indicates that a Stop bit has been detected last
 0 = Stop bit was not detected last
Note: This bit is cleared on Reset and when SSPEN is cleared.
- bit 3 **S:** Start bit
 1 = Indicates that a Start bit has been detected last
 0 = Start bit was not detected last
Note: This bit is cleared on Reset and when SSPEN is cleared.
- bit 2 **R/W:** Read/Write bit information (I²C mode only)
In Slave mode:
 1 = Read
 0 = Write
Note: This bit holds the R/W bit information following the last address match. This bit is only valid from the address match to the next Start bit, Stop bit or not ACK bit.
In Master mode:
 1 = Transmit is in progress
 0 = Transmit is not in progress
Note: ORing this bit with SEN, RSEN, PEN, RCEN or ACKEN will indicate if the MSSP is in Idle mode.
- bit 1 **UA:** Update Address (10-bit Slave mode only)
 1 = Indicates that the user needs to update the address in the SSPADD register
 0 = Address does not need to be updated
- bit 0 **BF:** Buffer Full Status bit
In Transmit mode:
 1 = Receive complete, SSPBUF is full
 0 = Receive not complete, SSPBUF is empty
In Receive mode:
 1 = Data Transmit in progress (does not include the ACK and Stop bits), SSPBUF is full
 0 = Data Transmit complete (does not include the ACK and Stop bits), SSPBUF is empty

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

REGISTER 9-4: SSPCON1: MSSP CONTROL REGISTER 1 (I²C MODE) (ADDRESS 14h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	
bit 7								bit 0

- bit 7 **WCOL:** Write Collision Detect bit
In Master Transmit mode:
 1 = A write to the SSPBUF register was attempted while the I²C conditions were not valid for a transmission to be started. (Must be cleared in software.)
 0 = No collision
In Slave Transmit mode:
 1 = The SSPBUF register is written while it is still transmitting the previous word. (Must be cleared in software.)
 0 = No collision
In Receive mode (Master or Slave modes):
 This is a “don’t care” bit.
- bit 6 **SSPOV:** Receive Overflow Indicator bit
In Receive mode:
 1 = A byte is received while the SSPBUF register is still holding the previous byte. (Must be cleared in software.)
 0 = No overflow
In Transmit mode:
 This is a “don’t care” bit in Transmit mode.
- bit 5 **SSPEN:** Synchronous Serial Port Enable bit
 1 = Enables the serial port and configures the SDA and SCL pins as the serial port pins
 0 = Disables the serial port and configures these pins as I/O port pins
Note: When enabled, the SDA and SCL pins must be properly configured as input or output.
- bit 4 **CKP:** SCK Release Control bit
In Slave mode:
 1 = Release clock
 0 = Holds clock low (clock stretch). (Used to ensure data setup time.)
In Master mode:
 Unused in this mode.
- bit 3-0 **SSPM3:SSPM0:** Synchronous Serial Port Mode Select bits
 1111 = I²C Slave mode, 10-bit address with Start and Stop bit interrupts enabled
 1110 = I²C Slave mode, 7-bit address with Start and Stop bit interrupts enabled
 1011 = I²C Firmware Controlled Master mode (Slave Idle)
 1000 = I²C Master mode, clock = Fosc/(4 * (SSPADD + 1))
 0111 = I²C Slave mode, 10-bit address
 0110 = I²C Slave mode, 7-bit address
Note: Bit combinations not specifically listed here are either reserved or implemented in SPI mode only.

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as ‘0’	
- n = Value at POR	‘1’ = Bit is set	‘0’ = Bit is cleared	x = Bit is unknown

REGISTER 9-5: SSPCON2: MSSP CONTROL REGISTER 2 (I²C MODE) (ADDRESS 91h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
GCEN	ACKSTAT	ACKDT	ACKEN	RCEN	PEN	RSEN	SEN
bit 7						bit 0	

- bit 7 **GCEN:** General Call Enable bit (Slave mode only)
 1 = Enable interrupt when a general call address (0000h) is received in the SSPSR
 0 = General call address disabled
- bit 6 **ACKSTAT:** Acknowledge Status bit (Master Transmit mode only)
 1 = Acknowledge was not received from slave
 0 = Acknowledge was received from slave
- bit 5 **ACKDT:** Acknowledged Data bit (Master Receive mode only)
 1 = Not Acknowledge
 0 = Acknowledge
Note: Value that will be transmitted when the user initiates an Acknowledge sequence at the end of a receive.
- bit 4 **ACKEN:** Acknowledge Sequence Enable bit (Master Receive mode only)
 1 = Initiate Acknowledge sequence on SDA and SCL pins and transmit ACKDT data bit. Automatically cleared by hardware.
 0 = Acknowledge sequence Idle
- bit 3 **RCEN:** Receive Enable bit (Master mode only)
 1 = Enables Receive mode for I²C
 0 = Receive Idle
- bit 2 **PEN:** Stop Condition Enable bit (Master mode only)
 1 = Initiate Stop condition on SDA and SCL pins. Automatically cleared by hardware.
 0 = Stop condition Idle
- bit 1 **RSEN:** Repeated Start Condition Enabled bit (Master mode only)
 1 = Initiate Repeated Start condition on SDA and SCL pins. Automatically cleared by hardware.
 0 = Repeated Start condition Idle
- bit 0 **SEN:** Start Condition Enabled/Stretch Enabled bit
In Master mode:
 1 = Initiate Start condition on SDA and SCL pins. Automatically cleared by hardware.
 0 = Start condition Idle
In Slave mode:
 1 = Clock stretching is enabled for both slave transmit and slave receive (stretch enabled)
 0 = Clock stretching is enabled for slave transmit only (PIC16F87X compatibility)

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

Note: For bits ACKEN, RCEN, PEN, RSEN, SEN: If the I²C module is not in the Idle mode, this bit may not be set (no spooling) and the SSPBUF may not be written (or writes to the SSPBUF are disabled).

PIC16F87XA

9.4.2 OPERATION

The MSSP module functions are enabled by setting MSSP Enable bit, SSPEN (SSPCON<5>).

The SSPCON register allows control of the I²C operation. Four mode selection bits (SSPCON<3:0>) allow one of the following I²C modes to be selected:

- I²C Master mode, clock = OSC/4 (SSPADD + 1)
- I²C Slave mode (7-bit address)
- I²C Slave mode (10-bit address)
- I²C Slave mode (7-bit address) with Start and Stop bit interrupts enabled
- I²C Slave mode (10-bit address) with Start and Stop bit interrupts enabled
- I²C Firmware Controlled Master mode, slave is Idle

Selection of any I²C mode, with the SSPEN bit set, forces the SCL and SDA pins to be open-drain, provided these pins are programmed to inputs by setting the appropriate TRISC bits. To ensure proper operation of the module, pull-up resistors must be provided externally to the SCL and SDA pins.

9.4.3 SLAVE MODE

In Slave mode, the SCL and SDA pins must be configured as inputs (TRISC<4:3> set). The MSSP module will override the input state with the output data when required (slave-transmitter).

The I²C Slave mode hardware will always generate an interrupt on an address match. Through the mode select bits, the user can also choose to interrupt on Start and Stop bits

When an address is matched, or the data transfer after an address match is received, the hardware automatically will generate the Acknowledge (\overline{ACK}) pulse and load the SSPBUF register with the received value currently in the SSPSR register.

Any combination of the following conditions will cause the MSSP module not to give this \overline{ACK} pulse:

- The buffer full bit, BF (SSPSTAT<0>), was set before the transfer was received.
- The overflow bit, SSPOV (SSPCON<6>), was set before the transfer was received.

In this case, the SSPSR register value is not loaded into the SSPBUF, but bit SSPIF (PIR1<3>) is set. The BF bit is cleared by reading the SSPBUF register, while bit SSPOV is cleared through software.

The SCL clock input must have a minimum high and low for proper operation. The high and low times of the I²C specification, as well as the requirement of the MSSP module, are shown in timing parameter #100 and parameter #101.

9.4.3.1 Addressing

Once the MSSP module has been enabled, it waits for a Start condition to occur. Following the Start condition, the 8 bits are shifted into the SSPSR register. All incoming bits are sampled with the rising edge of the clock (SCL) line. The value of register SSPSR<7:1> is compared to the value of the SSPADD register. The address is compared on the falling edge of the eighth clock (SCL) pulse. If the addresses match, and the BF and SSPOV bits are clear, the following events occur:

1. The SSPSR register value is loaded into the SSPBUF register.
2. The Buffer Full bit, BF, is set.
3. An \overline{ACK} pulse is generated.
4. MSSP Interrupt Flag bit, SSPIF (PIR1<3>), is set (interrupt is generated if enabled) on the falling edge of the ninth SCL pulse.

In 10-bit Address mode, two address bytes need to be received by the slave. The five Most Significant bits (MSBs) of the first address byte specify if this is a 10-bit address. Bit R/\overline{W} (SSPSTAT<2>) must specify a write so the slave device will receive the second address byte. For a 10-bit address, the first byte would equal '11110 A9 A8 0', where 'A9' and 'A8' are the two MSBs of the address. The sequence of events for 10-bit address is as follows, with steps 7 through 9 for the slave-transmitter:

1. Receive first (high) byte of address (bits SSPIF, BF and bit UA (SSPSTAT<1>) are set).
2. Update the SSPADD register with second (low) byte of address (clears bit UA and releases the SCL line).
3. Read the SSPBUF register (clears bit BF) and clear flag bit SSPIF.
4. Receive second (low) byte of address (bits SSPIF, BF and UA are set).
5. Update the SSPADD register with the first (high) byte of address. If match releases SCL line, this will clear bit UA.
6. Read the SSPBUF register (clears bit BF) and clear flag bit SSPIF.
7. Receive Repeated Start condition.
8. Receive first (high) byte of address (bits SSPIF and BF are set).
9. Read the SSPBUF register (clears bit BF) and clear flag bit SSPIF.

9.4.3.2 Reception

When the $\overline{R/W}$ bit of the address byte is clear and an address match occurs, the $\overline{R/W}$ bit of the SSPSTAT register is cleared. The received address is loaded into the SSPBUF register and the SDA line is held low (\overline{ACK}).

When the address byte overflow condition exists, then the No Acknowledge (\overline{ACK}) pulse is given. An overflow condition is defined as either bit BF (SSPSTAT<0>) is set or bit SSPOV (SSPCON<6>) is set.

An MSSP interrupt is generated for each data transfer byte. Flag bit SSPIF (PIR1<3>) must be cleared in software. The SSPSTAT register is used to determine the status of the byte.

If SEN is enabled (SSPCON<0> = 1), RC3/SCK/SCL will be held low (clock stretch) following each data transfer. The clock must be released by setting bit CKP (SSPCON<4>). See **Section 9.4.4 “Clock Stretching”** for more detail.

9.4.3.3 Transmission

When the $\overline{R/W}$ bit of the incoming address byte is set and an address match occurs, the $\overline{R/W}$ bit of the SSPSTAT register is set. The received address is loaded into the SSPBUF register. The \overline{ACK} pulse will be sent on the ninth bit and pin RC3/SCK/SCL is held low regardless of SEN (see **Section 9.4.4 “Clock Stretching”** for more detail). By stretching the clock, the master will be unable to assert another clock pulse until the slave is done preparing the transmit data. The transmit data must be loaded into the SSPBUF register, which also loads the SSPSR register. Then pin RC3/SCK/SCL should be enabled by setting bit CKP (SSPCON<4>). The eight data bits are shifted out on the falling edge of the SCL input. This ensures that the SDA signal is valid during the SCL high time (Figure 9-9).

The \overline{ACK} pulse from the master-receiver is latched on the rising edge of the ninth SCL input pulse. If the SDA line is high (not \overline{ACK}), then the data transfer is complete. In this case, when the \overline{ACK} is latched by the slave, the slave logic is reset (resets SSPSTAT register) and the slave monitors for another occurrence of the Start bit. If the SDA line was low (\overline{ACK}), the next transmit data must be loaded into the SSPBUF register. Again, pin RC3/SCK/SCL must be enabled by setting bit CKP.

An MSSP interrupt is generated for each data transfer byte. The SSPIF bit must be cleared in software and the SSPSTAT register is used to determine the status of the byte. The SSPIF bit is set on the falling edge of the ninth clock pulse.

PIC16F87XA

FIGURE 9-8: I²C SLAVE MODE TIMING WITH SEN = 0 (RECEPTION, 7-BIT ADDRESS)

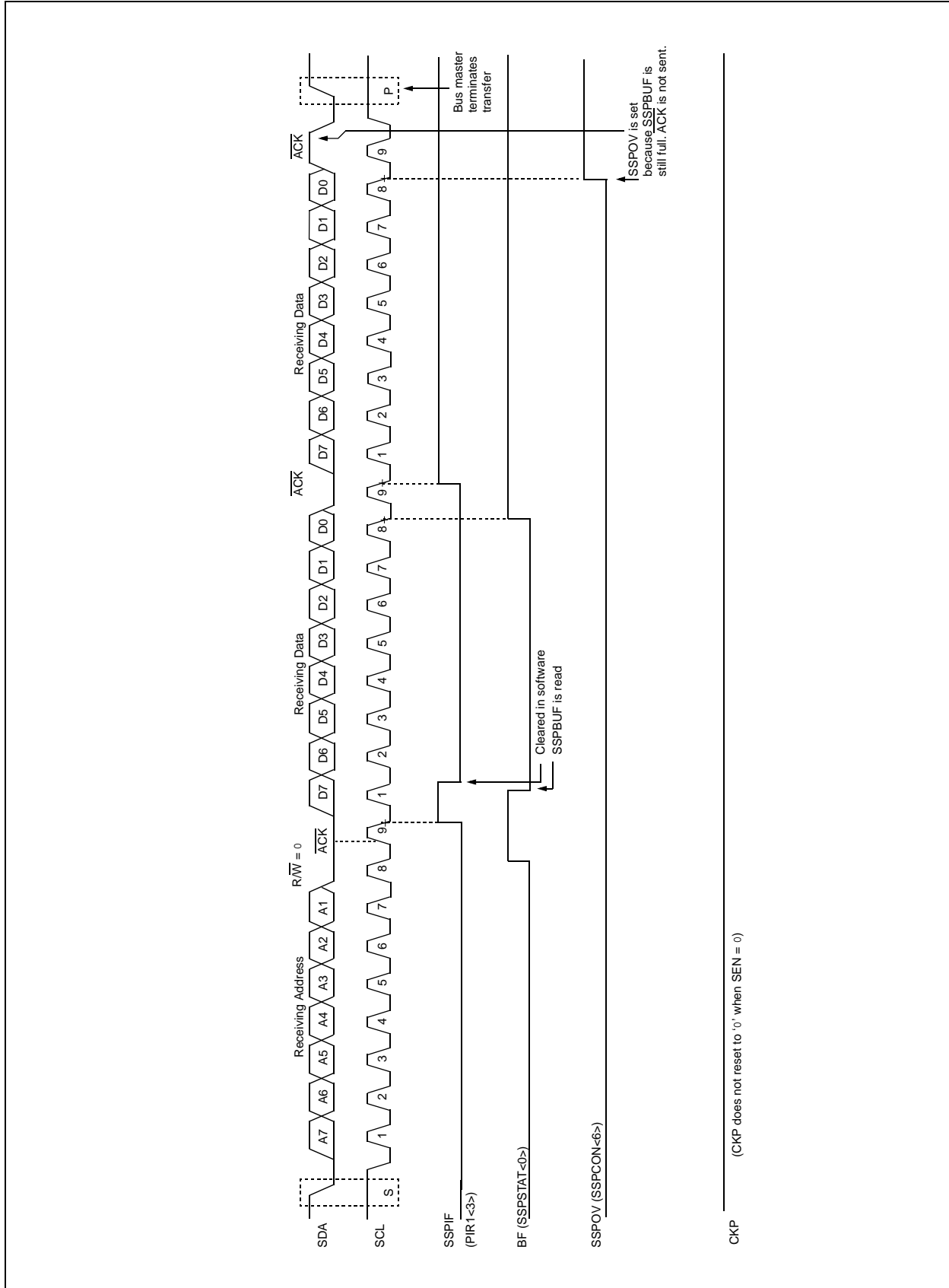
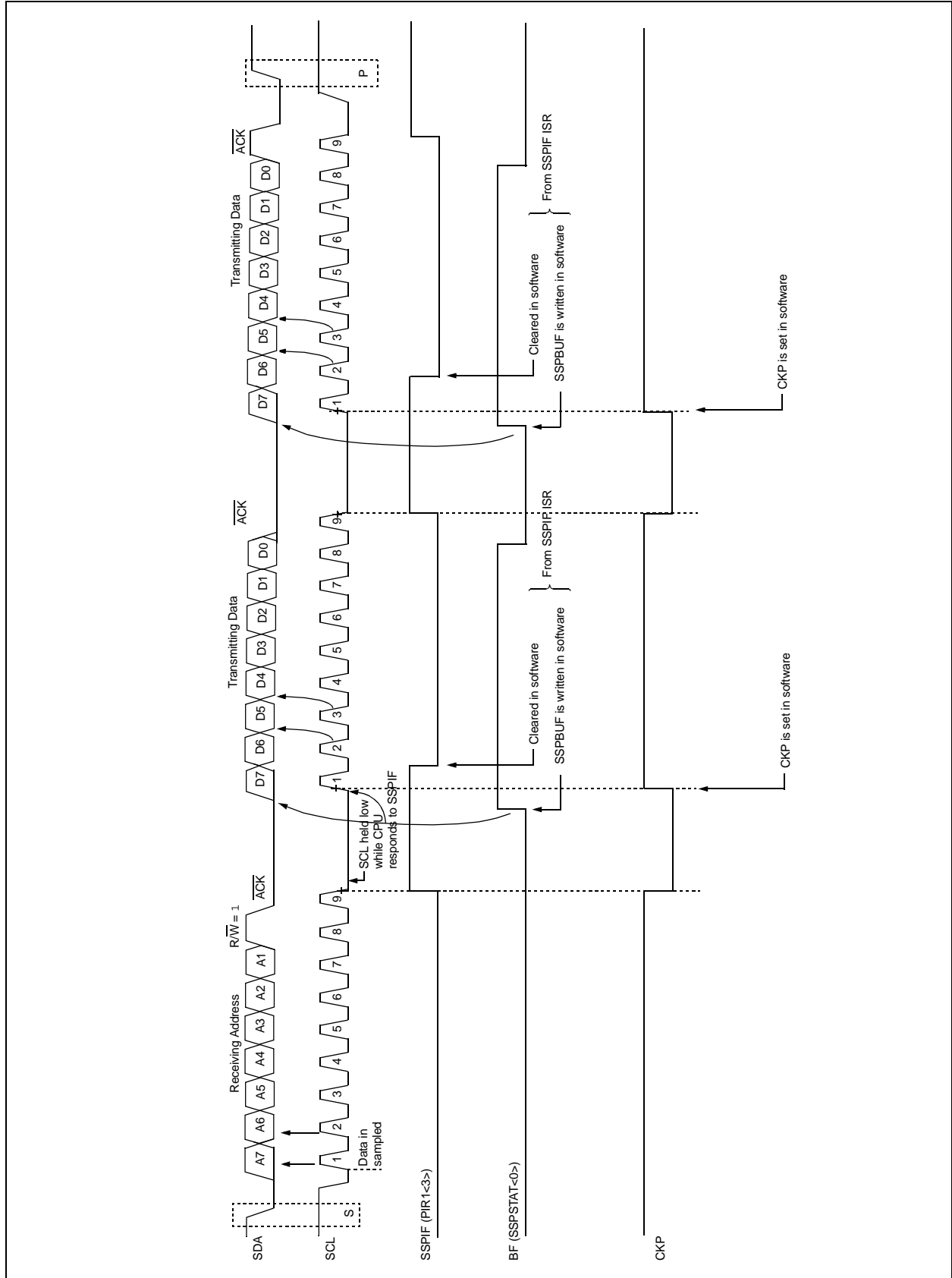


FIGURE 9-9: I²C SLAVE MODE TIMING (TRANSMISSION, 7-BIT ADDRESS)



PIC16F87XA

FIGURE 9-10: I²C SLAVE MODE TIMING WITH SEN = 0 (RECEPTION, 10-BIT ADDRESS)

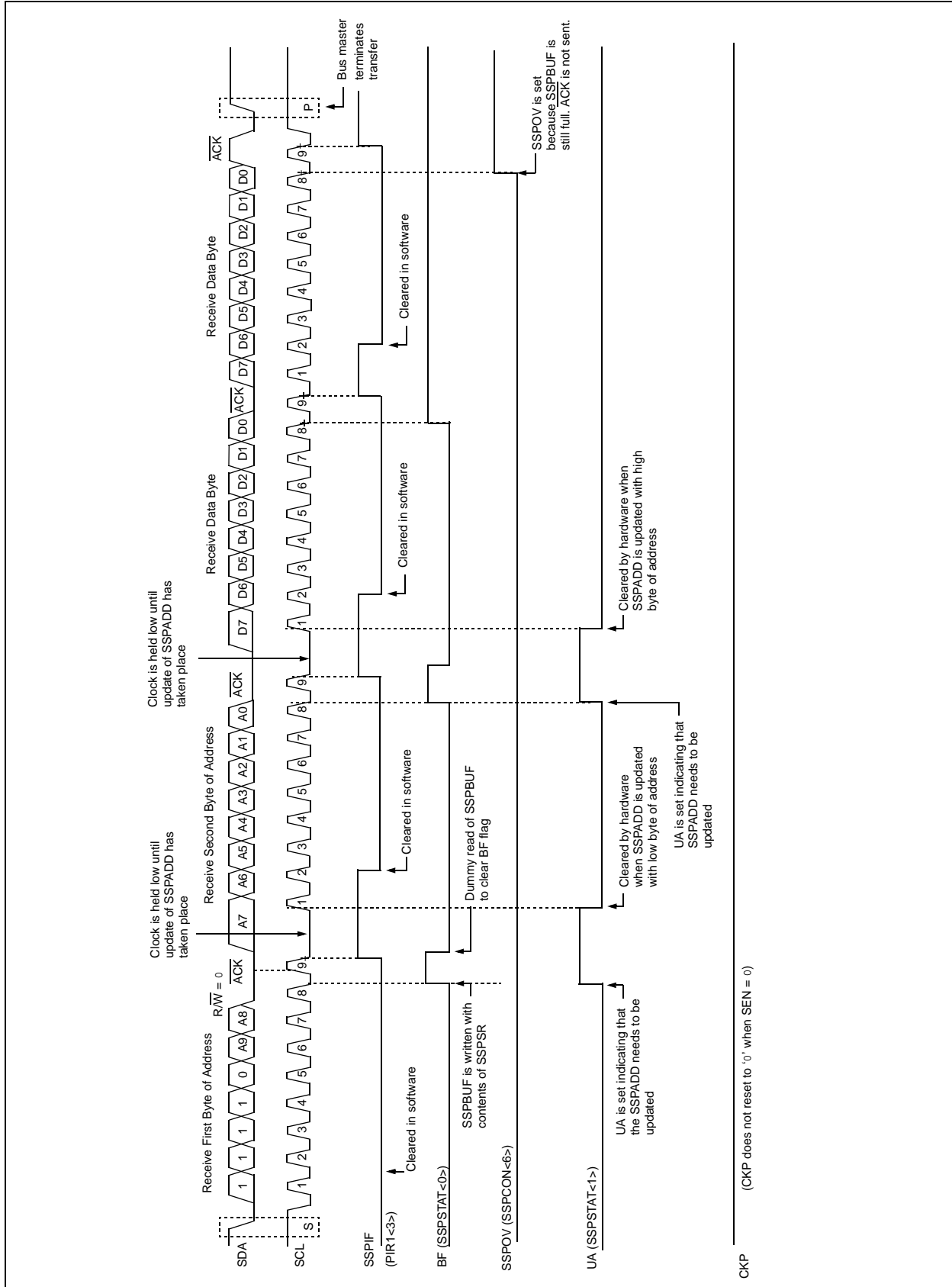
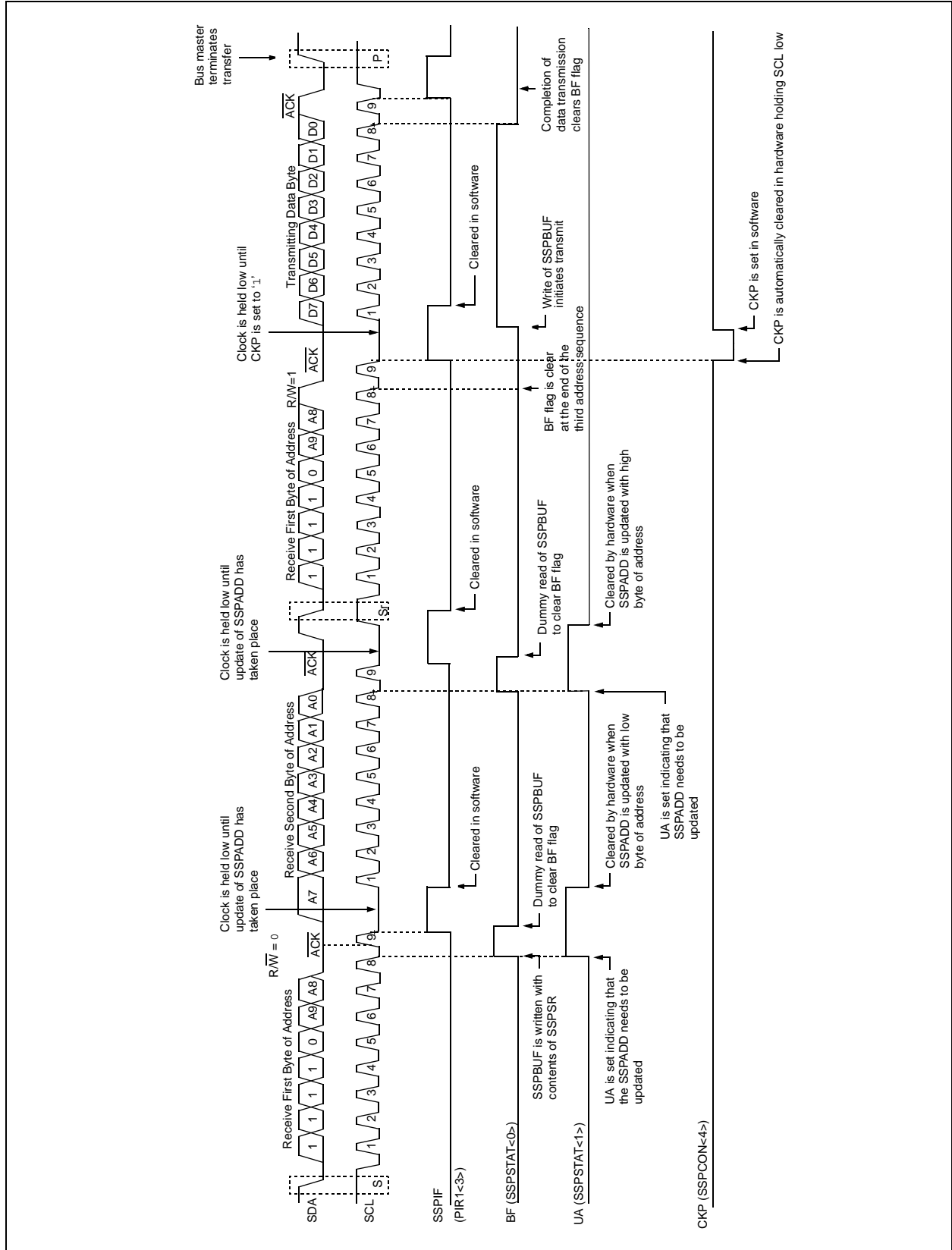


FIGURE 9-11: I²C SLAVE MODE TIMING (TRANSMISSION, 10-BIT ADDRESS)



PIC16F87XA

9.4.4 CLOCK STRETCHING

Both 7 and 10-bit Slave modes implement automatic clock stretching during a transmit sequence.

The SEN bit (SSPCON2<0>) allows clock stretching to be enabled during receives. Setting SEN will cause the SCL pin to be held low at the end of each data receive sequence.

9.4.4.1 Clock Stretching for 7-bit Slave Receive Mode (SEN = 1)

In 7-bit Slave Receive mode, on the falling edge of the ninth clock at the end of the ACK sequence, if the BF bit is set, the CKP bit in the SSPCON register is automatically cleared, forcing the SCL output to be held low. The CKP bit being cleared to '0' will assert the SCL line low. The CKP bit must be set in the user's ISR before reception is allowed to continue. By holding the SCL line low, the user has time to service the ISR and read the contents of the SSPBUF before the master device can initiate another receive sequence. This will prevent buffer overruns from occurring (see Figure 9-13).

Note 1: If the user reads the contents of the SSPBUF before the falling edge of the ninth clock, thus clearing the BF bit, the CKP bit will not be cleared and clock stretching will not occur.

2: The CKP bit can be set in software regardless of the state of the BF bit. The user should be careful to clear the BF bit in the ISR before the next receive sequence in order to prevent an overflow condition.

9.4.4.2 Clock Stretching for 10-bit Slave Receive Mode (SEN = 1)

In 10-bit Slave Receive mode, during the address sequence, clock stretching automatically takes place but CKP is not cleared. During this time, if the UA bit is set after the ninth clock, clock stretching is initiated. The UA bit is set after receiving the upper byte of the 10-bit address and following the receive of the second byte of the 10-bit address, with the R/W bit cleared to '0'. The release of the clock line occurs upon updating SSPADD. Clock stretching will occur on each data receive sequence as described in 7-bit mode.

Note: If the user polls the UA bit and clears it by updating the SSPADD register before the falling edge of the ninth clock occurs and if the user hasn't cleared the BF bit by reading the SSPBUF register before that time, then the CKP bit will still NOT be asserted low. Clock stretching, on the basis of the state of the BF bit, only occurs during a data sequence, not an address sequence.

9.4.4.3 Clock Stretching for 7-bit Slave Transmit Mode

7-bit Slave Transmit mode implements clock stretching by clearing the CKP bit after the falling edge of the ninth clock, if the BF bit is clear. This occurs regardless of the state of the SEN bit.

The user's ISR must set the CKP bit before transmission is allowed to continue. By holding the SCL line low, the user has time to service the ISR and load the contents of the SSPBUF before the master device can initiate another transmit sequence (see Figure 9-9).

Note 1: If the user loads the contents of SSPBUF, setting the BF bit before the falling edge of the ninth clock, the CKP bit will not be cleared and clock stretching will not occur.

2: The CKP bit can be set in software regardless of the state of the BF bit.

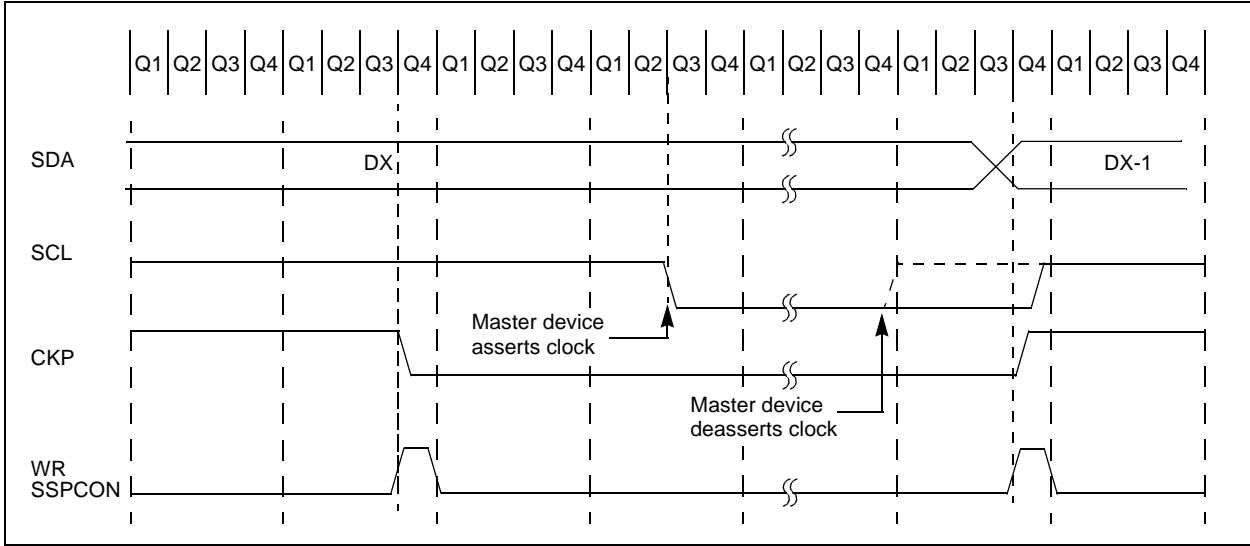
9.4.4.4 Clock Stretching for 10-bit Slave Transmit Mode

In 10-bit Slave Transmit mode, clock stretching is controlled during the first two address sequences by the state of the UA bit, just as it is in 10-bit Slave Receive mode. The first two addresses are followed by a third address sequence, which contains the high order bits of the 10-bit address and the R/W bit set to '1'. After the third address sequence is performed, the UA bit is not set, the module is now configured in Transmit mode and clock stretching is controlled by the BF flag as in 7-bit Slave Transmit mode (see Figure 9-11).

9.4.4.5 Clock Synchronization and the CKP Bit

When the CKP bit is cleared, the SCL output is forced to '0'; however, setting the CKP bit will not assert the SCL output low until the SCL output is already sampled low. Therefore, the CKP bit will not assert the SCL line until an external I²C master device has already asserted the SCL line. The SCL output will remain low until the CKP bit is set and all other devices on the I²C bus have deasserted SCL. This ensures that a write to the CKP bit will not violate the minimum high time requirement for SCL (see Figure 9-12).

FIGURE 9-12: CLOCK SYNCHRONIZATION TIMING



PIC16F87XA

FIGURE 9-13: I²C SLAVE MODE TIMING WITH SEN = 1 (RECEPTION, 7-BIT ADDRESS)

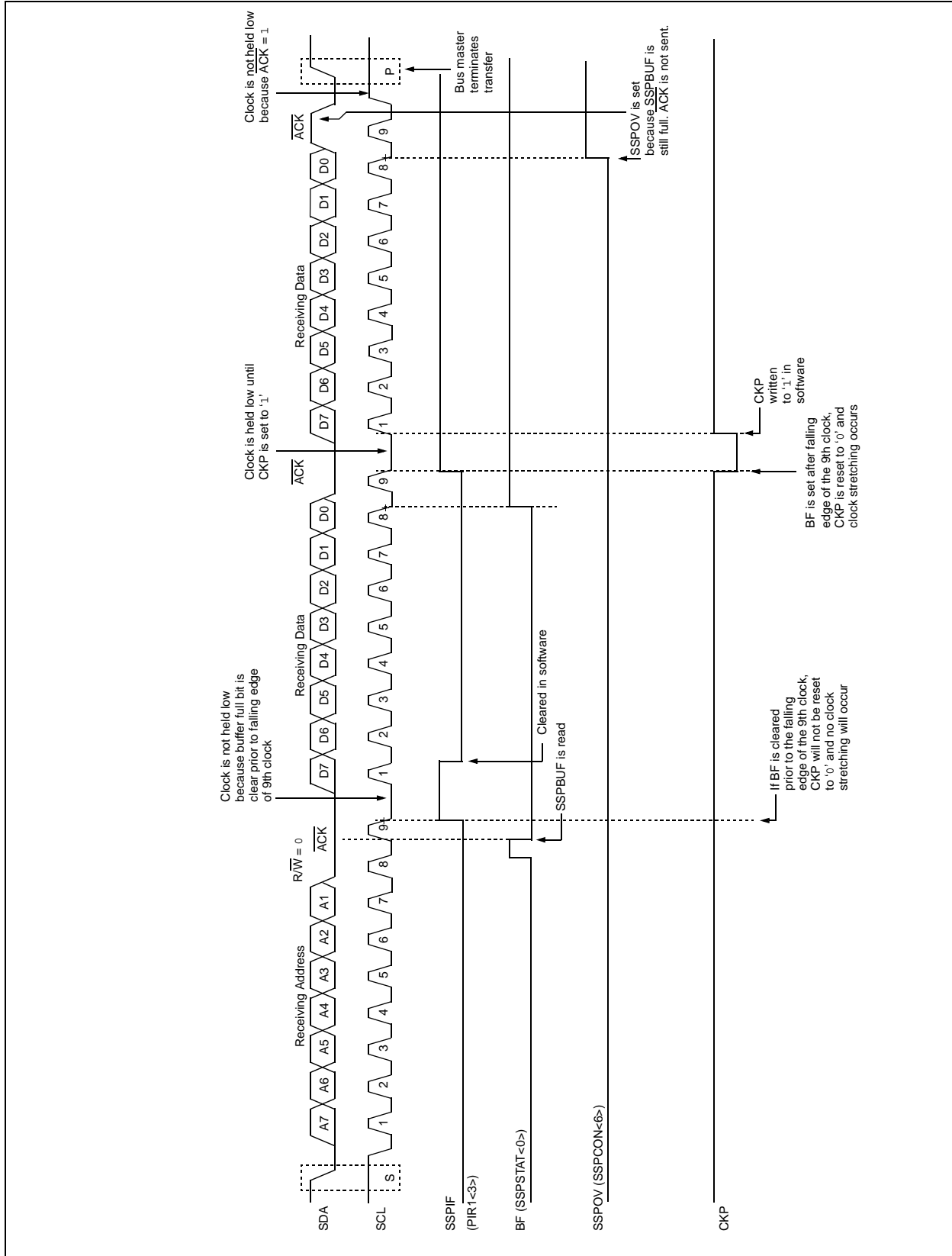
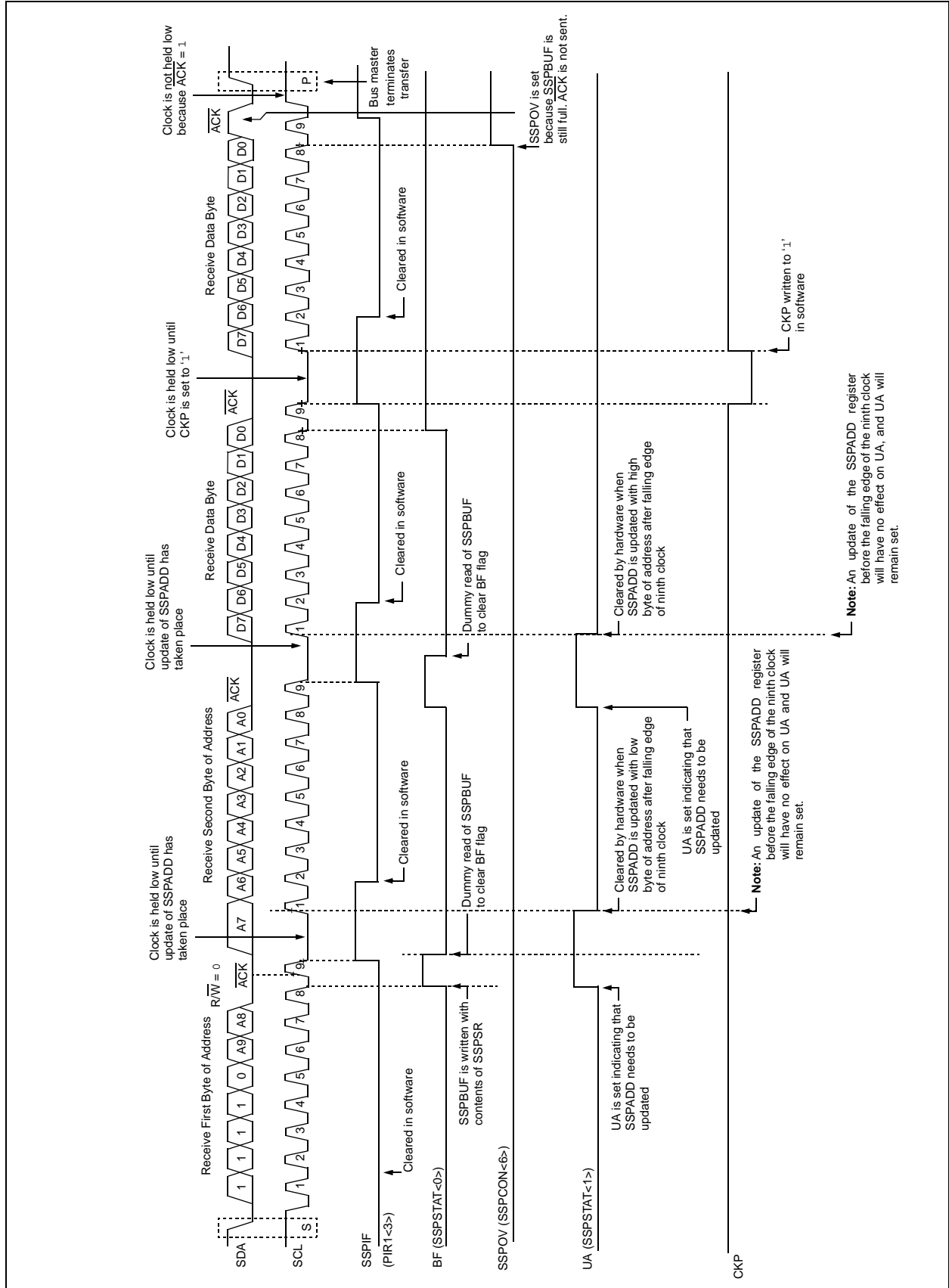


FIGURE 9-14: I²C SLAVE MODE TIMING SEN = 1 (RECEPTION, 10-BIT ADDRESS)



PIC16F87XA

9.4.5 GENERAL CALL ADDRESS SUPPORT

The addressing procedure for the I²C bus is such that the first byte after the Start condition usually determines which device will be the slave addressed by the master. The exception is the general call address which can address all devices. When this address is used, all devices should, in theory, respond with an Acknowledge.

The general call address is one of eight addresses reserved for specific purposes by the I²C protocol. It consists of all '0's with R/W = 0.

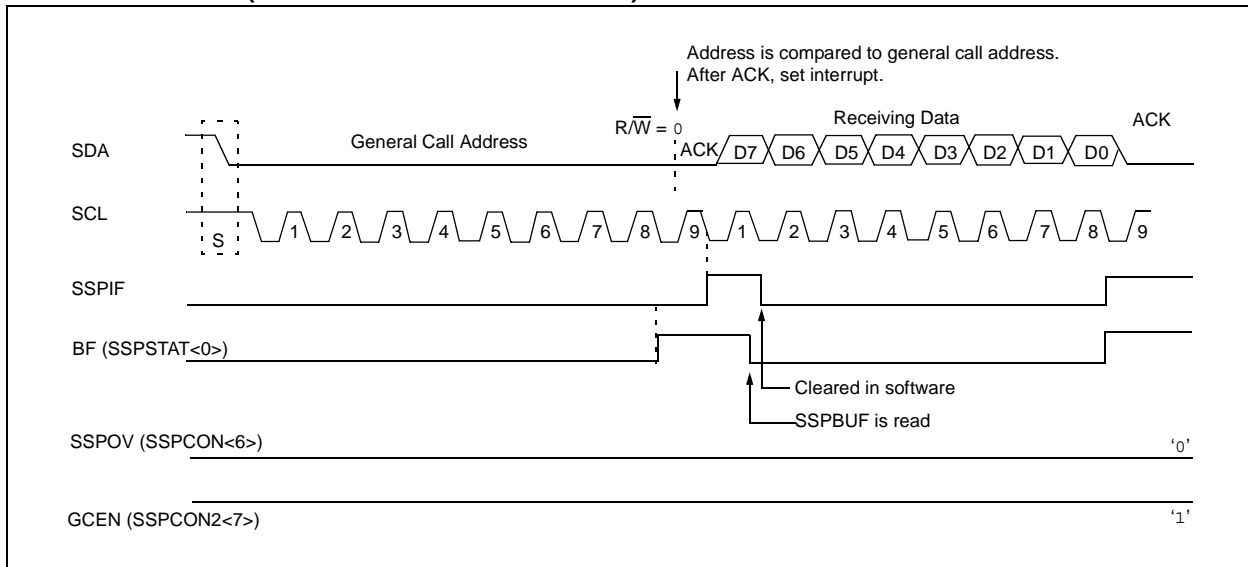
The general call address is recognized when the General Call Enable bit (GCEN) is enabled (SSPCON2<7> set). Following a Start bit detect, 8 bits are shifted into the SSPSR and the address is compared against the SSPADD. It is also compared to the general call address and fixed in hardware.

If the general call address matches, the SSPSR is transferred to the SSPBUF, the BF flag bit is set (eighth bit) and on the falling edge of the ninth bit (ACK bit), the SSPIF interrupt flag bit is set.

When the interrupt is serviced, the source for the interrupt can be checked by reading the contents of the SSPBUF. The value can be used to determine if the address was device specific or a general call address.

In 10-bit mode, the SSPADD is required to be updated for the second half of the address to match and the UA bit is set (SSPSTAT<1>). If the general call address is sampled when the GCEN bit is set, while the slave is configured in 10-bit Address mode, then the second half of the address is not necessary, the UA bit will not be set and the slave will begin receiving data after the Acknowledge (Figure 9-15).

FIGURE 9-15: SLAVE MODE GENERAL CALL ADDRESS SEQUENCE (7 OR 10-BIT ADDRESS MODE)



9.4.6 MASTER MODE

Master mode is enabled by setting and clearing the appropriate SSPM bits in SSPCON and by setting the SSPEN bit. In Master mode, the SCL and SDA lines are manipulated by the MSSP hardware.

Master mode of operation is supported by interrupt generation on the detection of the Start and Stop conditions. The Stop (P) and Start (S) bits are cleared from a Reset or when the MSSP module is disabled. Control of the I²C bus may be taken when the P bit is set or the bus is Idle, with both the S and P bits clear.

In Firmware Controlled Master mode, user code conducts all I²C bus operations based on Start and Stop bit conditions.

Once Master mode is enabled, the user has six options.

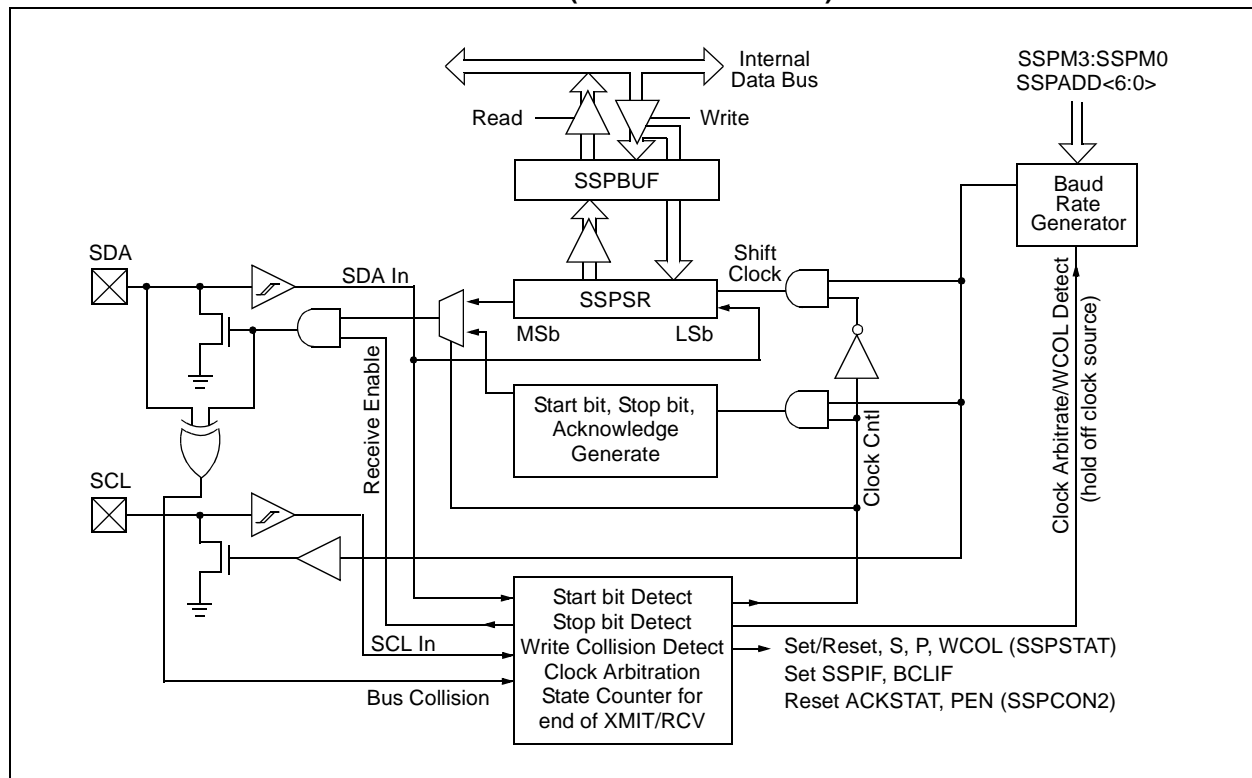
1. Assert a Start condition on SDA and SCL.
2. Assert a Repeated Start condition on SDA and SCL.
3. Write to the SSPBUF register, initiating transmission of data/address.
4. Configure the I²C port to receive data.
5. Generate an Acknowledge condition at the end of a received byte of data.
6. Generate a Stop condition on SDA and SCL.

Note: The MSSP module, when configured in I²C Master mode, does not allow queueing of events. For instance, the user is not allowed to initiate a Start condition and immediately write the SSPBUF register to initiate transmission before the Start condition is complete. In this case, the SSPBUF will not be written to and the WCOL bit will be set, indicating that a write to the SSPBUF did not occur.

The following events will cause SSP Interrupt Flag bit, SSPIF, to be set (SSP interrupt if enabled):

- Start condition
- Stop condition
- Data transfer byte transmitted/received
- Acknowledge transmit
- Repeated Start

FIGURE 9-16: MSSP BLOCK DIAGRAM (I²C MASTER MODE)



PIC16F87XA

9.4.6.1 I²C Master Mode Operation

The master device generates all of the serial clock pulses and the Start and Stop conditions. A transfer is ended with a Stop condition or with a Repeated Start condition. Since the Repeated Start condition is also the beginning of the next serial transfer, the I²C bus will not be released.

In Master Transmitter mode, serial data is output through SDA while SCL outputs the serial clock. The first byte transmitted contains the slave address of the receiving device (7 bits) and the Read/Write (R/W) bit. In this case, the R/W bit will be logic '0'. Serial data is transmitted 8 bits at a time. After each byte is transmitted, an Acknowledge bit is received. Start and Stop conditions are output to indicate the beginning and the end of a serial transfer.

In Master Receive mode, the first byte transmitted contains the slave address of the transmitting device (7 bits) and the R/W bit. In this case, the R/W bit will be logic '1'. Thus, the first byte transmitted is a 7-bit slave address followed by a '1' to indicate the receive bit. Serial data is received via SDA while SCL outputs the serial clock. Serial data is received 8 bits at a time. After each byte is received, an Acknowledge bit is transmitted. Start and Stop conditions indicate the beginning and end of transmission.

The baud rate generator used for the SPI mode operation is used to set the SCL clock frequency for either 100 kHz, 400 kHz or 1 MHz I²C operation. See **Section 9.4.7 "Baud Rate Generator"** for more detail.

A typical transmit sequence would go as follows:

1. The user generates a Start condition by setting the Start Enable bit, SEN (SSPCON2<0>).
2. SSPIF is set. The MSSP module will wait the required Start time before any other operation takes place.
3. The user loads the SSPBUF with the slave address to transmit.
4. Address is shifted out the SDA pin until all 8 bits are transmitted.
5. The MSSP module shifts in the ACK bit from the slave device and writes its value into the SSPCON2 register (SSPCON2<6>).
6. The MSSP module generates an interrupt at the end of the ninth clock cycle by setting the SSPIF bit.
7. The user loads the SSPBUF with eight bits of data.
8. Data is shifted out the SDA pin until all 8 bits are transmitted.
9. The MSSP module shifts in the ACK bit from the slave device and writes its value into the SSPCON2 register (SSPCON2<6>).
10. The MSSP module generates an interrupt at the end of the ninth clock cycle by setting the SSPIF bit.
11. The user generates a Stop condition by setting the Stop Enable bit, PEN (SSPCON2<2>).
12. Interrupt is generated once the Stop condition is complete.

9.4.7 BAUD RATE GENERATOR

In I²C Master mode, the Baud Rate Generator (BRG) reload value is placed in the lower 7 bits of the SSPADD register (Figure 9-17). When a write occurs to SSPBUF, the Baud Rate Generator will automatically begin counting. The BRG counts down to 0 and stops until another reload has taken place. The BRG count is decremented twice per instruction cycle (T_{cy}) on the Q2 and Q4 clocks. In I²C Master mode, the BRG is reloaded automatically.

Once the given operation is complete (i.e., transmission of the last data bit is followed by $\overline{\text{ACK}}$), the internal clock will automatically stop counting and the SCL pin will remain in its last state.

Table 9-3 demonstrates clock rates based on instruction cycles and the BRG value loaded into SSPADD.

FIGURE 9-17: BAUD RATE GENERATOR BLOCK DIAGRAM

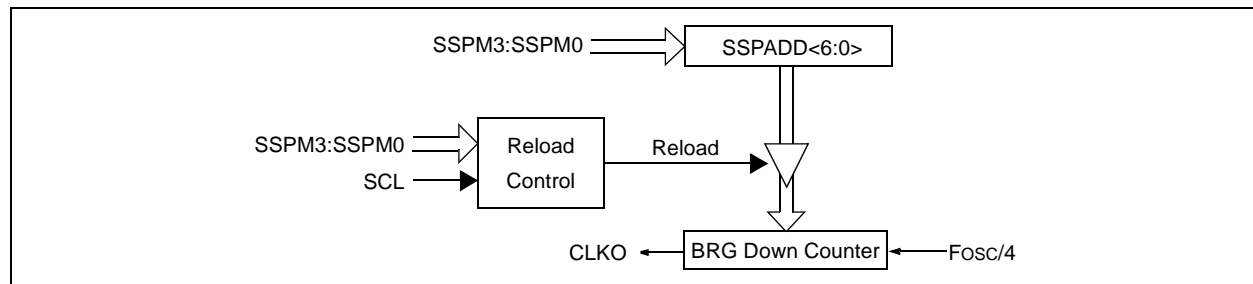


TABLE 9-3: I²C CLOCK RATE W/BRG

F _{cy}	F _{cy} *2	BRG Value	F _{SCL} (2 Rollovers of BRG)
10 MHz	20 MHz	19h	400 kHz ⁽¹⁾
10 MHz	20 MHz	20h	312.5 kHz
10 MHz	20 MHz	3Fh	100 kHz
4 MHz	8 MHz	0Ah	400 kHz ⁽¹⁾
4 MHz	8 MHz	0Dh	308 kHz
4 MHz	8 MHz	28h	100 kHz
1 MHz	2 MHz	03h	333 kHz ⁽¹⁾
1 MHz	2 MHz	0Ah	100 kHz
1 MHz	2 MHz	00h	1 MHz ⁽¹⁾

Note 1: The I²C interface does not conform to the 400 kHz I²C specification (which applies to rates greater than 100 kHz) in all details, but may be used with care where higher rates are required by the application.

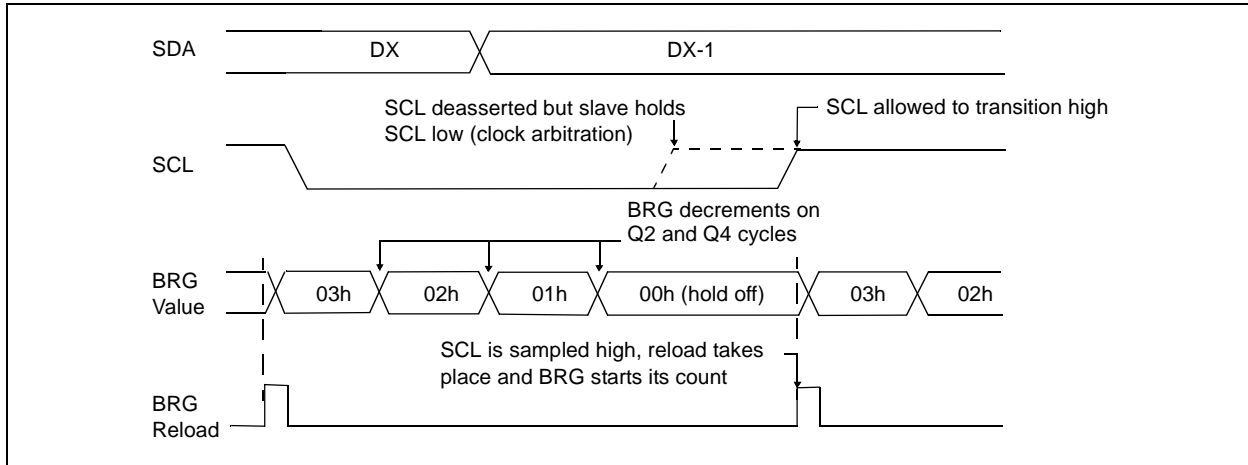
PIC16F87XA

9.4.7.1 Clock Arbitration

Clock arbitration occurs when the master, during any receive, transmit or Repeated Start/Stop condition, deasserts the SCL pin (SCL allowed to float high). When the SCL pin is allowed to float high, the Baud Rate Generator (BRG) is suspended from counting until the SCL pin is actually sampled high. When the

SCL pin is sampled high, the Baud Rate Generator is reloaded with the contents of SSPADD<6:0> and begins counting. This ensures that the SCL high time will always be at least one BRG rollover count, in the event that the clock is held low by an external device (Figure 9-17).

FIGURE 9-18: BAUD RATE GENERATOR TIMING WITH CLOCK ARBITRATION



9.4.8 I²C MASTER MODE START CONDITION TIMING

To initiate a Start condition, the user sets the Start condition enable bit, SEN (SSPCON2<0>). If the SDA and SCL pins are sampled high, the Baud Rate Generator is reloaded with the contents of SSPADD<6:0> and starts its count. If SCL and SDA are both sampled high when the Baud Rate Generator times out (TBRG), the SDA pin is driven low. The action of the SDA being driven low, while SCL is high, is the Start condition and causes the S bit (SSPSTAT<3>) to be set. Following this, the Baud Rate Generator is reloaded with the contents of SSPADD<6:0> and resumes its count. When the Baud Rate Generator times out (TBRG), the SEN bit (SSPCON2<0>) will be automatically cleared by hardware, the Baud Rate Generator is suspended, leaving the SDA line held low and the Start condition is complete.

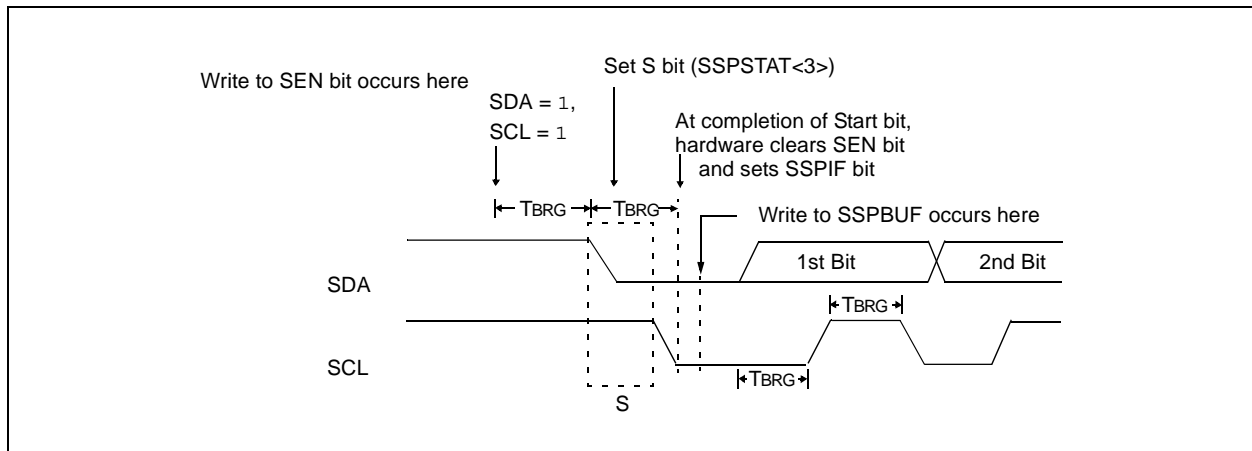
Note: If at the beginning of the Start condition, the SDA and SCL pins are already sampled low, or if during the Start condition, the SCL line is sampled low before the SDA line is driven low, a bus collision occurs, the Bus Collision Interrupt Flag (BCLIF) is set, the Start condition is aborted and the I²C module is reset into its Idle state.

9.4.8.1 WCOL Status Flag

If the user writes the SSPBUF when a Start sequence is in progress, the WCOL is set and the contents of the buffer are unchanged (the write doesn't occur).

Note: Because queueing of events is not allowed, writing to the lower 5 bits of SSPCON2 is disabled until the Start condition is complete.

FIGURE 9-19: FIRST START BIT TIMING



PIC16F87XA

9.4.9 I²C MASTER MODE REPEATED START CONDITION TIMING

A Repeated Start condition occurs when the RSEN bit (SSPCON2<1>) is programmed high and the I²C logic module is in the Idle state. When the RSEN bit is set, the SCL pin is asserted low. When the SCL pin is sampled low, the Baud Rate Generator is loaded with the contents of SSPADD<5:0> and begins counting. The SDA pin is released (brought high) for one Baud Rate Generator count (TBRG). When the Baud Rate Generator times out, if SDA is sampled high, the SCL pin will be deasserted (brought high). When SCL is sampled high, the Baud Rate Generator is reloaded with the contents of SSPADD<6:0> and begins counting. SDA and SCL must be sampled high for one TBRG. This action is then followed by assertion of the SDA pin (SDA = 0) for one TBRG while SCL is high. Following this, the RSEN bit (SSPCON2<1>) will be automatically cleared and the Baud Rate Generator will not be reloaded, leaving the SDA pin held low. As soon as a Start condition is detected on the SDA and SCL pins, the S bit (SSPSTAT<3>) will be set. The SSPIF bit will not be set until the Baud Rate Generator has timed out.

Note 1: If RSEN is programmed while any other event is in progress, it will not take effect.

2: A bus collision during the Repeated Start condition occurs if:

- SDA is sampled low when SCL goes from low to high.
- SCL goes low before SDA is asserted low. This may indicate that another master is attempting to transmit a data '1'.

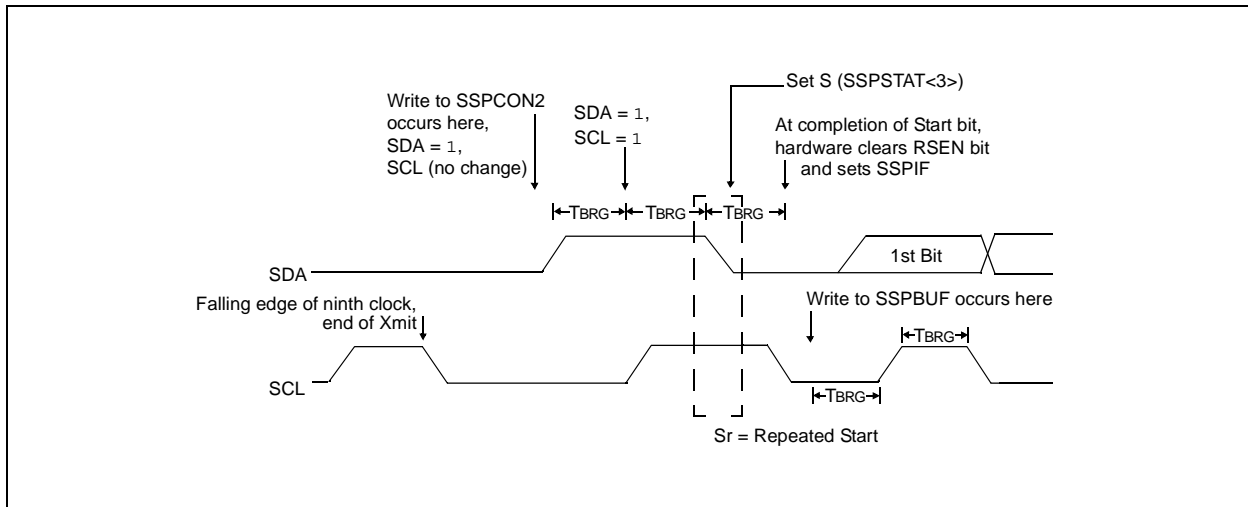
Immediately following the SSPIF bit getting set, the user may write the SSPBUF with the 7-bit address in 7-bit mode or the default first address in 10-bit mode. After the first eight bits are transmitted and an ACK is received, the user may then transmit an additional eight bits of address (10-bit mode) or eight bits of data (7-bit mode).

9.4.9.1 WCOL Status Flag

If the user writes the SSPBUF when a Repeated Start sequence is in progress, the WCOL is set and the contents of the buffer are unchanged (the write doesn't occur).

Note: Because queueing of events is not allowed, writing of the lower 5 bits of SSPCON2 is disabled until the Repeated Start condition is complete.

FIGURE 9-20: REPEAT START CONDITION WAVEFORM



9.4.10 I²C MASTER MODE TRANSMISSION

Transmission of a data byte, a 7-bit address or the other half of a 10-bit address is accomplished by simply writing a value to the SSPBUF register. This action will set the Buffer Full flag bit, BF, and allow the Baud Rate Generator to begin counting and start the next transmission. Each bit of address/data will be shifted out onto the SDA pin after the falling edge of SCL is asserted (see data hold time specification, parameter #106). SCL is held low for one Baud Rate Generator rollover count (TBRG). Data should be valid before SCL is released high (see data setup time specification, parameter #107). When the SCL pin is released high, it is held that way for TBRG. The data on the SDA pin must remain stable for that duration and some hold time after the next falling edge of SCL. After the eighth bit is shifted out (the falling edge of the eighth clock), the BF flag is cleared and the master releases SDA. This allows the slave device being addressed to respond with an ACK bit during the ninth bit time, if an address match occurred or if data was received properly. The status of ACK is written into the ACKDT bit on the falling edge of the ninth clock. If the master receives an Acknowledge, the Acknowledge Status bit, ACKSTAT, is cleared. If not, the bit is set. After the ninth clock, the SSPIF bit is set and the master clock (Baud Rate Generator) is suspended until the next data byte is loaded into the SSPBUF, leaving SCL low and SDA unchanged (Figure 9-21).

After the write to the SSPBUF, each bit of address will be shifted out on the falling edge of SCL, until all seven address bits and the R/W bit are completed. On the falling edge of the eighth clock, the master will deassert the SDA pin, allowing the slave to respond with an Acknowledge. On the falling edge of the ninth clock, the master will sample the SDA pin to see if the address was recognized by a slave. The status of the ACK bit is loaded into the ACKSTAT status bit (SSPCON2<6>). Following the falling edge of the ninth clock transmission of the address, the SSPIF is set, the BF flag is cleared and the Baud Rate Generator is turned off until another write to the SSPBUF takes place, holding SCL low and allowing SDA to float.

9.4.10.1 BF Status Flag

In Transmit mode, the BF bit (SSPSTAT<0>) is set when the CPU writes to SSPBUF and is cleared when all eight bits are shifted out.

9.4.10.2 WCOL Status Flag

If the user writes the SSPBUF when a transmit is already in progress (i.e., SSPSR is still shifting out a data byte), the WCOL is set and the contents of the buffer are unchanged (the write doesn't occur).

WCOL must be cleared in software.

9.4.10.3 ACKSTAT Status Flag

In Transmit mode, the ACKSTAT bit (SSPCON2<6>) is cleared when the slave has sent an Acknowledge (ACK = 0) and is set when the slave does Not Acknowledge (ACK = 1). A slave sends an Acknowledge when it has recognized its address (including a general call) or when the slave has properly received its data.

9.4.11 I²C MASTER MODE RECEPTION

Master mode reception is enabled by programming the Receive Enable bit, RCEN (SSPCON2<3>).

Note: The MSSP module must be in an Idle state before the RCEN bit is set or the RCEN bit will be disregarded.

The Baud Rate Generator begins counting and on each rollover, the state of the SCL pin changes (high to low/low to high) and data is shifted into the SSPSR. After the falling edge of the eighth clock, the receive enable flag is automatically cleared, the contents of the SSPSR are loaded into the SSPBUF, the BF flag bit is set, the SSPIF flag bit is set and the Baud Rate Generator is suspended from counting, holding SCL low. The MSSP is now in Idle state, awaiting the next command. When the buffer is read by the CPU, the BF flag bit is automatically cleared. The user can then send an Acknowledge bit at the end of reception by setting the Acknowledge Sequence Enable bit, ACKEN (SSPCON2<4>).

9.4.11.1 BF Status Flag

In receive operation, the BF bit is set when an address or data byte is loaded into SSPBUF from SSPSR. It is cleared when the SSPBUF register is read.

9.4.11.2 SSPOV Status Flag

In receive operation, the SSPOV bit is set when 8 bits are received into the SSPSR and the BF flag bit is already set from a previous reception.

9.4.11.3 WCOL Status Flag

If the user writes the SSPBUF when a receive is already in progress (i.e., SSPSR is still shifting in a data byte), the WCOL bit is set and the contents of the buffer are unchanged (the write doesn't occur).

PIC16F87XA

FIGURE 9-21: I²C MASTER MODE WAVEFORM (TRANSMISSION, 7 OR 10-BIT ADDRESS)

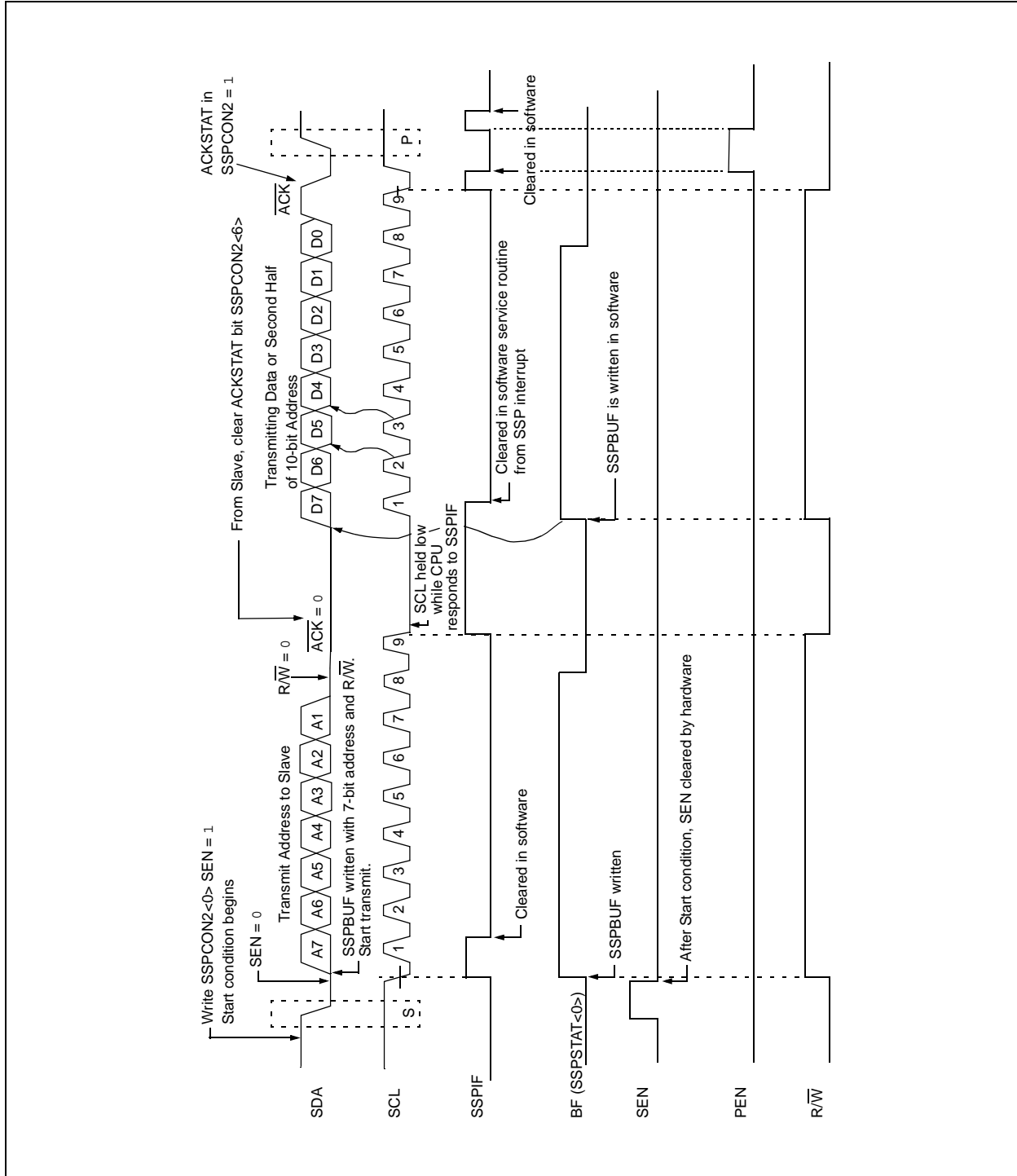
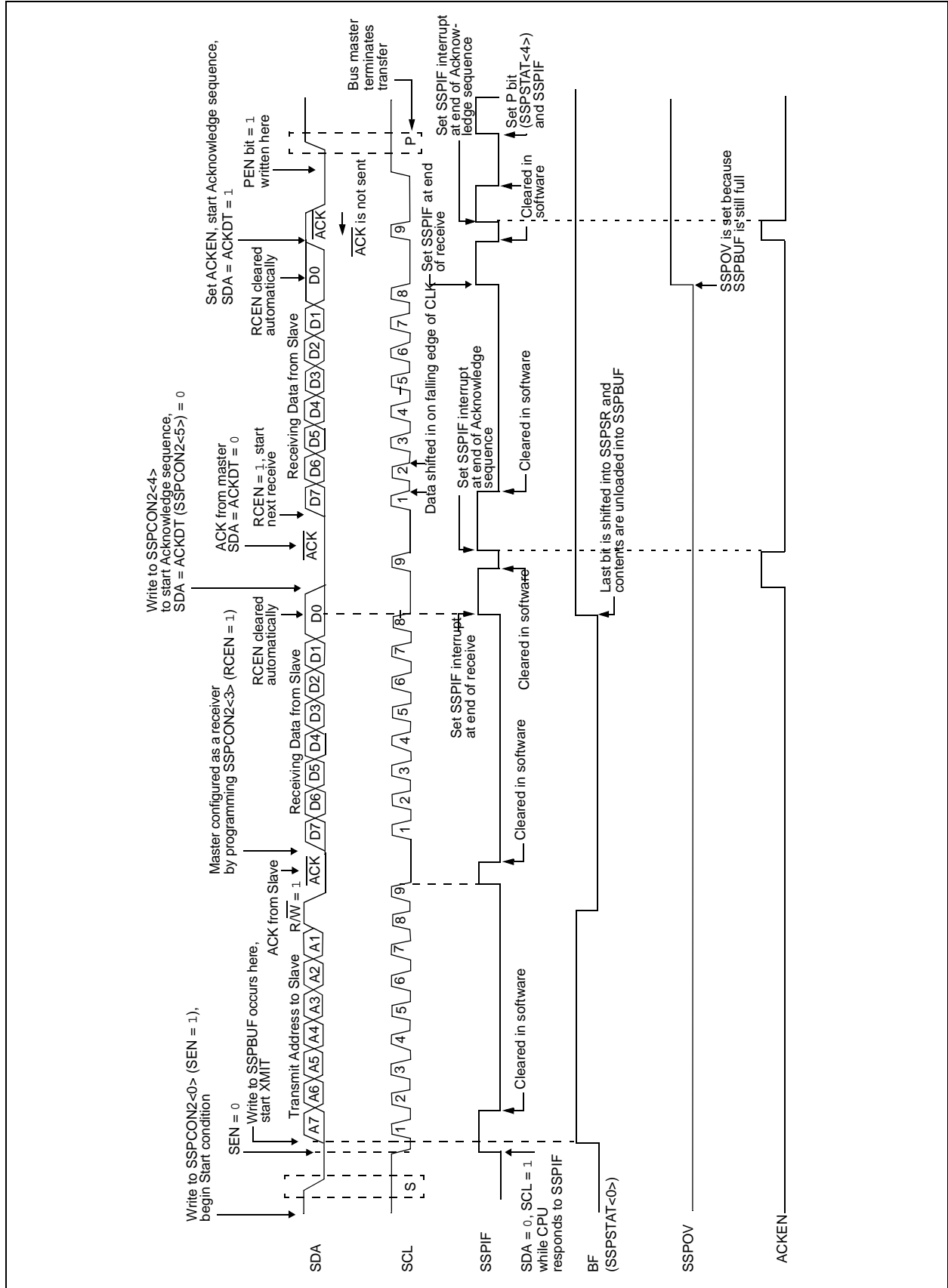


FIGURE 9-22: I²C MASTER MODE WAVEFORM (RECEPTION, 7-BIT ADDRESS)



PIC16F87XA

9.4.12 ACKNOWLEDGE SEQUENCE TIMING

An Acknowledge sequence is enabled by setting the Acknowledge Sequence Enable bit, ACKEN (SSPCON2<4>). When this bit is set, the SCL pin is pulled low and the contents of the Acknowledge data bit are presented on the SDA pin. If the user wishes to generate an Acknowledge, then the ACKDT bit should be cleared. If not, the user should set the ACKDT bit before starting an Acknowledge sequence. The Baud Rate Generator then counts for one rollover period (TBRG) and the SCL pin is deasserted (pulled high). When the SCL pin is sampled high (clock arbitration), the Baud Rate Generator counts for TBRG. The SCL pin is then pulled low. Following this, the ACKEN bit is automatically cleared, the baud rate generator is turned off and the MSSP module then goes into Idle mode (Figure 9-23).

9.4.12.1 WCOL Status Flag

If the user writes the SSPBUF when an Acknowledge sequence is in progress, then WCOL is set and the contents of the buffer are unchanged (the write doesn't occur).

9.4.13 STOP CONDITION TIMING

A Stop bit is asserted on the SDA pin at the end of a receive/transmit by setting the Stop Sequence Enable bit, PEN (SSPCON2<2>). At the end of a receive/transmit, the SCL line is held low after the falling edge of the ninth clock. When the PEN bit is set, the master will assert the SDA line low. When the SDA line is sampled low, the Baud Rate Generator is reloaded and counts down to 0. When the Baud Rate Generator times out, the SCL pin will be brought high and one TBRG (Baud Rate Generator rollover count) later, the SDA pin will be deasserted. When the SDA pin is sampled high while SCL is high, the P bit (SSPSTAT<4>) is set. A TBRG later, the PEN bit is cleared and the SSPIF bit is set (Figure 9-24).

9.4.13.1 WCOL Status Flag

If the user writes the SSPBUF when a Stop sequence is in progress, then the WCOL bit is set and the contents of the buffer are unchanged (the write doesn't occur).

FIGURE 9-23: ACKNOWLEDGE SEQUENCE WAVEFORM

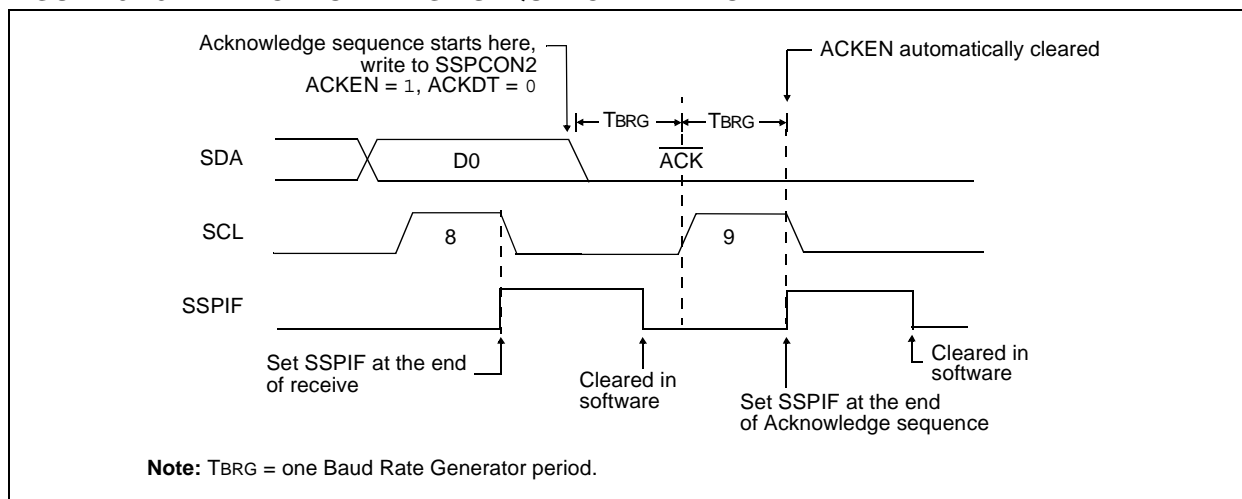
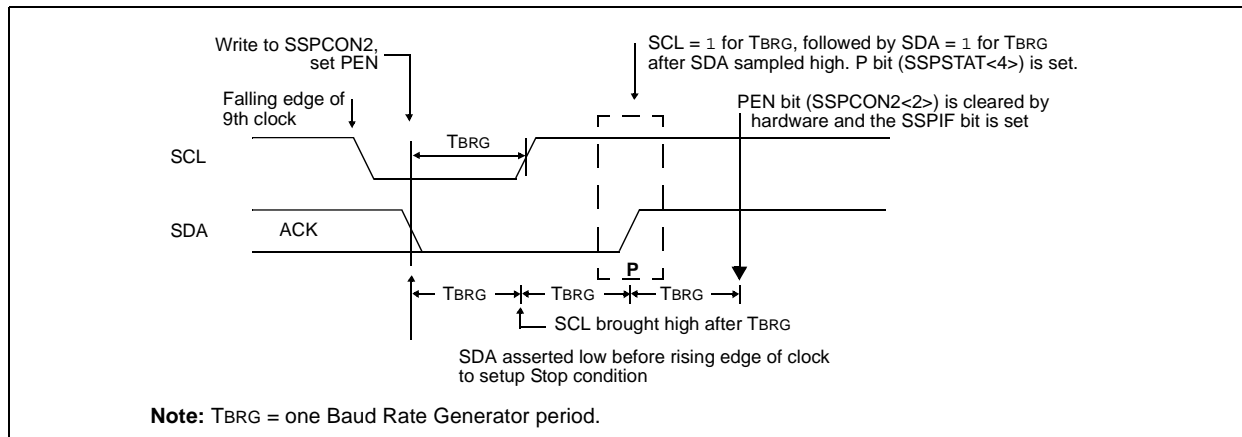


FIGURE 9-24: STOP CONDITION RECEIVE OR TRANSMIT MODE



9.4.14 SLEEP OPERATION

While in Sleep mode, the I²C module can receive addresses or data and when an address match or complete byte transfer occurs, wake the processor from Sleep (if the MSSP interrupt is enabled).

9.4.15 EFFECT OF A RESET

A Reset disables the MSSP module and terminates the current transfer.

9.4.16 MULTI-MASTER MODE

In Multi-Master mode, the interrupt generation on the detection of the Start and Stop conditions allows the determination of when the bus is free. The Stop (P) and Start (S) bits are cleared from a Reset or when the MSSP module is disabled. Control of the I²C bus may be taken when the P bit (SSPSTAT<4>) is set, or the bus is Idle, with both the S and P bits clear. When the bus is busy, enabling the SSP interrupt will generate the interrupt when the Stop condition occurs.

In multi-master operation, the SDA line must be monitored for arbitration to see if the signal level is at the expected output level. This check is performed in hardware with the result placed in the BCLIF bit.

The states where arbitration can be lost are:

- Address Transfer
- Data Transfer
- A Start Condition
- A Repeated Start Condition
- An Acknowledge Condition

9.4.17 MULTI-MASTER COMMUNICATION, BUS COLLISION AND BUS ARBITRATION

Multi-Master mode support is achieved by bus arbitration. When the master outputs address/data bits onto the SDA pin, arbitration takes place when the master outputs a '1' on SDA by letting SDA float high and another master asserts a '0'. When the SCL pin floats high, data should be stable. If the expected data on SDA is a '1' and the data sampled on the SDA pin = 0, then a bus collision has taken place. The master will set the Bus Collision Interrupt Flag, BCLIF, and reset the I²C port to its Idle state (Figure 9-25).

If a transmit was in progress when the bus collision occurred, the transmission is halted, the BF flag is cleared, the SDA and SCL lines are deasserted and the SSPBUF can be written to. When the user services the bus collision Interrupt Service Routine and if the I²C bus is free, the user can resume communication by asserting a Start condition.

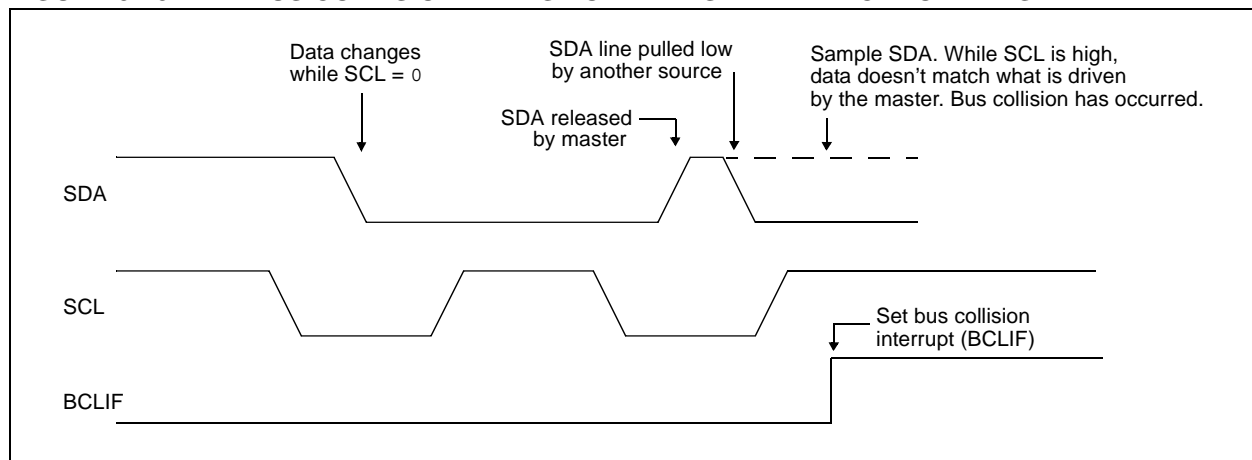
If a Start, Repeated Start, Stop or Acknowledge condition was in progress when the bus collision occurred, the condition is aborted, the SDA and SCL lines are deasserted and the respective control bits in the SSPCON2 register are cleared. When the user services the bus collision Interrupt Service Routine and if the I²C bus is free, the user can resume communication by asserting a Start condition.

The Master will continue to monitor the SDA and SCL pins. If a Stop condition occurs, the SSPIF bit will be set.

A write to the SSPBUF will start the transmission of data at the first data bit regardless of where the transmitter left off when the bus collision occurred.

In Multi-Master mode, the interrupt generation on the detection of Start and Stop conditions allows the determination of when the bus is free. Control of the I²C bus can be taken when the P bit is set in the SSPSTAT register or the bus is Idle and the S and P bits are cleared.

FIGURE 9-25: BUS COLLISION TIMING FOR TRANSMIT AND ACKNOWLEDGE



PIC16F87XA

9.4.17.1 Bus Collision During a Start Condition

During a Start condition, a bus collision occurs if:

- SDA or SCL are sampled low at the beginning of the Start condition (Figure 9-26).
- SCL is sampled low before SDA is asserted low (Figure 9-27).

During a Start condition, both the SDA and the SCL pins are monitored.

If the SDA pin is already low, or the SCL pin is already low, then all of the following occur:

- the Start condition is aborted,
- the BCLIF flag is set and
- the MSSP module is reset to its Idle state (Figure 9-26).

The Start condition begins with the SDA and SCL pins deasserted. When the SDA pin is sampled high, the Baud Rate Generator is loaded from SSPADD<6:0> and counts down to 0. If the SCL pin is sampled low while SDA is high, a bus collision occurs because it is assumed that another master is attempting to drive a data '1' during the Start condition.

If the SDA pin is sampled low during this count, the BRG is reset and the SDA line is asserted early (Figure 9-28). If, however, a '1' is sampled on the SDA pin, the SDA pin is asserted low at the end of the BRG count. The Baud Rate Generator is then reloaded and counts down to 0 and during this time, if the SCL pin is sampled as '0', a bus collision does not occur. At the end of the BRG count, the SCL pin is asserted low.

Note: The reason that bus collision is not a factor during a Start condition is that no two bus masters can assert a Start condition at the exact same time. Therefore, one master will always assert SDA before the other. This condition does not cause a bus collision because the two masters must be allowed to arbitrate the first address following the Start condition. If the address is the same, arbitration must be allowed to continue into the data portion, Repeated Start or Stop conditions.

FIGURE 9-26: BUS COLLISION DURING START CONDITION (SDA ONLY)

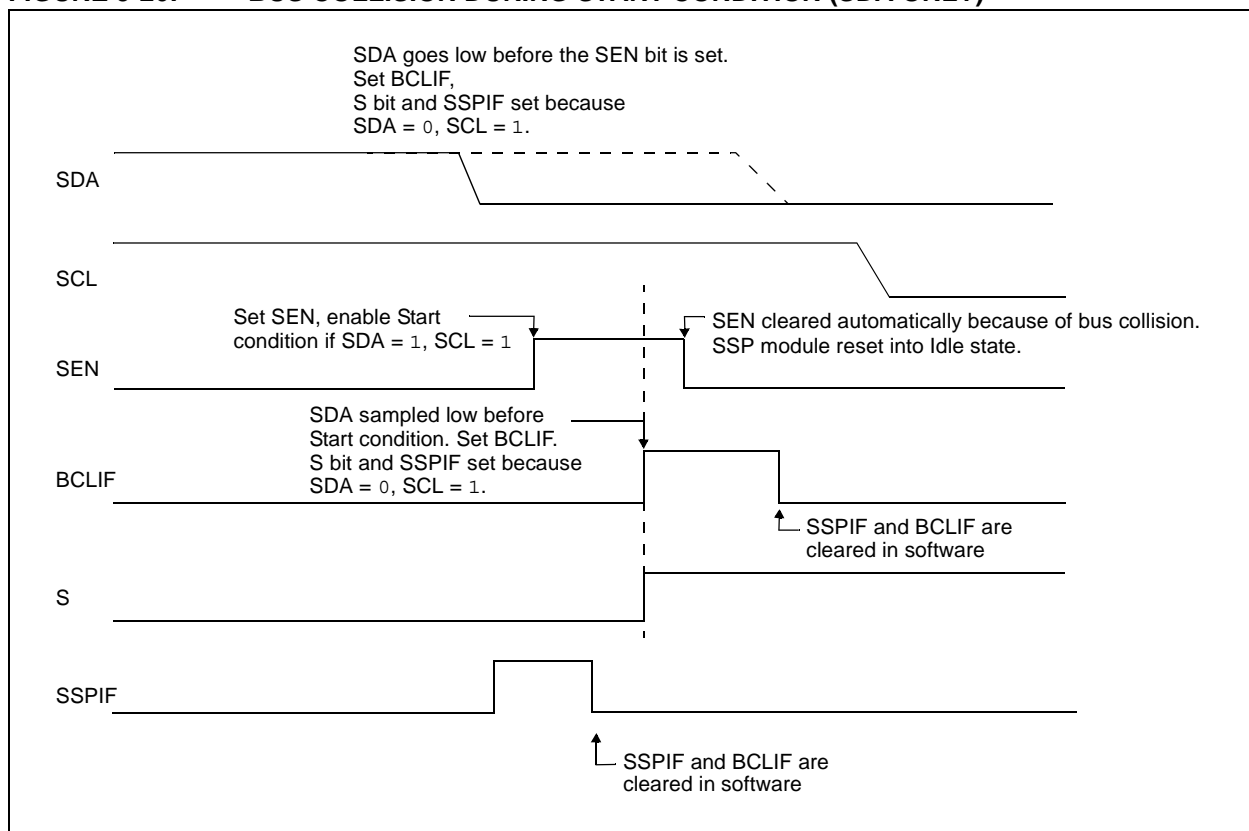


FIGURE 9-27: BUS COLLISION DURING START CONDITION (SCL = 0)

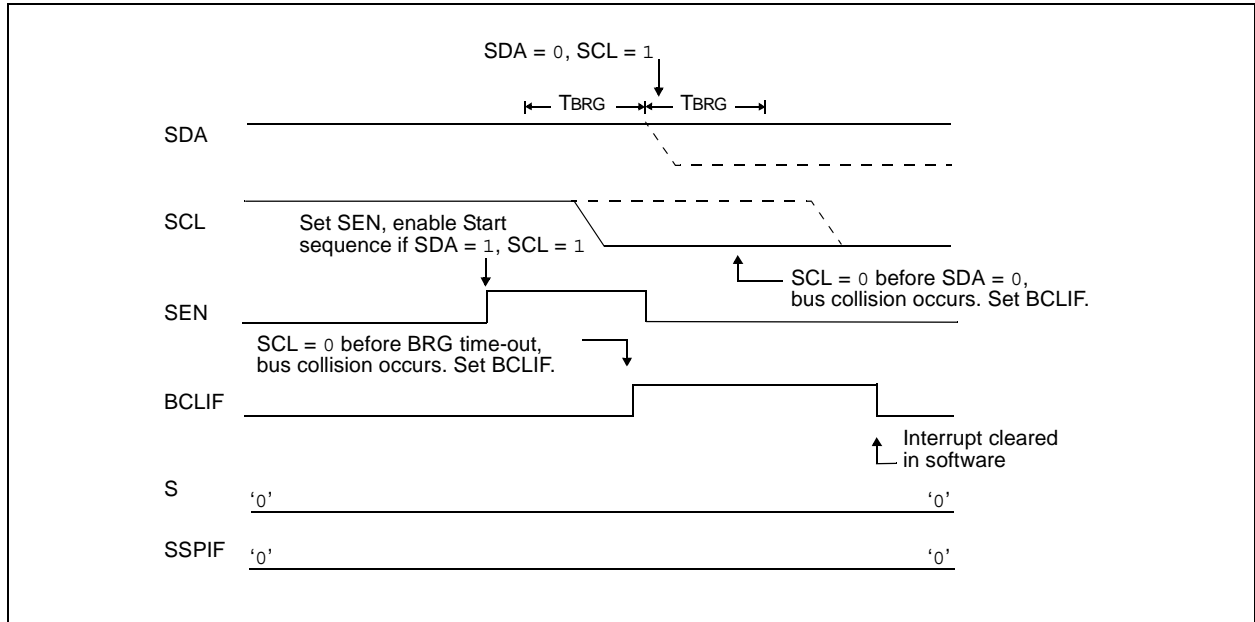
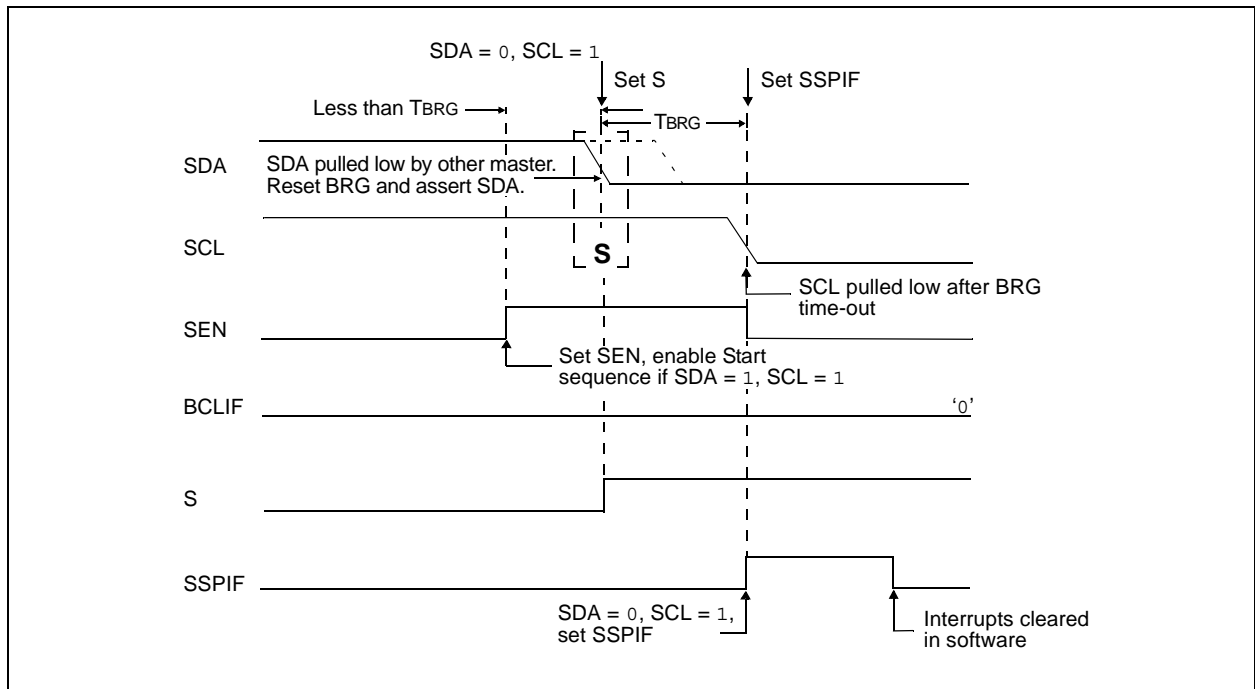


FIGURE 9-28: BRG RESET DUE TO SDA ARBITRATION DURING START CONDITION



PIC16F87XA

9.4.17.2 Bus Collision During a Repeated Start Condition

During a Repeated Start condition, a bus collision occurs if:

- A low level is sampled on SDA when SCL goes from low level to high level.
- SCL goes low before SDA is asserted low, indicating that another master is attempting to transmit a data '1'.

When the user deasserts SDA and the pin is allowed to float high, the BRG is loaded with SSPADD<6:0> and counts down to 0. The SCL pin is then deasserted and when sampled high, the SDA pin is sampled.

If SDA is low, a bus collision has occurred (i.e., another master is attempting to transmit a data '0', see Figure 9-29). If SDA is sampled high, the BRG is

reloaded and begins counting. If SDA goes from high to low before the BRG times out, no bus collision occurs because no two masters can assert SDA at exactly the same time.

If SCL goes from high to low before the BRG times out and SDA has not already been asserted, a bus collision occurs. In this case, another master is attempting to transmit a data '1' during the Repeated Start condition (Figure 9-30).

If at the end of the BRG time-out, both SCL and SDA are still high, the SDA pin is driven low and the BRG is reloaded and begins counting. At the end of the count, regardless of the status of the SCL pin, the SCL pin is driven low and the Repeated Start condition is complete.

FIGURE 9-29: BUS COLLISION DURING A REPEATED START CONDITION (CASE 1)

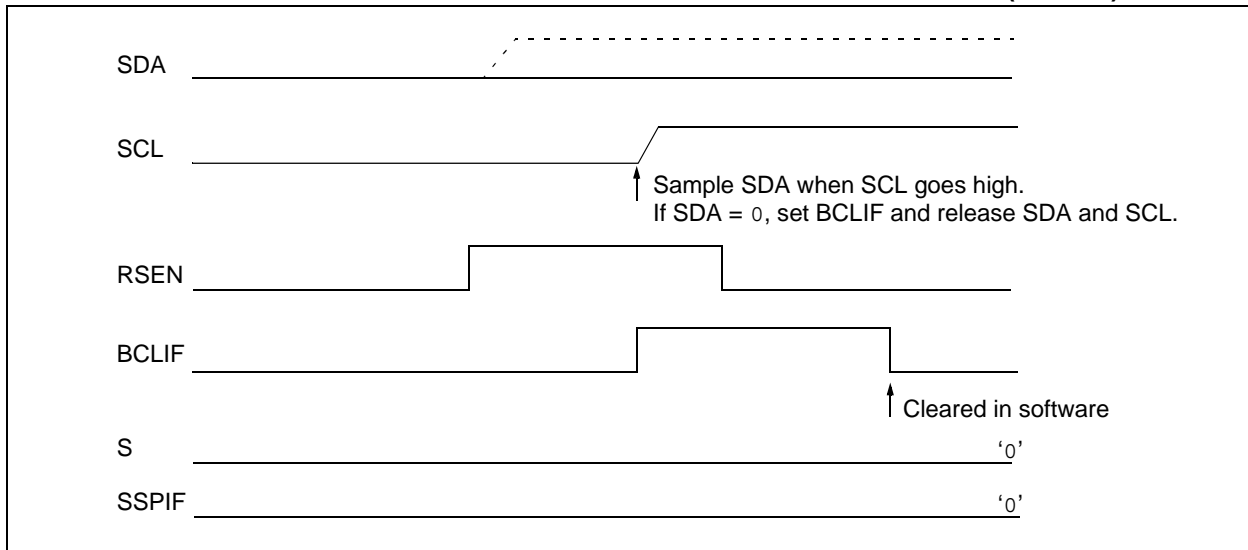
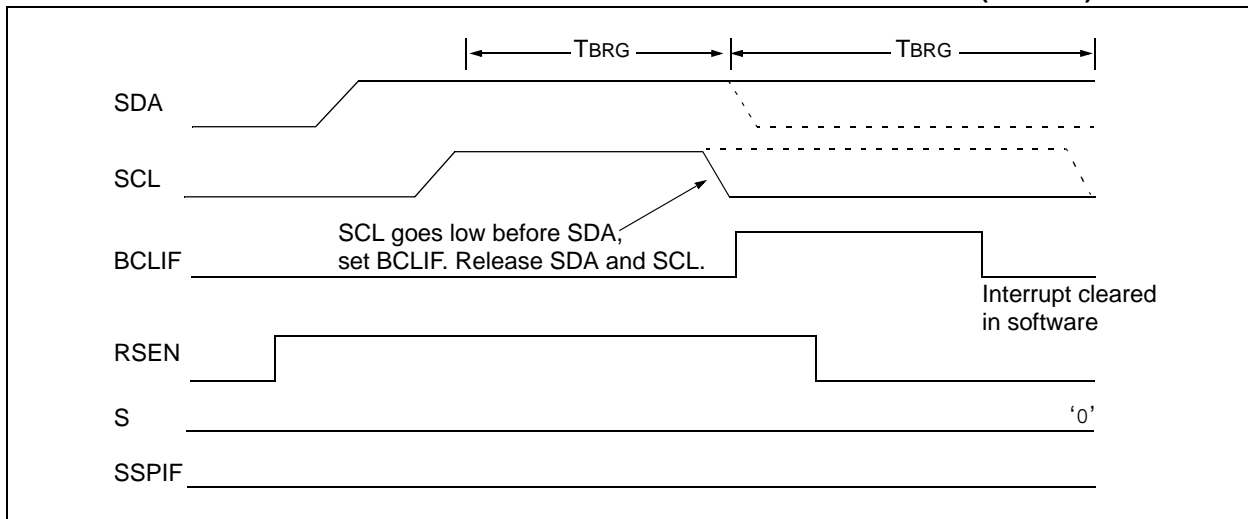


FIGURE 9-30: BUS COLLISION DURING REPEATED START CONDITION (CASE 2)



9.4.17.3 Bus Collision During a Stop Condition

Bus collision occurs during a Stop condition if:

- After the SDA pin has been deasserted and allowed to float high, SDA is sampled low after the BRG has timed out.
- After the SCL pin is deasserted, SCL is sampled low before SDA goes high.

The Stop condition begins with SDA asserted low. When SDA is sampled low, the SCL pin is allowed to float. When the pin is sampled high (clock arbitration), the Baud Rate Generator is loaded with SSPADD<6:0> and counts down to 0. After the BRG times out, SDA is sampled. If SDA is sampled low, a bus collision has occurred. This is due to another master attempting to drive a data '0' (Figure 9-31). If the SCL pin is sampled low before SDA is allowed to float high, a bus collision occurs. This is another case of another master attempting to drive a data '0' (Figure 9-32).

FIGURE 9-31: BUS COLLISION DURING A STOP CONDITION (CASE 1)

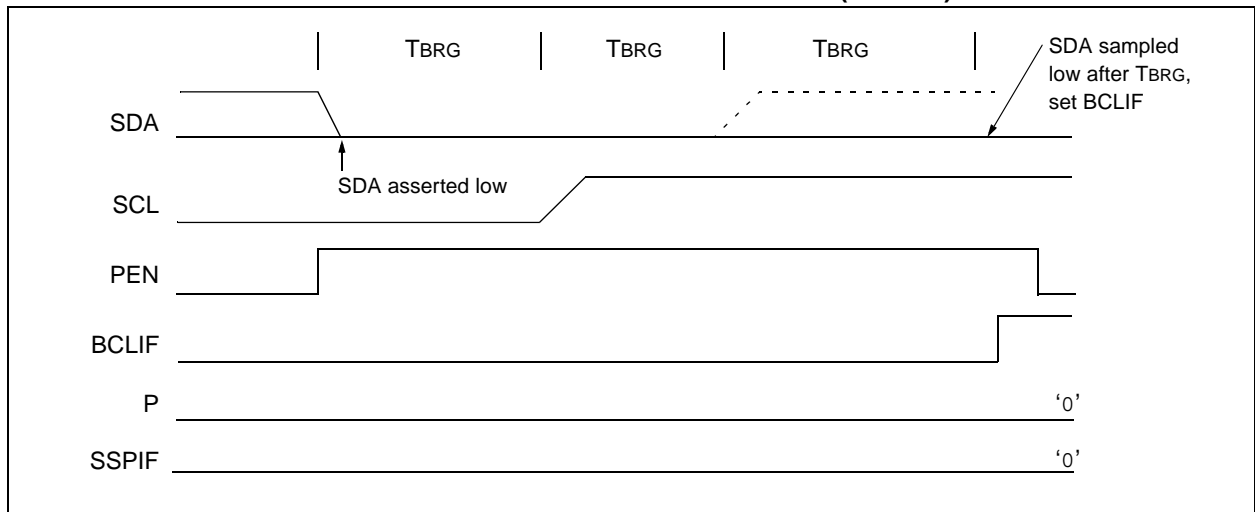
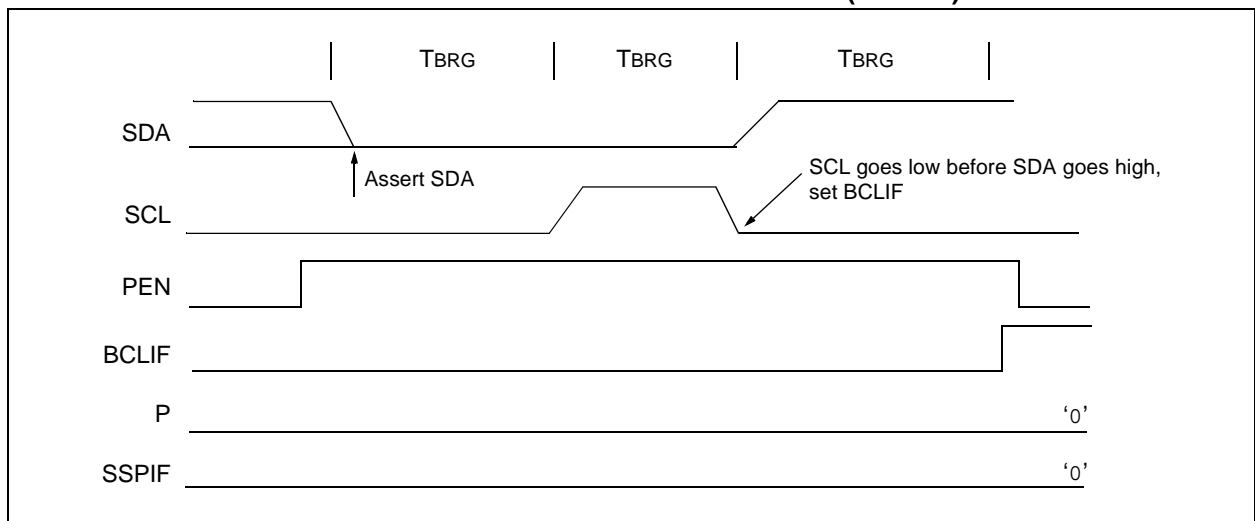


FIGURE 9-32: BUS COLLISION DURING A STOP CONDITION (CASE 2)



PIC16F87XA

NOTES:

10.0 ADDRESSABLE UNIVERSAL SYNCHRONOUS ASYNCHRONOUS RECEIVER TRANSMITTER (USART)

The Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART) module is one of the two serial I/O modules. (USART is also known as a Serial Communications Interface or SCI.) The USART can be configured as a full-duplex asynchronous system that can communicate with peripheral devices, such as CRT terminals and personal computers, or it can be configured as a half-duplex synchronous system that can communicate with peripheral devices, such as A/D or D/A integrated circuits, serial EEPROMs, etc.

The USART can be configured in the following modes:

- Asynchronous (full-duplex)
- Synchronous – Master (half-duplex)
- Synchronous – Slave (half-duplex)

Bit SPEN (RCSTA<7>) and bits TRISC<7:6> have to be set in order to configure pins RC6/TX/CK and RC7/RX/DT as the Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter.

The USART module also has a multi-processor communication capability using 9-bit address detection.

REGISTER 10-1: TXSTA: TRANSMIT STATUS AND CONTROL REGISTER (ADDRESS 98h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D
						bit 7	bit 0

- bit 7 **CSRC:** Clock Source Select bit
Asynchronous mode:
 Don't care.
Synchronous mode:
 1 = Master mode (clock generated internally from BRG)
 0 = Slave mode (clock from external source)
- bit 6 **TX9:** 9-bit Transmit Enable bit
 1 = Selects 9-bit transmission
 0 = Selects 8-bit transmission
- bit 5 **TXEN:** Transmit Enable bit
 1 = Transmit enabled
 0 = Transmit disabled
Note: SREN/CREN overrides TXEN in Sync mode.
- bit 4 **SYNC:** USART Mode Select bit
 1 = Synchronous mode
 0 = Asynchronous mode
- bit 3 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 2 **BRGH:** High Baud Rate Select bit
Asynchronous mode:
 1 = High speed
 0 = Low speed
Synchronous mode:
 Unused in this mode.
- bit 1 **TRMT:** Transmit Shift Register Status bit
 1 = TSR empty
 0 = TSR full
- bit 0 **TX9D:** 9th bit of Transmit Data, can be Parity bit

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

REGISTER 10-2: RCSTA: RECEIVE STATUS AND CONTROL REGISTER (ADDRESS 18h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7						bit 0	

- bit 7 **SPEN:** Serial Port Enable bit
1 = Serial port enabled (configures RC7/RX/DT and RC6/TX/CK pins as serial port pins)
0 = Serial port disabled
- bit 6 **RX9:** 9-bit Receive Enable bit
1 = Selects 9-bit reception
0 = Selects 8-bit reception
- bit 5 **SREN:** Single Receive Enable bit
Asynchronous mode:
Don't care.
Synchronous mode – Master:
1 = Enables single receive
0 = Disables single receive
This bit is cleared after reception is complete.
Synchronous mode – Slave:
Don't care.
- bit 4 **CREN:** Continuous Receive Enable bit
Asynchronous mode:
1 = Enables continuous receive
0 = Disables continuous receive
Synchronous mode:
1 = Enables continuous receive until enable bit CREN is cleared (CREN overrides SREN)
0 = Disables continuous receive
- bit 3 **ADDEN:** Address Detect Enable bit
Asynchronous mode 9-bit (RX9 = 1):
1 = Enables address detection, enables interrupt and load of the receive buffer when RSR<8> is set
0 = Disables address detection, all bytes are received and ninth bit can be used as parity bit
- bit 2 **FERR:** Framing Error bit
1 = Framing error (can be updated by reading RCREG register and receive next valid byte)
0 = No framing error
- bit 1 **OERR:** Overrun Error bit
1 = Overrun error (can be cleared by clearing bit CREN)
0 = No overrun error
- bit 0 **RX9D:** 9th bit of Received Data (can be parity bit but must be calculated by user firmware)

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

10.1 USART Baud Rate Generator (BRG)

The BRG supports both the Asynchronous and Synchronous modes of the USART. It is a dedicated 8-bit baud rate generator. The SPBRG register controls the period of a free running 8-bit timer. In Asynchronous mode, bit BRGH (TXSTA<2>) also controls the baud rate. In Synchronous mode, bit BRGH is ignored. Table 10-1 shows the formula for computation of the baud rate for different USART modes which only apply in Master mode (internal clock).

Given the desired baud rate and FOSC, the nearest integer value for the SPBRG register can be calculated using the formula in Table 10-1. From this, the error in baud rate can be determined.

It may be advantageous to use the high baud rate (BRGH = 1) even for slower baud clocks. This is because the $FOSC/(16(X + 1))$ equation can reduce the baud rate error in some cases.

Writing a new value to the SPBRG register causes the BRG timer to be reset (or cleared). This ensures the BRG does not wait for a timer overflow before outputting the new baud rate.

10.1.1 SAMPLING

The data on the RC7/RX/DT pin is sampled three times by a majority detect circuit to determine if a high or a low level is present at the RX pin.

TABLE 10-1: BAUD RATE FORMULA

SYNC	BRGH = 0 (Low Speed)	BRGH = 1 (High Speed)
0	(Asynchronous) Baud Rate = $FOSC/(64(X + 1))$	Baud Rate = $FOSC/(16(X + 1))$
1	(Synchronous) Baud Rate = $FOSC/(4(X + 1))$	N/A

Legend: X = value in SPBRG (0 to 255)

TABLE 10-2: REGISTERS ASSOCIATED WITH BAUD RATE GENERATOR

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets	
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010	
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x	
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register									0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the BRG.

PIC16F87XA

TABLE 10-3: BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 0)

BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz			Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	1.221	1.75	255	1.202	0.17	207	1.202	0.17	129
2.4	2.404	0.17	129	2.404	0.17	103	2.404	0.17	64
9.6	9.766	1.73	31	9.615	0.16	25	9.766	1.73	15
19.2	19.531	1.72	15	19.231	0.16	12	19.531	1.72	7
28.8	31.250	8.51	9	27.778	3.55	8	31.250	8.51	4
33.6	34.722	3.34	8	35.714	6.29	6	31.250	6.99	4
57.6	62.500	8.51	4	62.500	8.51	3	52.083	9.58	2
HIGH	1.221	-	255	0.977	-	255	0.610	-	255
LOW	312.500	-	0	250.000	-	0	156.250	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.6864 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	0.300	0	207	0.3	0	191
1.2	1.202	0.17	51	1.2	0	47
2.4	2.404	0.17	25	2.4	0	23
9.6	8.929	6.99	6	9.6	0	5
19.2	20.833	8.51	2	19.2	0	2
28.8	31.250	8.51	1	28.8	0	1
33.6	-	-	-	-	-	-
57.6	62.500	8.51	0	57.6	0	0
HIGH	0.244	-	255	0.225	-	255
LOW	62.500	-	0	57.6	-	0

TABLE 10-4: BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 1)

BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz			Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	-	-	-	-	-	-	2.441	1.71	255
9.6	9.615	0.16	129	9.615	0.16	103	9.615	0.16	64
19.2	19.231	0.16	64	19.231	0.16	51	19.531	1.72	31
28.8	29.070	0.94	42	29.412	2.13	33	28.409	1.36	21
33.6	33.784	0.55	36	33.333	0.79	29	32.895	2.10	18
57.6	59.524	3.34	20	58.824	2.13	16	56.818	1.36	10
HIGH	4.883	-	255	3.906	-	255	2.441	-	255
LOW	1250.000	-	0	1000.000	-	0	625.000	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.6864 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-
1.2	1.202	0.17	207	1.2	0	191
2.4	2.404	0.17	103	2.4	0	95
9.6	9.615	0.16	25	9.6	0	23
19.2	19.231	0.16	12	19.2	0	11
28.8	27.798	3.55	8	28.8	0	7
33.6	35.714	6.29	6	32.9	2.04	6
57.6	62.500	8.51	3	57.6	0	3
HIGH	0.977	-	255	0.9	-	255
LOW	250.000	-	0	230.4	-	0

10.2 USART Asynchronous Mode

In this mode, the USART uses standard Non-Return-to-Zero (NRZ) format (one Start bit, eight or nine data bits and one Stop bit). The most common data format is 8 bits. An on-chip, dedicated, 8-bit Baud Rate Generator can be used to derive standard baud rate frequencies from the oscillator. The USART transmits and receives the LSb first. The transmitter and receiver are functionally independent but use the same data format and baud rate. The baud rate generator produces a clock, either x16 or x64 of the bit shift rate, depending on bit BRGH (TXSTA<2>). Parity is not supported by the hardware but can be implemented in software (and stored as the ninth data bit). Asynchronous mode is stopped during Sleep.

Asynchronous mode is selected by clearing bit SYNC (TXSTA<4>).

The USART Asynchronous module consists of the following important elements:

- Baud Rate Generator
- Sampling Circuit
- Asynchronous Transmitter
- Asynchronous Receiver

10.2.1 USART ASYNCHRONOUS TRANSMITTER

The USART transmitter block diagram is shown in Figure 10-1. The heart of the transmitter is the Transmit (Serial) Shift Register (TSR). The shift register obtains its data from the Read/Write Transmit Buffer, TXREG. The TXREG register is loaded with data in software. The TSR register is not loaded until the Stop bit has been transmitted from the previous load. As soon as the Stop bit is transmitted, the TSR is loaded with new data from the TXREG register (if available). Once the TXREG register transfers the data to the TSR register (occurs in one T_{cy}), the TXREG register is empty and flag bit, TXIF (PIR1<4>), is set. This interrupt can be

enabled/disabled by setting/clearing enable bit, TXIE (PIE1<4>). Flag bit TXIF will be set regardless of the state of enable bit TXIE and cannot be cleared in software. It will reset only when new data is loaded into the TXREG register. While flag bit TXIF indicates the status of the TXREG register, another bit, TRMT (TXSTA<1>), shows the status of the TSR register. Status bit TRMT is a read-only bit which is set when the TSR register is empty. No interrupt logic is tied to this bit so the user has to poll this bit in order to determine if the TSR register is empty.

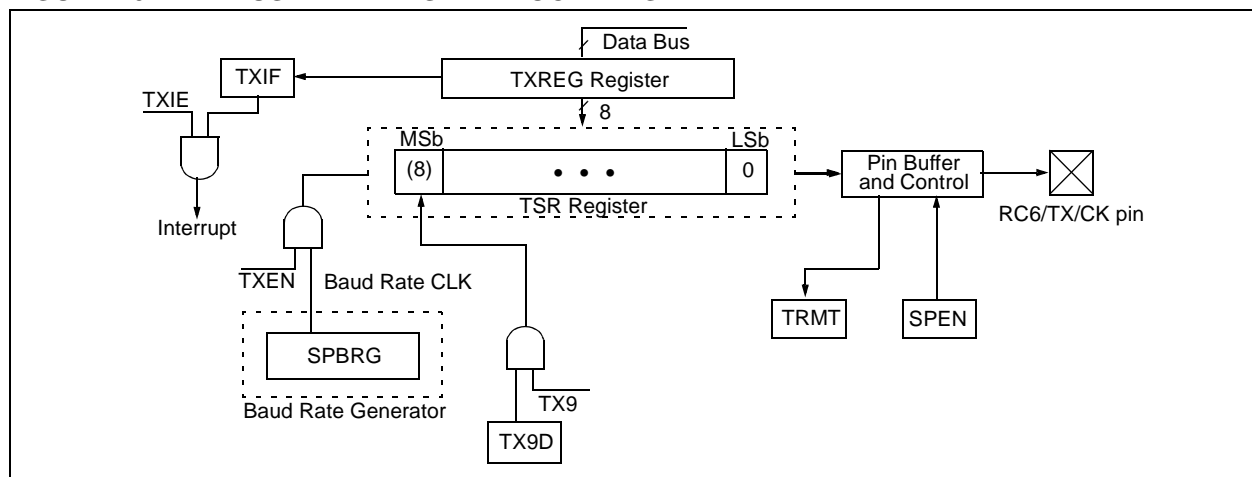
Note 1: The TSR register is not mapped in data memory so it is not available to the user.

Note 2: Flag bit TXIF is set when enable bit TXEN is set. TXIF is cleared by loading TXREG.

Transmission is enabled by setting enable bit, TXEN (TXSTA<5>). The actual transmission will not occur until the TXREG register has been loaded with data and the Baud Rate Generator (BRG) has produced a shift clock (Figure 10-2). The transmission can also be started by first loading the TXREG register and then setting enable bit TXEN. Normally, when transmission is first started, the TSR register is empty. At that point, transfer to the TXREG register will result in an immediate transfer to TSR, resulting in an empty TXREG. A back-to-back transfer is thus possible (Figure 10-3). Clearing enable bit TXEN during a transmission will cause the transmission to be aborted and will reset the transmitter. As a result, the RC6/TX/CK pin will revert to high-impedance.

In order to select 9-bit transmission, transmit bit TX9 (TXSTA<6>) should be set and the ninth bit should be written to TX9D (TXSTA<0>). The ninth bit must be written before writing the 8-bit data to the TXREG register. This is because a data write to the TXREG register can result in an immediate transfer of the data to the TSR register (if the TSR is empty). In such a case, an incorrect ninth data bit may be loaded in the TSR register.

FIGURE 10-1: USART TRANSMIT BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

When setting up an Asynchronous Transmission, follow these steps:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high-speed baud rate is desired, set bit BRGH (Section 10.1 “USART Baud Rate Generator (BRG)”).
2. Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
3. If interrupts are desired, then set enable bit TXIE.
4. If 9-bit transmission is desired, then set transmit bit TX9.
5. Enable the transmission by setting bit TXEN, which will also set bit TXIF.
6. If 9-bit transmission is selected, the ninth bit should be loaded in bit TX9D.
7. Load data to the TXREG register (starts transmission).
8. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

FIGURE 10-2: ASYNCHRONOUS MASTER TRANSMISSION

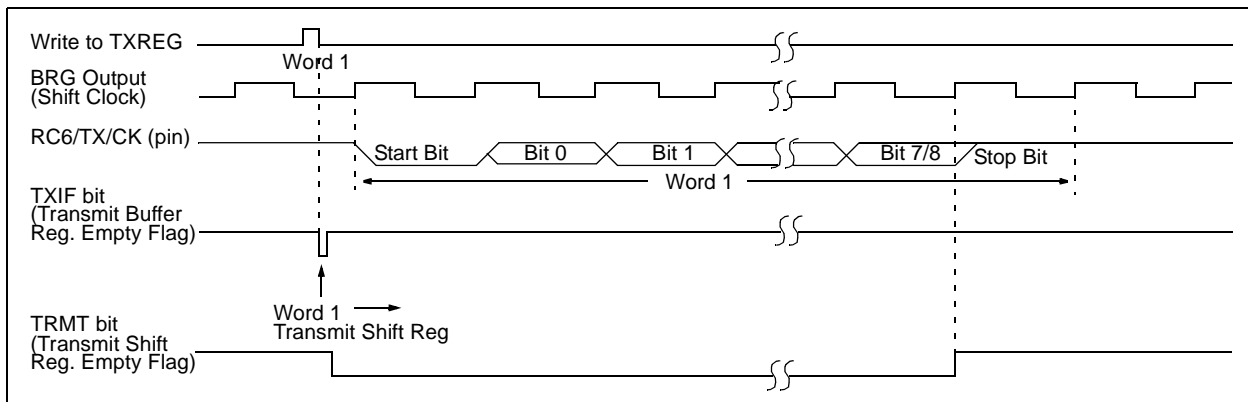


FIGURE 10-3: ASYNCHRONOUS MASTER TRANSMISSION (BACK TO BACK)

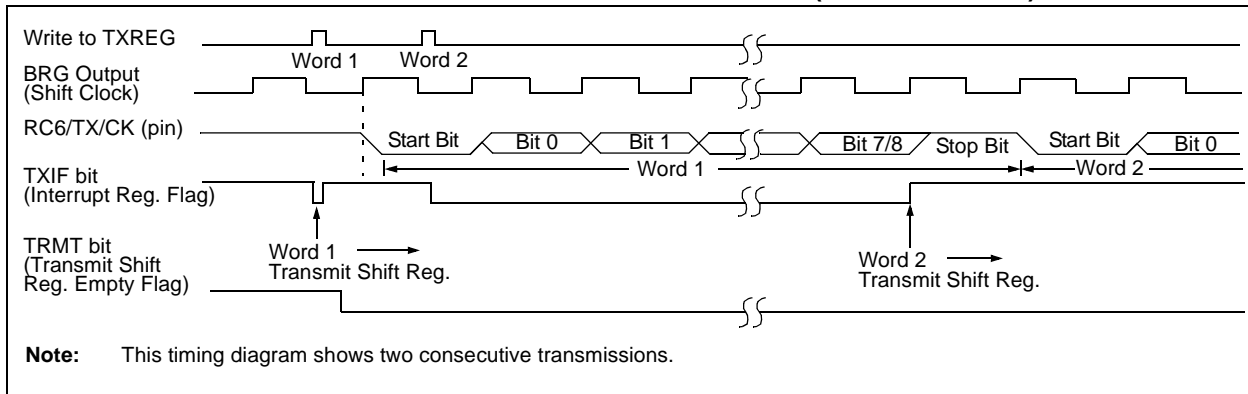


TABLE 10-5: REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS TRANSMISSION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
19h	TXREG	USART Transmit Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for asynchronous transmission.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

10.2.2 USART ASYNCHRONOUS RECEIVER

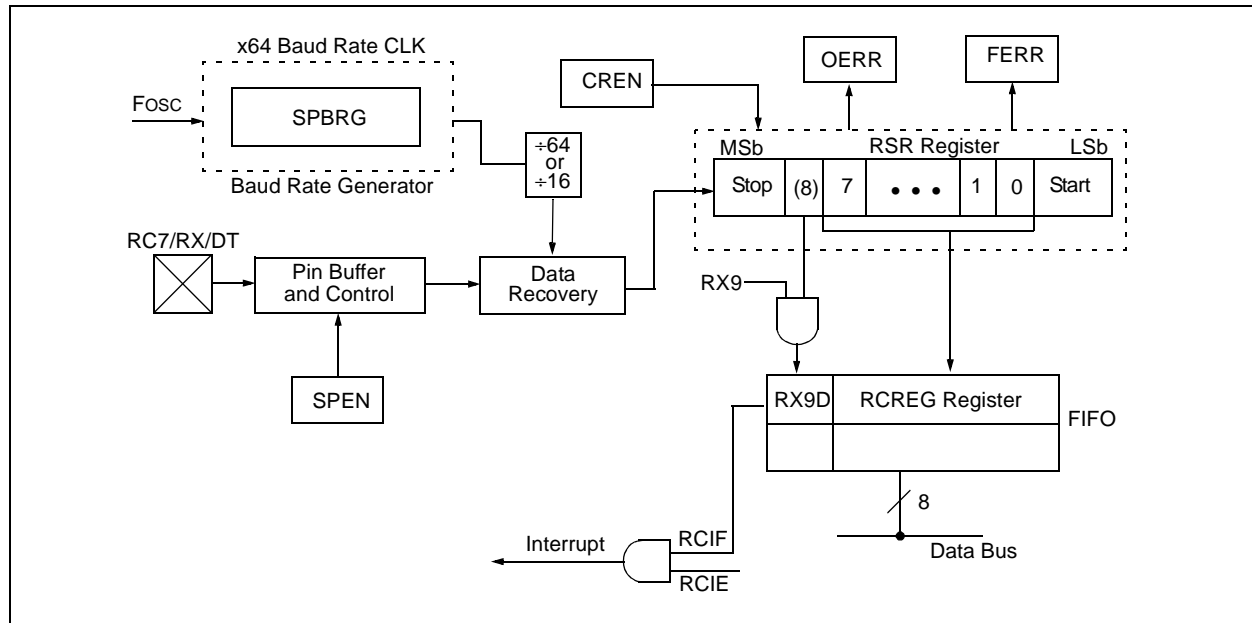
The receiver block diagram is shown in Figure 10-4. The data is received on the RC7/RX/DT pin and drives the data recovery block. The data recovery block is actually a high-speed shifter, operating at x16 times the baud rate; whereas the main receive serial shifter operates at the bit rate or at FOSC.

Once Asynchronous mode is selected, reception is enabled by setting bit CREN (RCSTA<4>).

The heart of the receiver is the Receive (Serial) Shift Register (RSR). After sampling the Stop bit, the received data in the RSR is transferred to the RCREG register (if it is empty). If the transfer is complete, flag bit, RCIF (PIR1<5>), is set. The actual interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit, RCIE (PIE1<5>). Flag bit RCIF is a read-only bit which is cleared by the hardware. It is cleared when the RCREG register has been read and is empty. The RCREG is a double-buffered register (i.e., it is a two-deep FIFO). It

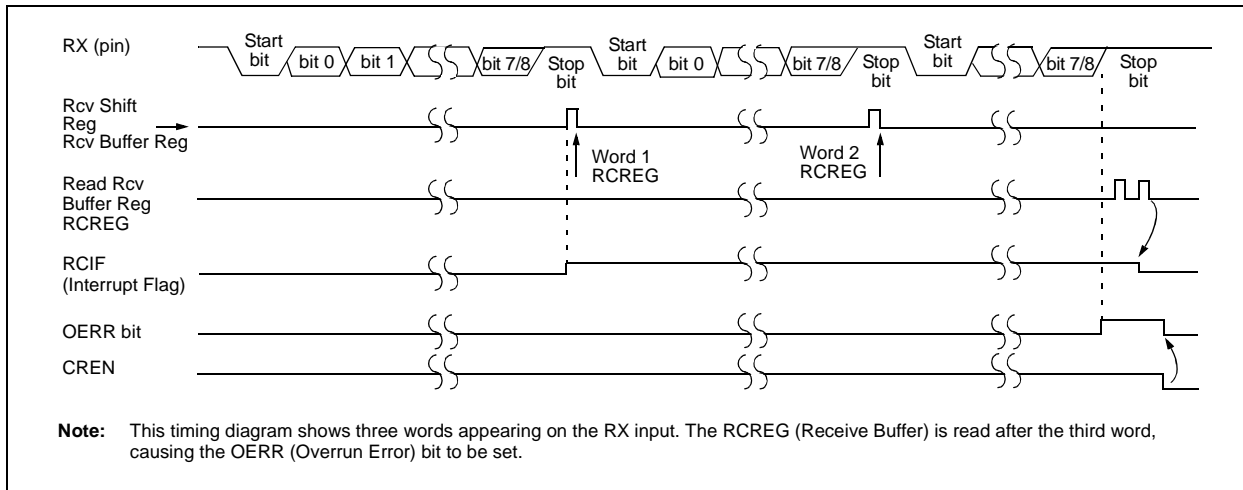
is possible for two bytes of data to be received and transferred to the RCREG FIFO and a third byte to begin shifting to the RSR register. On the detection of the Stop bit of the third byte, if the RCREG register is still full, the Overrun Error bit, OERR (RCSTA<1>), will be set. The word in the RSR will be lost. The RCREG register can be read twice to retrieve the two bytes in the FIFO. Overrun bit OERR has to be cleared in software. This is done by resetting the receive logic (CREN is cleared and then set). If bit OERR is set, transfers from the RSR register to the RCREG register are inhibited and no further data will be received. It is, therefore, essential to clear error bit OERR if it is set. Framing error bit, FERR (RCSTA<2>), is set if a Stop bit is detected as clear. Bit FERR and the 9th receive bit are buffered the same way as the receive data. Reading the RCREG will load bits RX9D and FERR with new values, therefore, it is essential for the user to read the RCSTA register before reading the RCREG register in order not to lose the old FERR and RX9D information.

FIGURE 10-4: USART RECEIVE BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

FIGURE 10-5: ASYNCHRONOUS RECEPTION



When setting up an Asynchronous Reception, follow these steps:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high-speed baud rate is desired, set bit BRGH (Section 10.1 “USART Baud Rate Generator (BRG)”).
2. Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
3. If interrupts are desired, then set enable bit RCIE.
4. If 9-bit reception is desired, then set bit RX9.
5. Enable the reception by setting bit CREN.
6. Flag bit RCIF will be set when reception is complete and an interrupt will be generated if enable bit RCIE is set.
7. Read the RCSTA register to get the ninth bit (if enabled) and determine if any error occurred during reception.
8. Read the 8-bit received data by reading the RCREG register.
9. If any error occurred, clear the error by clearing enable bit CREN.
10. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

TABLE 10-6: REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS RECEPTION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as ‘0’. Shaded cells are not used for asynchronous reception.

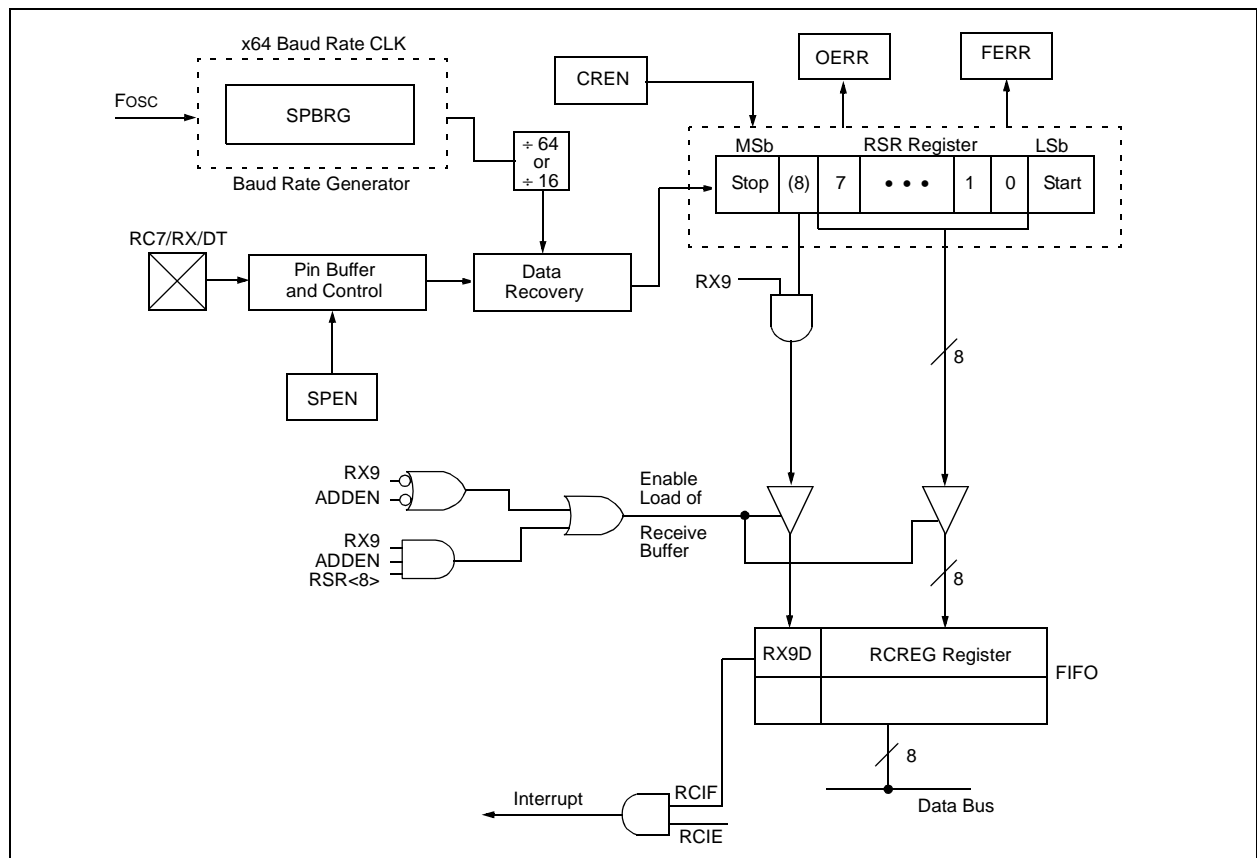
Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

10.2.3 SETTING UP 9-BIT MODE WITH ADDRESS DETECT

When setting up an Asynchronous Reception with address detect enabled:

- Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate. If a high-speed baud rate is desired, set bit BRGH.
- Enable the asynchronous serial port by clearing bit SYNC and setting bit SPEN.
- If interrupts are desired, then set enable bit RCIE.
- Set bit RX9 to enable 9-bit reception.
- Set ADDEN to enable address detect.
- Enable the reception by setting enable bit CREN.
- Flag bit RCIF will be set when reception is complete, and an interrupt will be generated if enable bit RCIE was set.
- Read the RCSTA register to get the ninth bit and determine if any error occurred during reception.
- Read the 8-bit received data by reading the RCREG register to determine if the device is being addressed.
- If any error occurred, clear the error by clearing enable bit CREN.
- If the device has been addressed, clear the ADDEN bit to allow data bytes and address bytes to be read into the receive buffer and interrupt the CPU.

FIGURE 10-6: USART RECEIVE BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

FIGURE 10-7: ASYNCHRONOUS RECEPTION WITH ADDRESS DETECT

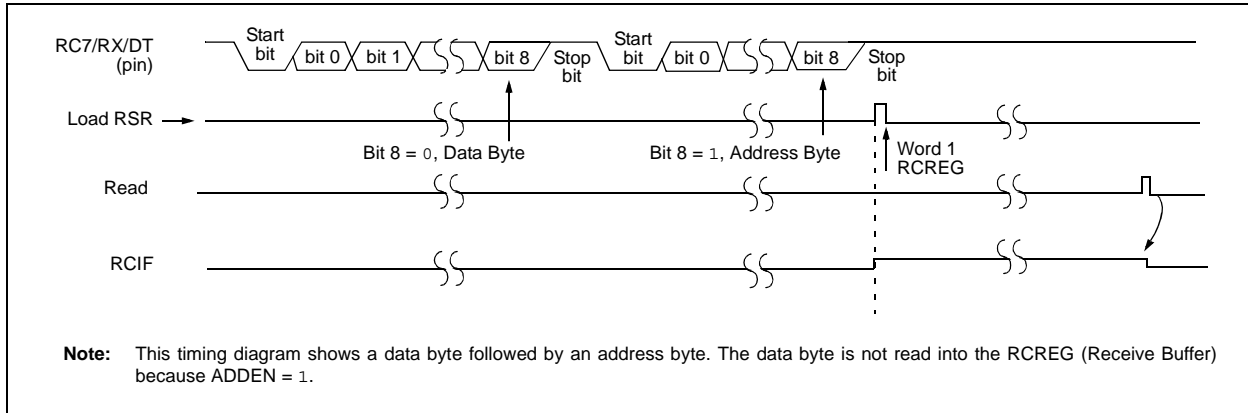


FIGURE 10-8: ASYNCHRONOUS RECEPTION WITH ADDRESS BYTE FIRST

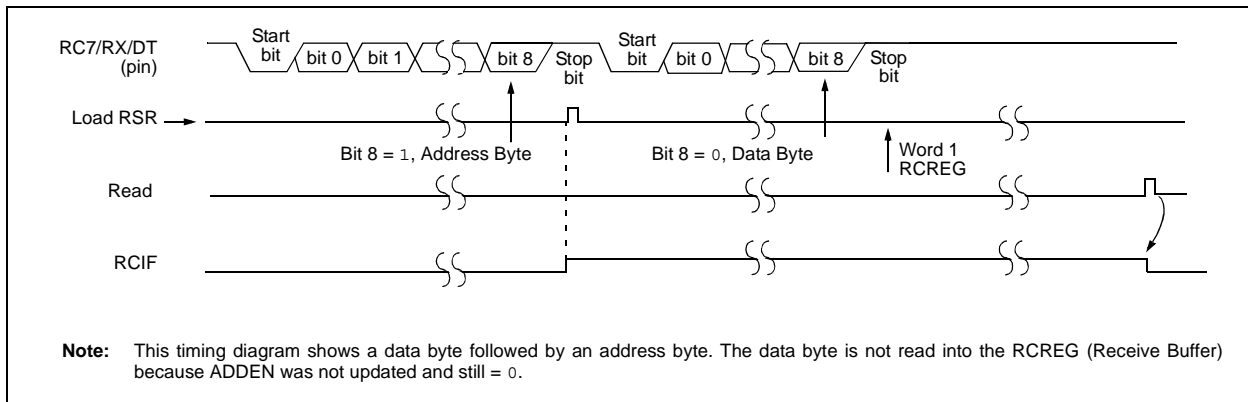


TABLE 10-7: REGISTERS ASSOCIATED WITH ASYNCHRONOUS RECEPTION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used for asynchronous reception.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

10.3 USART Synchronous Master Mode

In Synchronous Master mode, the data is transmitted in a half-duplex manner (i.e., transmission and reception do not occur at the same time). When transmitting data, the reception is inhibited and vice versa. Synchronous mode is entered by setting bit, SYNC (TXSTA<4>). In addition, enable bit, SPEN (RCSTA<7>), is set in order to configure the RC6/TX/CK and RC7/RX/DT I/O pins to CK (clock) and DT (data) lines, respectively. The Master mode indicates that the processor transmits the master clock on the CK line. The Master mode is entered by setting bit, CSRC (TXSTA<7>).

10.3.1 USART SYNCHRONOUS MASTER TRANSMISSION

The USART transmitter block diagram is shown in Figure 10-6. The heart of the transmitter is the Transmit (Serial) Shift Register (TSR). The shift register obtains its data from the Read/Write Transmit Buffer register, TXREG. The TXREG register is loaded with data in software. The TSR register is not loaded until the last bit has been transmitted from the previous load. As soon as the last bit is transmitted, the TSR is loaded with new data from the TXREG (if available). Once the TXREG register transfers the data to the TSR register (occurs in one T_{CYCLE}), the TXREG is empty and interrupt bit, TXIF (PIR1<4>), is set. The interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit TXIE (PIE1<4>). Flag bit TXIF will be set regardless of the state of enable bit TXIE and cannot be cleared in software. It will reset only when new data is loaded into the TXREG register. While flag bit TXIF indicates the status of the TXREG register, another bit, TRMT (TXSTA<1>), shows the status of the TSR register. TRMT is a read-only bit which is set when the TSR is empty. No interrupt logic is tied to this bit so the user has to poll this bit in order to determine if the TSR register is empty. The TSR is not mapped in data memory so it is not available to the user.

Transmission is enabled by setting enable bit, TXEN (TXSTA<5>). The actual transmission will not occur until the TXREG register has been loaded with data. The first data bit will be shifted out on the next available rising edge of the clock on the CK line. Data out is stable around the falling edge of the synchronous clock (Figure 10-9). The transmission can also be started by first loading the TXREG register and then setting bit TXEN (Figure 10-10). This is advantageous when slow baud rates are selected since the BRG is kept in Reset when bits TXEN, CREN and SREN are clear. Setting enable bit TXEN will start the BRG, creating a shift clock immediately. Normally, when transmission is first started, the TSR register is empty so a transfer to the TXREG register will result in an immediate transfer to TSR, resulting in an empty TXREG. Back-to-back transfers are possible.

Clearing enable bit TXEN during a transmission will cause the transmission to be aborted and will reset the transmitter. The DT and CK pins will revert to high-impedance. If either bit CREN or bit SREN is set during a transmission, the transmission is aborted and the DT pin reverts to a high-impedance state (for a reception). The CK pin will remain an output if bit CSRC is set (internal clock). The transmitter logic, however, is not reset, although it is disconnected from the pins. In order to reset the transmitter, the user has to clear bit TXEN. If bit SREN is set (to interrupt an on-going transmission and receive a single word), then after the single word is received, bit SREN will be cleared and the serial port will revert back to transmitting since bit TXEN is still set. The DT line will immediately switch from High-Impedance Receive mode to transmit and start driving. To avoid this, bit TXEN should be cleared.

In order to select 9-bit transmission, the TX9 (TXSTA<6>) bit should be set and the ninth bit should be written to bit TX9D (TXSTA<0>). The ninth bit must be written before writing the 8-bit data to the TXREG register. This is because a data write to the TXREG can result in an immediate transfer of the data to the TSR register (if the TSR is empty). If the TSR was empty and the TXREG was written before writing the “new” TX9D, the “present” value of bit TX9D is loaded.

Steps to follow when setting up a Synchronous Master Transmission:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate (**Section 10.1 “USART Baud Rate Generator (BRG)”**).
2. Enable the synchronous master serial port by setting bits SYNC, SPEN and CSRC.
3. If interrupts are desired, set enable bit TXIE.
4. If 9-bit transmission is desired, set bit TX9.
5. Enable the transmission by setting bit TXEN.
6. If 9-bit transmission is selected, the ninth bit should be loaded in bit TX9D.
7. Start transmission by loading data to the TXREG register.
8. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

PIC16F87XA

TABLE 10-8: REGISTERS ASSOCIATED WITH SYNCHRONOUS MASTER TRANSMISSION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
19h	TXREG	USART Transmit Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for synchronous master transmission.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

FIGURE 10-9: SYNCHRONOUS TRANSMISSION

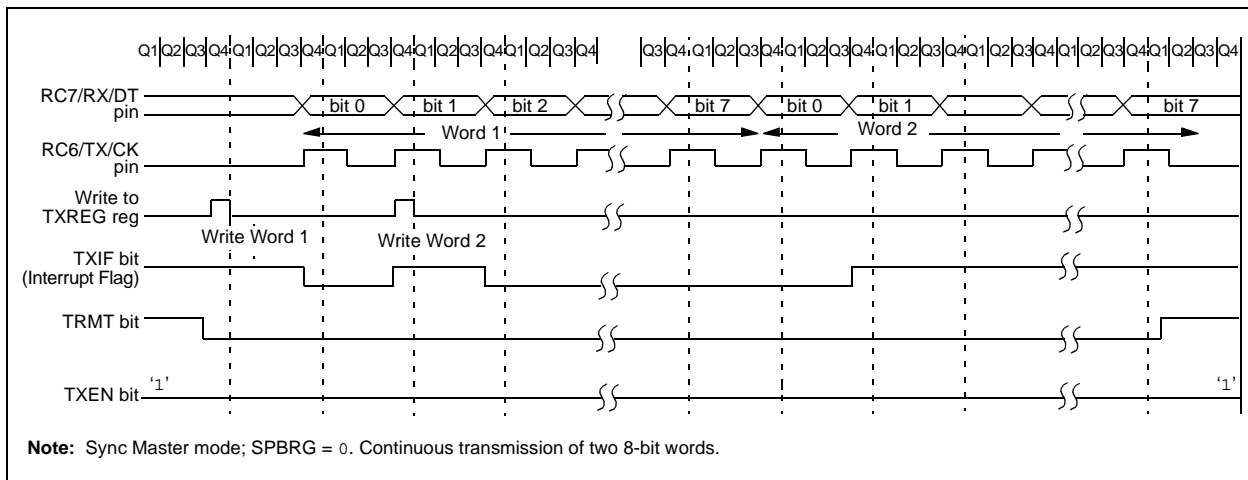
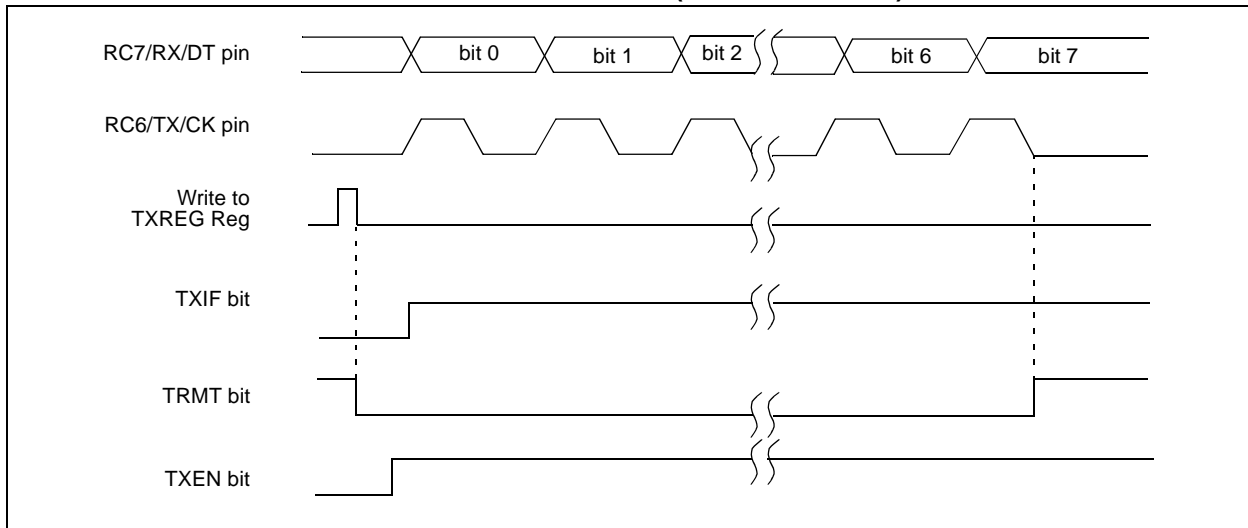


FIGURE 10-10: SYNCHRONOUS TRANSMISSION (THROUGH TXEN)



10.3.2 USART SYNCHRONOUS MASTER RECEPTION

Once Synchronous mode is selected, reception is enabled by setting either enable bit, SREN (RCSTA<5>), or enable bit, CREN (RCSTA<4>). Data is sampled on the RC7/RX/DT pin on the falling edge of the clock. If enable bit SREN is set, then only a single word is received. If enable bit CREN is set, the reception is continuous until CREN is cleared. If both bits are set, CREN takes precedence. After clocking the last bit, the received data in the Receive Shift Register (RSR) is transferred to the RCREG register (if it is empty). When the transfer is complete, interrupt flag bit, RCIF (PIR1<5>), is set. The actual interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit, RCIE (PIE1<5>). Flag bit RCIF is a read-only bit which is reset by the hardware. In this case, it is reset when the RCREG register has been read and is empty. The RCREG is a double-buffered register (i.e., it is a two-deep FIFO). It is possible for two bytes of data to be received and transferred to the RCREG FIFO and a third byte to begin shifting into the RSR register. On the clocking of the last bit of the third byte, if the RCREG register is still full, then Overrun Error bit, OERR (RCSTA<1>), is set. The word in the RSR will be lost. The RCREG register can be read twice to retrieve the two bytes in the FIFO. Bit OERR has to be cleared in software (by clearing bit CREN). If bit OERR is set, transfers from the RSR to the RCREG are inhibited so it is essential to clear bit OERR if it is set. The ninth receive bit is buffered the same way as the receive

data. Reading the RCREG register will load bit RX9D with a new value, therefore, it is essential for the user to read the RCSTA register before reading RCREG in order not to lose the old RX9D information.

When setting up a Synchronous Master Reception:

1. Initialize the SPBRG register for the appropriate baud rate (**Section 10.1 “USART Baud Rate Generator (BRG)”**).
2. Enable the synchronous master serial port by setting bits SYNC, SPEN and CSRC.
3. Ensure bits CREN and SREN are clear.
4. If interrupts are desired, then set enable bit RCIE.
5. If 9-bit reception is desired, then set bit RX9.
6. If a single reception is required, set bit SREN. For continuous reception, set bit CREN.
7. Interrupt flag bit RCIF will be set when reception is complete and an interrupt will be generated if enable bit RCIE was set.
8. Read the RCSTA register to get the ninth bit (if enabled) and determine if any error occurred during reception.
9. Read the 8-bit received data by reading the RCREG register.
10. If any error occurred, clear the error by clearing bit CREN.
11. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

TABLE 10-9: REGISTERS ASSOCIATED WITH SYNCHRONOUS MASTER RECEPTION

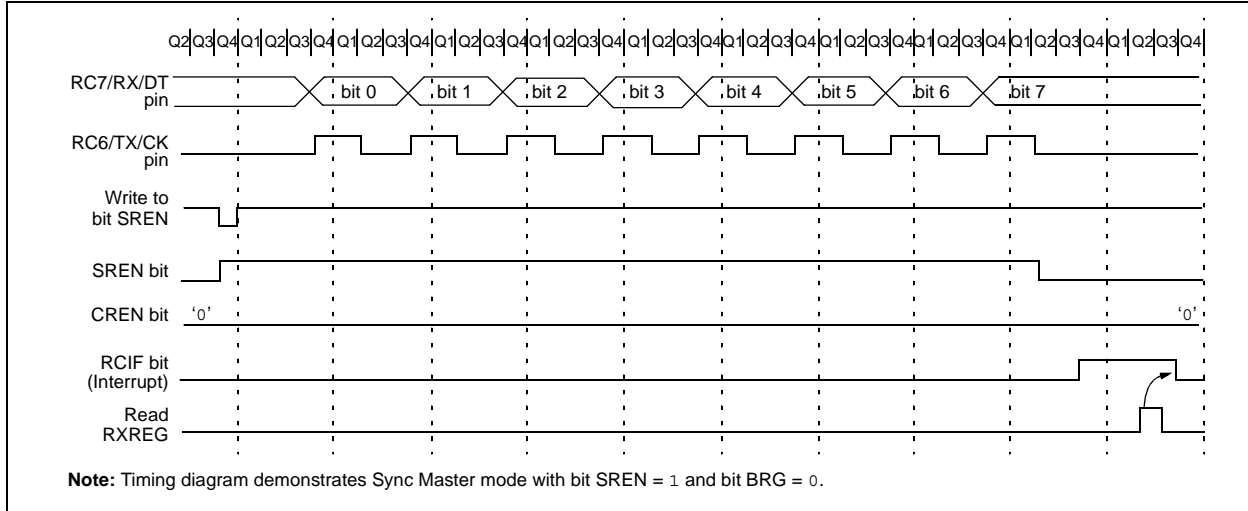
Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	—	FERR	OERR	RX9D	0000 -00x	0000 -00x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for synchronous master reception.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

PIC16F87XA

FIGURE 10-11: SYNCHRONOUS RECEPTION (MASTER MODE, SREN)



10.4 USART Synchronous Slave Mode

Synchronous Slave mode differs from the Master mode in the fact that the shift clock is supplied externally at the RC6/TX/CK pin (instead of being supplied internally in Master mode). This allows the device to transfer or receive data while in Sleep mode. Slave mode is entered by clearing bit, CSRC (TXSTA<7>).

10.4.1 USART SYNCHRONOUS SLAVE TRANSMIT

The operation of the Synchronous Master and Slave modes is identical, except in the case of the Sleep mode.

If two words are written to the TXREG and then the SLEEP instruction is executed, the following will occur:

- The first word will immediately transfer to the TSR register and transmit.
- The second word will remain in TXREG register.
- Flag bit TXIF will not be set.
- When the first word has been shifted out of TSR, the TXREG register will transfer the second word to the TSR and flag bit TXIF will now be set.
- If enable bit TXIE is set, the interrupt will wake the chip from Sleep and if the global interrupt is enabled, the program will branch to the interrupt vector (0004h).

When setting up a Synchronous Slave Transmission, follow these steps:

- Enable the synchronous slave serial port by setting bits SYNC and SPEN and clearing bit CSRC.
- Clear bits CREN and SREN.
- If interrupts are desired, then set enable bit TXIE.
- If 9-bit transmission is desired, then set bit TX9.
- Enable the transmission by setting enable bit TXEN.
- If 9-bit transmission is selected, the ninth bit should be loaded in bit TX9D.
- Start transmission by loading data to the TXREG register.
- If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

TABLE 10-10: REGISTERS ASSOCIATED WITH SYNCHRONOUS SLAVE TRANSMISSION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
19h	TXREG	USART Transmit Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for synchronous slave transmission.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

10.4.2 USART SYNCHRONOUS SLAVE RECEPTION

The operation of the Synchronous Master and Slave modes is identical, except in the case of the Sleep mode. Bit SREN is a “don't care” in Slave mode.

If receive is enabled by setting bit CREN prior to the SLEEP instruction, then a word may be received during Sleep. On completely receiving the word, the RSR register will transfer the data to the RCREG register and if enable bit RCIE bit is set, the interrupt generated will wake the chip from Sleep. If the global interrupt is enabled, the program will branch to the interrupt vector (0004h).

When setting up a Synchronous Slave Reception, follow these steps:

1. Enable the synchronous master serial port by setting bits SYNC and SPEN and clearing bit CSRC.
2. If interrupts are desired, set enable bit RCIE.
3. If 9-bit reception is desired, set bit RX9.
4. To enable reception, set enable bit CREN.
5. Flag bit RCIF will be set when reception is complete and an interrupt will be generated if enable bit RCIE was set.
6. Read the RCSTA register to get the ninth bit (if enabled) and determine if any error occurred during reception.
7. Read the 8-bit received data by reading the RCREG register.
8. If any error occurred, clear the error by clearing bit CREN.
9. If using interrupts, ensure that GIE and PEIE (bits 7 and 6) of the INTCON register are set.

TABLE 10-11: REGISTERS ASSOCIATED WITH SYNCHRONOUS SLAVE RECEPTION

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	R0IF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
1Ah	RCREG	USART Receive Register								0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for synchronous slave reception.

Note 1: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on 28-pin devices; always maintain these bits clear.

PIC16F87XA

NOTES:

11.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (A/D) MODULE

The Analog-to-Digital (A/D) Converter module has five inputs for the 28-pin devices and eight for the 40/44-pin devices.

The conversion of an analog input signal results in a corresponding 10-bit digital number. The A/D module has high and low-voltage reference input that is software selectable to some combination of VDD, VSS, RA2 or RA3.

The A/D converter has a unique feature of being able to operate while the device is in Sleep mode. To operate in Sleep, the A/D clock must be derived from the A/D's internal RC oscillator.

The A/D module has four registers. These registers are:

- A/D Result High Register (ADRESH)
- A/D Result Low Register (ADRESL)
- A/D Control Register 0 (ADCON0)
- A/D Control Register 1 (ADCON1)

The ADCON0 register, shown in Register 11-1, controls the operation of the A/D module. The ADCON1 register, shown in Register 11-2, configures the functions of the port pins. The port pins can be configured as analog inputs (RA3 can also be the voltage reference) or as digital I/O.

Additional information on using the A/D module can be found in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

REGISTER 11-1: ADCON0 REGISTER (ADDRESS 1Fh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0
ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON
							bit 0

bit 7-6 **ADCS1:ADCS0:** A/D Conversion Clock Select bits (ADCON0 bits in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-3 **CHS2:CHS0:** Analog Channel Select bits

- 000 = Channel 0 (AN0)
- 001 = Channel 1 (AN1)
- 010 = Channel 2 (AN2)
- 011 = Channel 3 (AN3)
- 100 = Channel 4 (AN4)
- 101 = Channel 5 (AN5)
- 110 = Channel 6 (AN6)
- 111 = Channel 7 (AN7)

Note: The PIC16F873A/876A devices only implement A/D channels 0 through 4; the unimplemented selections are reserved. Do not select any unimplemented channels with these devices.

bit 2 **GO/DONE:** A/D Conversion Status bit

When ADON = 1:

- 1 = A/D conversion in progress (setting this bit starts the A/D conversion which is automatically cleared by hardware when the A/D conversion is complete)
- 0 = A/D conversion not in progress

bit 1 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 0 **ADON:** A/D On bit

- 1 = A/D converter module is powered up
- 0 = A/D converter module is shut-off and consumes no operating current

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

REGISTER 11-2: ADCON1 REGISTER (ADDRESS 9Fh)

R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7				bit 0			

bit 7 **ADFM:** A/D Result Format Select bit

1 = Right justified. Six (6) Most Significant bits of ADRESH are read as '0'.
0 = Left justified. Six (6) Least Significant bits of ADRESL are read as '0'.

bit 6 **ADCS2:** A/D Conversion Clock Select bit (ADCON1 bits in shaded area and in **bold**)

ADCON1 <ADCS2>	ADCON0 <ADCS1:ADCS0>	Clock Conversion
0	00	Fosc/2
0	01	Fosc/8
0	10	Fosc/32
0	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)
1	00	Fosc/4
1	01	Fosc/16
1	10	Fosc/64
1	11	FRC (clock derived from the internal A/D RC oscillator)

bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '0'

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0:** A/D Port Configuration Control bits

PCFG <3:0>	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0	VREF+	VREF-	C/R
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	Vss	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	Vss	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	Vss	5/0
0011	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	AN3	Vss	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	Vss	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	AN3	Vss	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	—	—	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	Vss	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	AN3	Vss	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	AN3	AN2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	Vss	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

- n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

Note: On any device Reset, the port pins that are multiplexed with analog functions (ANx) are forced to be an analog input.

The ADRESH:ADRESL registers contain the 10-bit result of the A/D conversion. When the A/D conversion is complete, the result is loaded into this A/D Result register pair, the GO/DONE bit (ADCON0<2>) is cleared and the A/D interrupt flag bit ADIF is set. The block diagram of the A/D module is shown in Figure 11-1.

After the A/D module has been configured as desired, the selected channel must be acquired before the conversion is started. The analog input channels must have their corresponding TRIS bits selected as inputs.

To determine sample time, see **Section 11.1 “A/D Acquisition Requirements”**. After this acquisition time has elapsed, the A/D conversion can be started.

To do an A/D Conversion, follow these steps:

1. Configure the A/D module:

- Configure analog pins/voltage reference and digital I/O (ADCON1)
- Select A/D input channel (ADCON0)
- Select A/D conversion clock (ADCON0)
- Turn on A/D module (ADCON0)

2. Configure A/D interrupt (if desired):

- Clear ADIF bit
- Set ADIE bit
- Set PEIE bit
- Set GIE bit

3. Wait the required acquisition time.

4. Start conversion:

- Set GO/DONE bit (ADCON0)

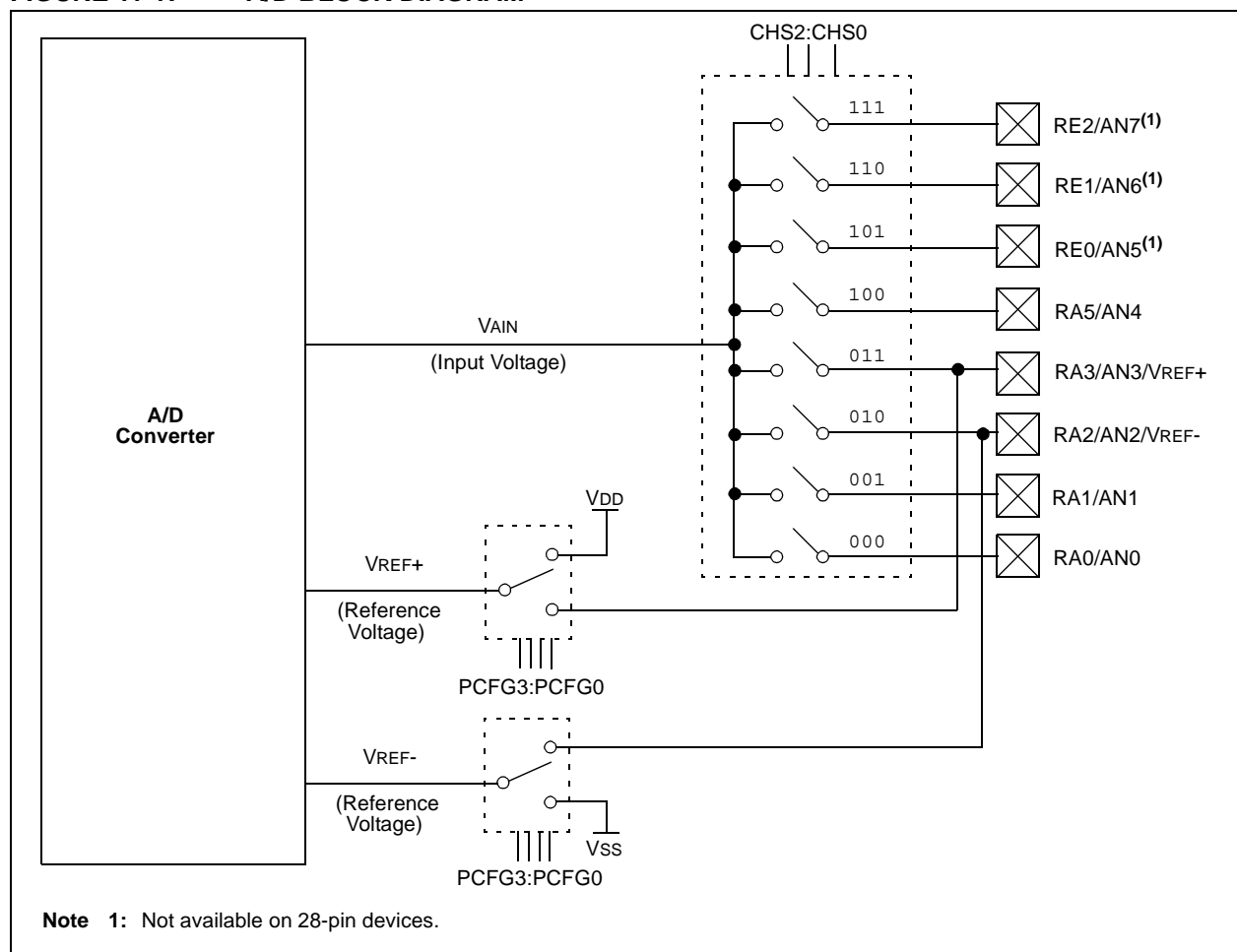
5. Wait for A/D conversion to complete by either:

- Polling for the GO/DONE bit to be cleared (interrupts disabled); OR
- Waiting for the A/D interrupt

6. Read A/D Result register pair (ADRESH:ADRESL), clear bit ADIF if required.

7. For the next conversion, go to step 1 or step 2 as required. The A/D conversion time per bit is defined as TAD.

FIGURE 11-1: A/D BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

11.1 A/D Acquisition Requirements

For the A/D converter to meet its specified accuracy, the charge holding capacitor (CHOLD) must be allowed to fully charge to the input channel voltage level. The analog input model is shown in Figure 11-2. The source impedance (R_S) and the internal sampling switch impedance (R_{SS}) directly affect the time required to charge the capacitor CHOLD. The sampling switch (R_{SS}) impedance varies over the device voltage (V_{DD}); see Figure 11-2. **The maximum recommended impedance for analog sources is 2.5 k Ω .** As the impedance is decreased, the acquisition time may be

decreased. After the analog input channel is selected (changed), this acquisition must be done before the conversion can be started.

To calculate the minimum acquisition time, Equation 11-1 may be used. This equation assumes that 1/2 LSb error is used (1024 steps for the A/D). The 1/2 LSb error is the maximum error allowed for the A/D to meet its specified resolution.

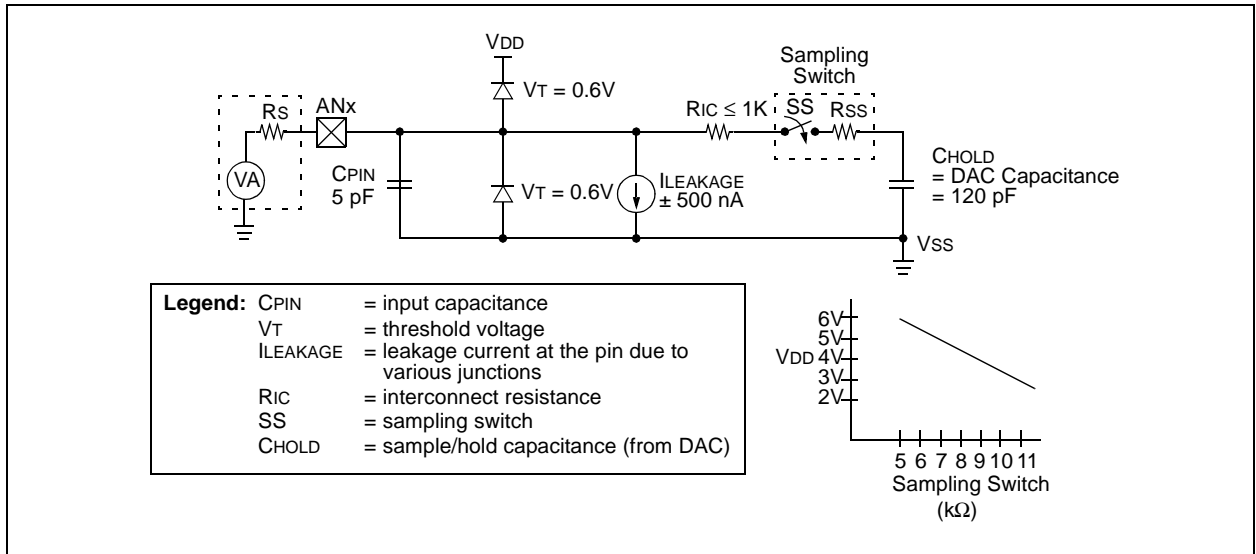
To calculate the minimum acquisition time, T_{ACQ} , see the PICmicro[®] Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

EQUATION 11-1: ACQUISITION TIME

T_{ACQ}	= Amplifier Settling Time + Hold Capacitor Charging Time + Temperature Coefficient
	= $T_{AMP} + T_C + T_{COFF}$
	= $2 \mu s + T_C + [(Temperature - 25^\circ C)(0.05 \mu s/^\circ C)]$
T_C	= $CHOLD (RIC + R_{SS} + R_S) \ln(1/2047)$
	= $-120 \text{ pF} (1 \text{ k}\Omega + 7 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega) \ln(0.0004885)$
	= $16.47 \mu s$
T_{ACQ}	= $2 \mu s + 16.47 \mu s + [(50^\circ C - 25^\circ C)(0.05 \mu s/^\circ C)]$
	= $19.72 \mu s$

- Note 1:** The reference voltage (V_{REF}) has no effect on the equation since it cancels itself out.
- 2:** The charge holding capacitor (CHOLD) is not discharged after each conversion.
- 3:** The maximum recommended impedance for analog sources is 2.5 k Ω . This is required to meet the pin leakage specification.

FIGURE 11-2: ANALOG INPUT MODEL



11.2 Selecting the A/D Conversion Clock

The A/D conversion time per bit is defined as TAD. The A/D conversion requires a minimum 12 TAD per 10-bit conversion. The source of the A/D conversion clock is software selected. The seven possible options for TAD are:

- 2 TOSC
- 4 TOSC
- 8 TOSC
- 16 TOSC
- 32 TOSC
- 64 TOSC
- Internal A/D module RC oscillator (2-6 μ s)

For correct A/D conversions, the A/D conversion clock (TAD) must be selected to ensure a minimum TAD time of 1.6 μ s.

Table 11-1 shows the resultant TAD times derived from the device operating frequencies and the A/D clock source selected.

11.3 Configuring Analog Port Pins

The ADCON1 and TRIS registers control the operation of the A/D port pins. The port pins that are desired as analog inputs must have their corresponding TRIS bits set (input). If the TRIS bit is cleared (output), the digital output level (VOH or VOL) will be converted.

The A/D operation is independent of the state of the CHS2:CHS0 bits and the TRIS bits.

Note 1: When reading the port register, any pin configured as an analog input channel will read as cleared (a low level). Pins configured as digital inputs will convert an analog input. Analog levels on a digitally configured input will not affect the conversion accuracy.

2: Analog levels on any pin that is defined as a digital input (including the AN7:AN0 pins) may cause the input buffer to consume current that is out of the device specifications.

TABLE 11-1: TAD vs. MAXIMUM DEVICE OPERATING FREQUENCIES (STANDARD DEVICES (F))

AD Clock Source (TAD)		Maximum Device Frequency
Operation	ADCS2:ADCS1:ADCS0	
2 TOSC	000	1.25 MHz
4 TOSC	100	2.5 MHz
8 TOSC	001	5 MHz
16 TOSC	101	10 MHz
32 TOSC	010	20 MHz
64 TOSC	110	20 MHz
RC ^(1, 2, 3)	x11	(Note 1)

Note 1: The RC source has a typical TAD time of 4 μ s but can vary between 2-6 μ s.

2: When the device frequencies are greater than 1 MHz, the RC A/D conversion clock source is only recommended for Sleep operation.

3: For extended voltage devices (LF), please refer to **Section 17.0 “Electrical Characteristics”**.

PIC16F87XA

11.4 A/D Conversions

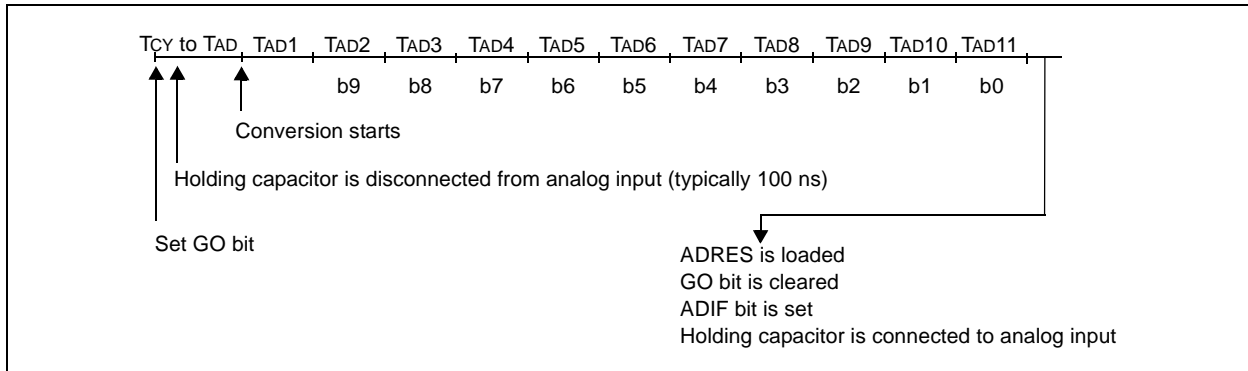
Clearing the $\overline{GO/DONE}$ bit during a conversion will abort the current conversion. The A/D Result register pair will NOT be updated with the partially completed A/D conversion sample. That is, the ADRESH:ADRESL registers will continue to contain the value of the last completed conversion (or the last value written to the ADRESH:ADRESL registers). After the A/D conversion

is aborted, the next acquisition on the selected channel is automatically started. The $\overline{GO/DONE}$ bit can then be set to start the conversion.

In Figure 11-3, after the GO bit is set, the first time segment has a minimum of T_{CY} and a maximum of T_{AD} .

Note: The $\overline{GO/DONE}$ bit should **NOT** be set in the same instruction that turns on the A/D.

FIGURE 11-3: A/D CONVERSION TAD CYCLES

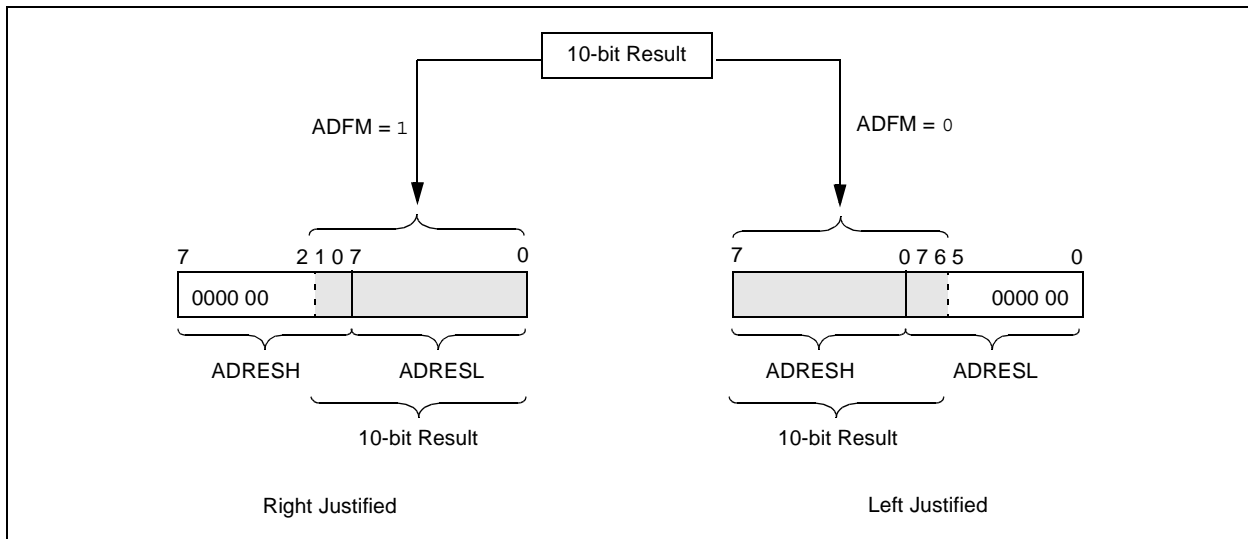


11.4.1 A/D RESULT REGISTERS

The ADRESH:ADRESL register pair is the location where the 10-bit A/D result is loaded at the completion of the A/D conversion. This register pair is 16 bits wide. The A/D module gives the flexibility to left or right justify the 10-bit result in the 16-bit result register. The A/D

Format Select bit (ADFM) controls this justification. Figure 11-4 shows the operation of the A/D result justification. The extra bits are loaded with '0's. When an A/D result will not overwrite these locations (A/D disable), these registers may be used as two general purpose 8-bit registers.

FIGURE 11-4: A/D RESULT JUSTIFICATION



11.5 A/D Operation During Sleep

The A/D module can operate during Sleep mode. This requires that the A/D clock source be set to RC (ADCS1:ADCS0 = 11). When the RC clock source is selected, the A/D module waits one instruction cycle before starting the conversion. This allows the SLEEP instruction to be executed which eliminates all digital switching noise from the conversion. When the conversion is completed, the GO/DONE bit will be cleared and the result loaded into the ADRES register. If the A/D interrupt is enabled, the device will wake-up from Sleep. If the A/D interrupt is not enabled, the A/D module will then be turned off, although the ADON bit will remain set.

When the A/D clock source is another clock option (not RC), a SLEEP instruction will cause the present conversion to be aborted and the A/D module to be turned off, though the ADON bit will remain set.

Turning off the A/D places the A/D module in its lowest current consumption state.

Note: For the A/D module to operate in Sleep, the A/D clock source must be set to RC (ADCS1:ADCS0 = 11). To allow the conversion to occur during Sleep, ensure the SLEEP instruction immediately follows the instruction that sets the GO/DONE bit.

11.6 Effects of a Reset

A device Reset forces all registers to their Reset state. This forces the A/D module to be turned off and any conversion is aborted. All A/D input pins are configured as analog inputs.

The value that is in the ADRESH:ADRESL registers is not modified for a Power-on Reset. The ADRESH:ADRESL registers will contain unknown data after a Power-on Reset.

TABLE 11-2: REGISTERS/BITS ASSOCIATED WITH A/D

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on MCLR, WDT
0Bh,8Bh,10Bh,18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INTE	RBIE	TMR0IF	INTF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	PSPIF ⁽¹⁾	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	0000 0000
8Ch	PIE1	PSPIE ⁽¹⁾	ADIE	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	0000 0000	0000 0000
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
9Eh	ADRESL	A/D Result Register Low Byte								xxxx xxxx	uuuu uuuu
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	—	ADON	0000 00-0	0000 00-0
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	00-- 0000	00-- 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						--0x 0000	--0u 0000
89h ⁽¹⁾	TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE	—	PORTE Data Direction bits			0000 -111	0000 -111
09h ⁽¹⁾	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	---- -uuu

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used for A/D conversion.

Note 1: These registers are not available on 28-pin devices.

PIC16F87XA

NOTES:

12.0 COMPARATOR MODULE

The comparator module contains two analog comparators. The inputs to the comparators are multiplexed with I/O port pins RA0 through RA3, while the outputs are multiplexed to pins RA4 and RA5. The on-chip voltage reference (**Section 13.0 “Comparator Voltage Reference Module”**) can also be an input to the comparators.

The CMCON register (Register 12-1) controls the comparator input and output multiplexers. A block diagram of the various comparator configurations is shown in Figure 12-1.

REGISTER 12-1: CMCON REGISTER

R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	
C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	
bit 7								bit 0

bit 7 **C2OUT**: Comparator 2 Output bit

When C2INV = 0:

1 = C2 VIN+ > C2 VIN-

0 = C2 VIN+ < C2 VIN-

When C2INV = 1:

1 = C2 VIN+ < C2 VIN-

0 = C2 VIN+ > C2 VIN-

bit 6 **C1OUT**: Comparator 1 Output bit

When C1INV = 0:

1 = C1 VIN+ > C1 VIN-

0 = C1 VIN+ < C1 VIN-

When C1INV = 1:

1 = C1 VIN+ < C1 VIN-

0 = C1 VIN+ > C1 VIN-

bit 5 **C2INV**: Comparator 2 Output Inversion bit

1 = C2 output inverted

0 = C2 output not inverted

bit 4 **C1INV**: Comparator 1 Output Inversion bit

1 = C1 output inverted

0 = C1 output not inverted

bit 3 **CIS**: Comparator Input Switch bit

When CM2:CM0 = 110:

1 = C1 VIN- connects to RA3/AN3

C2 VIN- connects to RA2/AN2

0 = C1 VIN- connects to RA0/AN0

C2 VIN- connects to RA1/AN1

bit 2 **CM2:CM0**: Comparator Mode bits

Figure 12-1 shows the Comparator modes and CM2:CM0 bit settings.

Legend:

R = Readable bit

W = Writable bit

U = Unimplemented bit, read as '0'

- n = Value at POR

'1' = Bit is set

'0' = Bit is cleared

x = Bit is unknown

PIC16F87XA

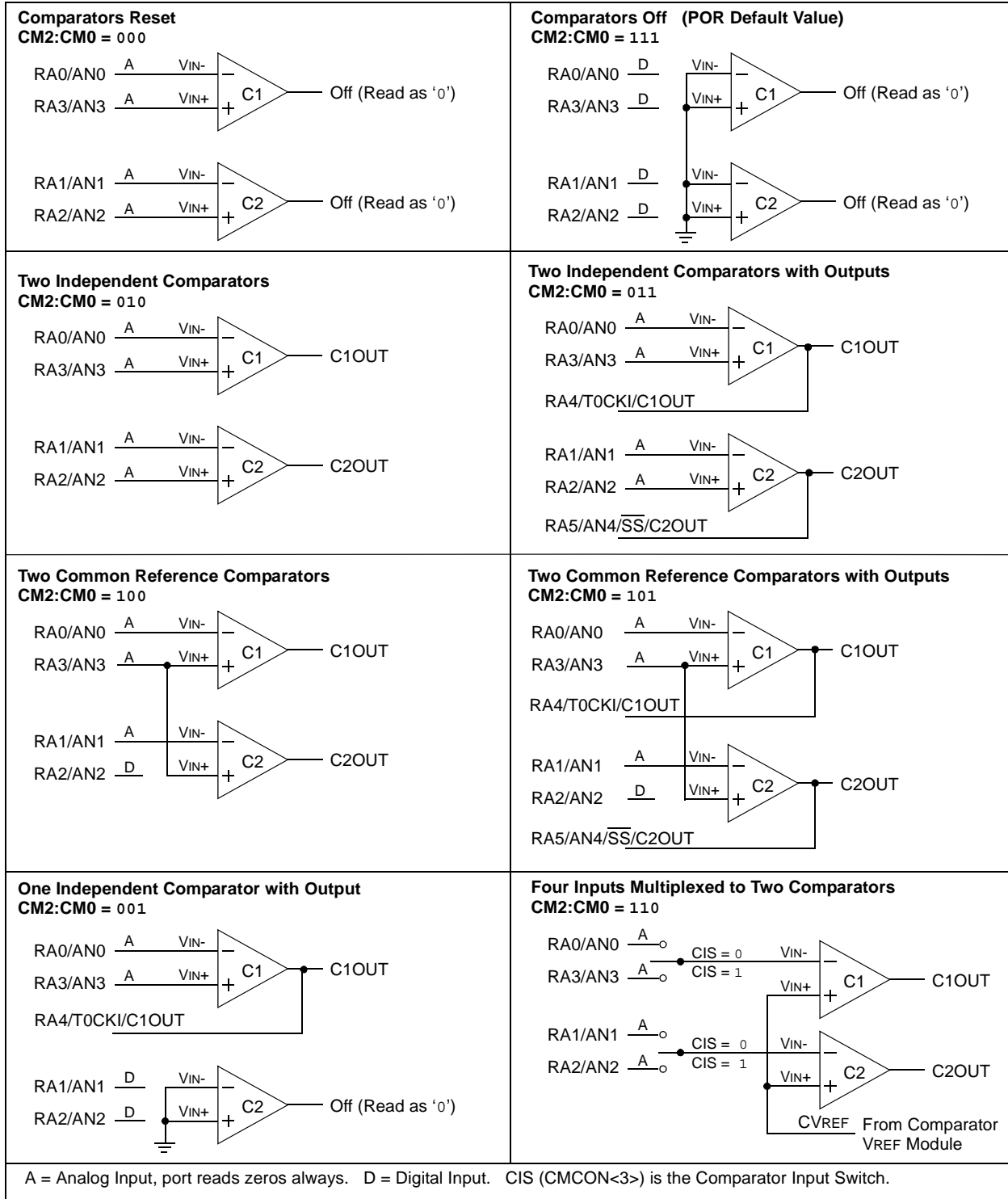
12.1 Comparator Configuration

There are eight modes of operation for the comparators. The CMCON register is used to select these modes. Figure 12-1 shows the eight possible modes. The TRISA register controls the data direction of the comparator pins for each mode. If the Comparator

mode is changed, the comparator output level may not be valid for the specified mode change delay shown in Section 17.0 “Electrical Characteristics”.

Note: Comparator interrupts should be disabled during a Comparator mode change. Otherwise, a false interrupt may occur.

FIGURE 12-1: COMPARATOR I/O OPERATING MODES



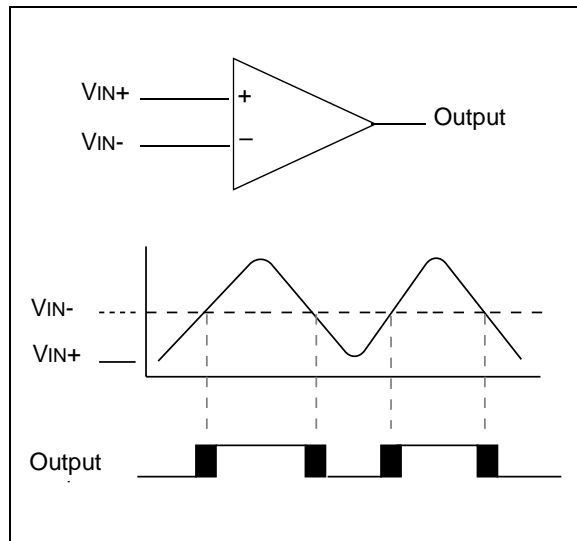
12.2 Comparator Operation

A single comparator is shown in Figure 12-2 along with the relationship between the analog input levels and the digital output. When the analog input at V_{IN+} is less than the analog input V_{IN-} , the output of the comparator is a digital low level. When the analog input at V_{IN+} is greater than the analog input V_{IN-} , the output of the comparator is a digital high level. The shaded areas of the output of the comparator in Figure 12-2 represent the uncertainty due to input offsets and response time.

12.3 Comparator Reference

An external or internal reference signal may be used depending on the comparator operating mode. The analog signal present at V_{IN-} is compared to the signal at V_{IN+} and the digital output of the comparator is adjusted accordingly (Figure 12-2).

FIGURE 12-2: SINGLE COMPARATOR



12.3.1 EXTERNAL REFERENCE SIGNAL

When external voltage references are used, the comparator module can be configured to have the comparators operate from the same or different reference sources. However, threshold detector applications may require the same reference. The reference signal must be between V_{SS} and V_{DD} and can be applied to either pin of the comparator(s).

12.3.2 INTERNAL REFERENCE SIGNAL

The comparator module also allows the selection of an internally generated voltage reference for the comparators. **Section 13.0 “Comparator Voltage Reference Module”** contains a detailed description of the Comparator Voltage Reference module that provides this signal. The internal reference signal is used when comparators are in mode, $CM\langle 2:0 \rangle = 110$ (Figure 12-1). In this mode, the internal voltage reference is applied to the V_{IN+} pin of both comparators.

12.4 Comparator Response Time

Response time is the minimum time, after selecting a new reference voltage or input source, before the comparator output has a valid level. If the internal reference is changed, the maximum delay of the internal voltage reference must be considered when using the comparator outputs. Otherwise, the maximum delay of the comparators should be used (**Section 17.0 “Electrical Characteristics”**).

12.5 Comparator Outputs

The comparator outputs are read through the $CMCON$ register. These bits are read-only. The comparator outputs may also be directly output to the $RA4$ and $RA5$ I/O pins. When enabled, multiplexors in the output path of the $RA4$ and $RA5$ pins will switch and the output of each pin will be the unsynchronized output of the comparator. The uncertainty of each of the comparators is related to the input offset voltage and the response time given in the specifications. Figure 12-3 shows the comparator output block diagram.

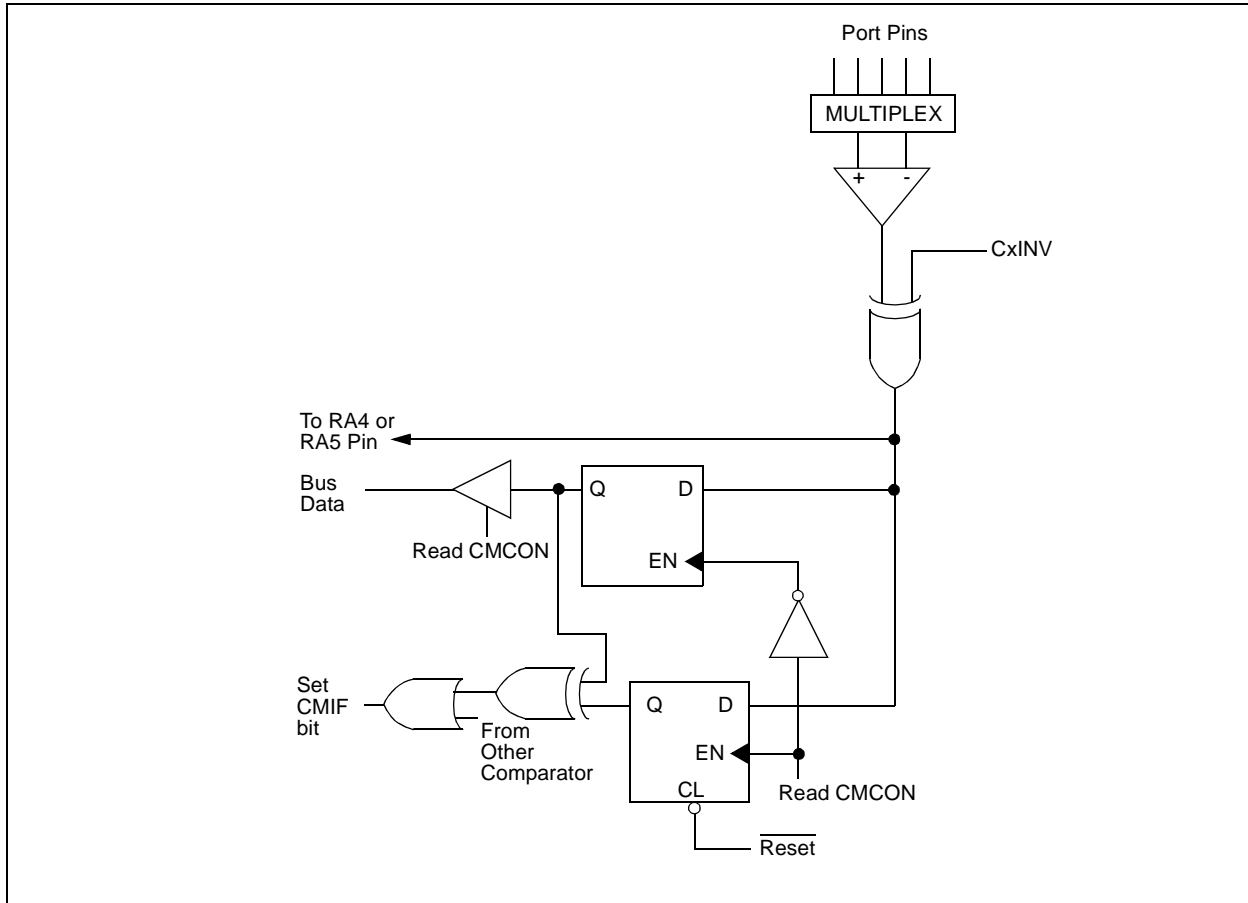
The $TRISA$ bits will still function as an output enable/disable for the $RA4$ and $RA5$ pins while in this mode.

The polarity of the comparator outputs can be changed using the $C2INV$ and $C1INV$ bits ($CMCON\langle 4:5 \rangle$).

- Note 1:** When reading the Port register, all pins configured as analog inputs will read as a '0'. Pins configured as digital inputs will convert an analog input according to the Schmitt Trigger input specification.
- 2:** Analog levels on any pin defined as a digital input may cause the input buffer to consume more current than is specified.
- 3:** $RA4$ is an open collector I/O pin. When used as an output, a pull-up resistor is required.

PIC16F87XA

FIGURE 12-3: COMPARATOR OUTPUT BLOCK DIAGRAM



12.6 Comparator Interrupts

The comparator interrupt flag is set whenever there is a change in the output value of either comparator. Software will need to maintain information about the status of the output bits, as read from CMCON<7:6>, to determine the actual change that occurred. The CMIF bit (PIR registers) is the Comparator Interrupt Flag. The CMIF bit must be reset by clearing it ('0'). Since it is also possible to write a '1' to this register, a simulated interrupt may be initiated.

The CMIE bit (PIE registers) and the PEIE bit (INTCON register) must be set to enable the interrupt. In addition, the GIE bit must also be set. If any of these bits are clear, the interrupt is not enabled, though the CMIF bit will still be set if an interrupt condition occurs.

Note: If a change in the CMCON register (C1OUT or C2OUT) should occur when a read operation is being executed (start of the Q2 cycle), then the CMIF (PIR registers) interrupt flag may not get set.

The user, in the Interrupt Service Routine, can clear the interrupt in the following manner:

- Any read or write of CMCON will end the mismatch condition.
- Clear flag bit CMIF.

A mismatch condition will continue to set flag bit CMIF. Reading CMCON will end the mismatch condition and allow flag bit CMIF to be cleared.

12.7 Comparator Operation During Sleep

When a comparator is active and the device is placed in Sleep mode, the comparator remains active and the interrupt is functional if enabled. This interrupt will wake-up the device from Sleep mode when enabled. While the comparator is powered up, higher Sleep currents than shown in the power-down current specification will occur. Each operational comparator will consume additional current as shown in the comparator specifications. To minimize power consumption while in Sleep mode, turn off the comparators, $CM<2:0> = 111$, before entering Sleep. If the device wakes up from Sleep, the contents of the CMCON register are not affected.

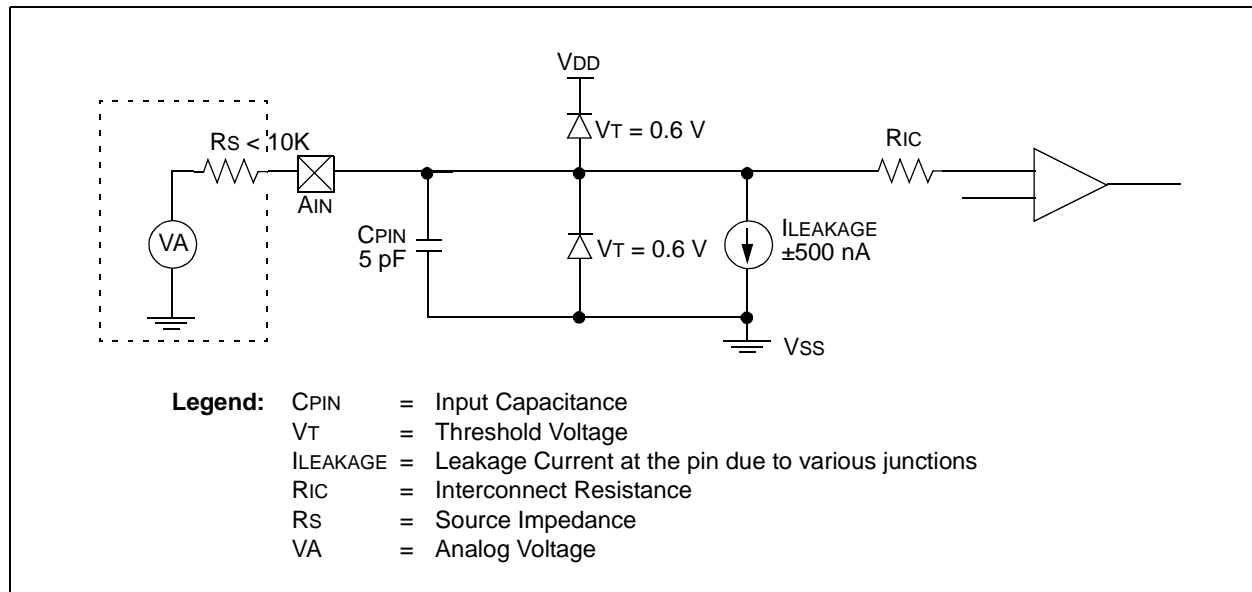
12.8 Effects of a Reset

A device Reset forces the CMCON register to its Reset state, causing the comparator module to be in the Comparator Off mode, $CM<2:0> = 111$. This ensures compatibility to the PIC16F87X devices.

12.9 Analog Input Connection Considerations

A simplified circuit for an analog input is shown in Figure 12-4. Since the analog pins are connected to a digital output, they have reverse biased diodes to VDD and VSS. The analog input, therefore, must be between VSS and VDD. If the input voltage deviates from this range by more than 0.6V in either direction, one of the diodes is forward biased and a latch-up condition may occur. A maximum source impedance of 10 k Ω is recommended for the analog sources. Any external component connected to an analog input pin, such as a capacitor or a Zener diode, should have very little leakage current.

FIGURE 12-4: ANALOG INPUT MODEL



PIC16F87XA

TABLE 12-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH COMPARATOR MODULE

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR	Value on all other Resets
9Ch	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0111	0000 0111
9Dh	CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0	000- 0000	000- 0000
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE/ GIEH	PEIE/ GIEL	TMR0IE	INTIE	RBIE	TMR0IF	INTIF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Dh	PIR2	—	CMIF	—	—	BCLIF	LVDIF	TMR3IF	CCP2IF	-0-- 0000	-0-- 0000
8Dh	PIE2	—	CMIE	—	—	BCLIE	LVDIE	TMR3IE	CCP2IE	-0-- 0000	-0-- 0000
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are unused by the comparator module.

13.0 COMPARATOR VOLTAGE REFERENCE MODULE

The Comparator Voltage Reference Generator is a 16-tap resistor ladder network that provides a fixed voltage reference when the comparators are in mode '110'. A programmable register controls the function of the reference generator. Register 13-1 lists the bit functions of the CVRCON register.

As shown in Figure 13-1, the resistor ladder is segmented to provide two ranges of CVREF values and has a power-down function to conserve power when the reference is not being used. The comparator reference

supply voltage (also referred to as CVRSRC) comes directly from VDD. It should be noted, however, that the voltage at the top of the ladder is $CVRSRC - VSAT$, where VSAT is the saturation voltage of the power switch transistor. This reference will only be as accurate as the values of CVRSRC and VSAT.

The output of the reference generator may be connected to the RA2/AN2/VREF-/CVREF pin. This can be used as a simple D/A function by the user if a very high-impedance load is used. The primary purpose of this function is to provide a test path for testing the reference generator function.

REGISTER 13-1: CVRCON CONTROL REGISTER (ADDRESS 9Dh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0

bit 7

bit 0

- bit 7 **CVREN:** Comparator Voltage Reference Enable bit
 1 = CVREF circuit powered on
 0 = CVREF circuit powered down
- bit 6 **CVROE:** Comparator VREF Output Enable bit
 1 = CVREF voltage level is output on RA2/AN2/VREF-/CVREF pin
 0 = CVREF voltage level is disconnected from RA2/AN2/VREF-/CVREF pin
- bit 5 **CVRR:** Comparator VREF Range Selection bit
 1 = 0 to 0.75 CVRSRC, with CVRSRC/24 step size
 0 = 0.25 CVRSRC to 0.75 CVRSRC, with CVRSRC/32 step size
- bit 4 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3-0 **CVR3:CVR0:** Comparator VREF Value Selection bits $0 \leq VR3:VR0 \leq 15$
When CVRR = 1:
 $CVREF = (VR<3:0>/ 24) \cdot (CVRSRC)$
When CVRR = 0:
 $CVREF = 1/4 \cdot (CVRSRC) + (VR3:VR0/ 32) \cdot (CVRSRC)$

Legend:

R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'
-n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared x = Bit is unknown

PIC16F87XA

FIGURE 13-1: COMPARATOR VOLTAGE REFERENCE BLOCK DIAGRAM

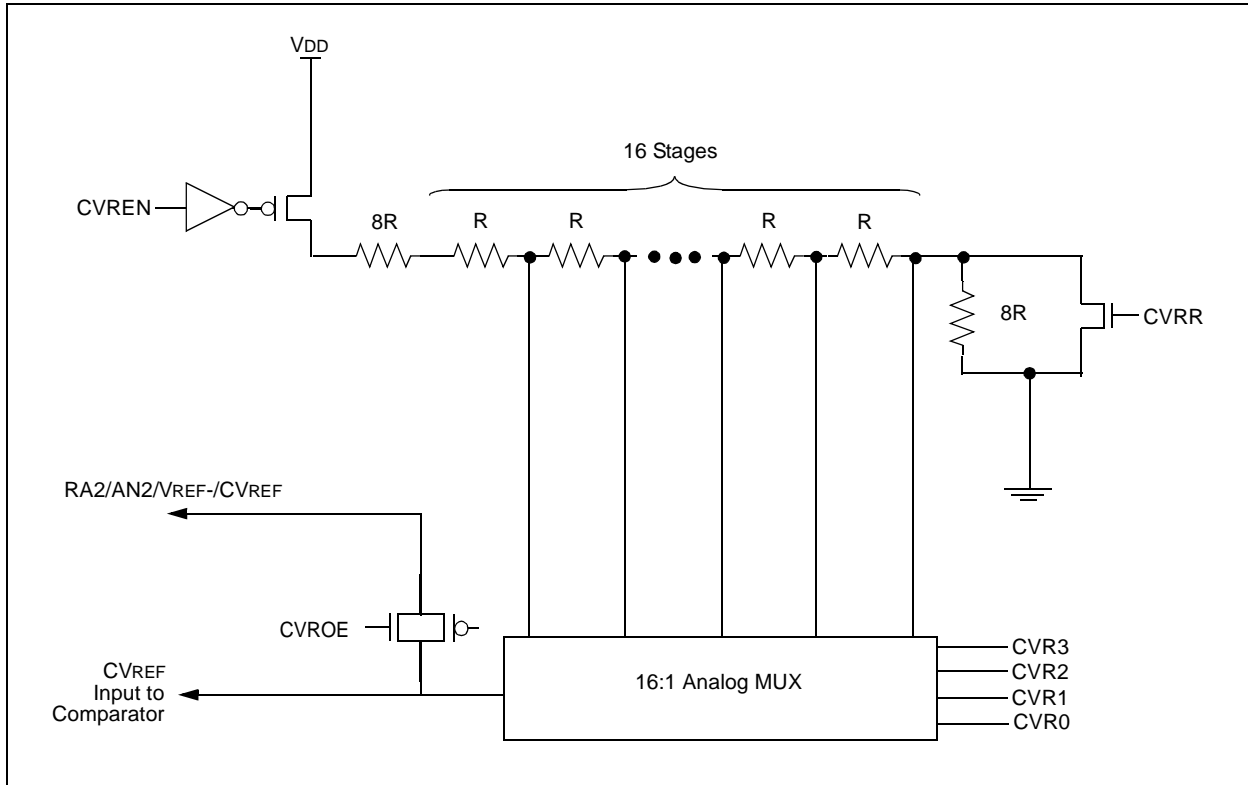


TABLE 13-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH COMPARATOR VOLTAGE REFERENCE

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR	Value on all other Resets
9Dh	CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0	000- 0000	000- 0000
9Ch	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0111	0000 0111

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'.
 Shaded cells are not used with the comparator voltage reference.

14.0 SPECIAL FEATURES OF THE CPU

All PIC16F87XA devices have a host of features intended to maximize system reliability, minimize cost through elimination of external components, provide power saving operating modes and offer code protection. These are:

- Oscillator Selection
- Reset
 - Power-on Reset (POR)
 - Power-up Timer (PWRT)
 - Oscillator Start-up Timer (OST)
 - Brown-out Reset (BOR)
- Interrupts
- Watchdog Timer (WDT)
- Sleep
- Code Protection
- ID Locations
- In-Circuit Serial Programming
- Low-Voltage In-Circuit Serial Programming
- In-Circuit Debugger

PIC16F87XA devices have a Watchdog Timer which can be shut-off only through configuration bits. It runs off its own RC oscillator for added reliability.

There are two timers that offer necessary delays on power-up. One is the Oscillator Start-up Timer (OST), intended to keep the chip in Reset until the crystal oscillator is stable. The other is the Power-up Timer (PWRT), which provides a fixed delay of 72 ms (nominal) on power-up only. It is designed to keep the part in Reset while the power supply stabilizes. With these two timers on-chip, most applications need no external Reset circuitry.

Sleep mode is designed to offer a very low current power-down mode. The user can wake-up from Sleep through external Reset, Watchdog Timer wake-up or through an interrupt.

Several oscillator options are also made available to allow the part to fit the application. The RC oscillator option saves system cost while the LP crystal option saves power. A set of configuration bits is used to select various options.

Additional information on special features is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

14.1 Configuration Bits

The configuration bits can be programmed (read as '0'), or left unprogrammed (read as '1') to select various device configurations. The erased or unprogrammed value of the Configuration Word register is 3FFFh. These bits are mapped in program memory location 2007h.

It is important to note that address 2007h is beyond the user program memory space which can be accessed only during programming.

PIC16F87XA

REGISTER 14-1: CONFIGURATION WORD (ADDRESS 2007h)⁽¹⁾

R/P-1	U-0	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1	U-0	U-0	R/P-1	R/P-1	R/P-1	R/P-1
CP	—	DEBUG	WRT1	WRT0	CPD	LVP	BOREN	—	—	PWRTEN	WDTEN	Fosc1	Fosc0
bit 13													bit0

bit 13 **CP:** Flash Program Memory Code Protection bit

1 = Code protection off
0 = All program memory code-protected

bit 12 **Unimplemented:** Read as '1'

bit 11 **DEBUG:** In-Circuit Debugger Mode bit

1 = In-Circuit Debugger disabled, RB6 and RB7 are general purpose I/O pins
0 = In-Circuit Debugger enabled, RB6 and RB7 are dedicated to the debugger

bit 10-9 **WRT1:WRT0** Flash Program Memory Write Enable bits

For PIC16F876A/877A:

11 = Write protection off; all program memory may be written to by EECON control
10 = 0000h to 00FFh write-protected; 0100h to 1FFFh may be written to by EECON control
01 = 0000h to 07FFh write-protected; 0800h to 1FFFh may be written to by EECON control
00 = 0000h to 0FFFh write-protected; 1000h to 1FFFh may be written to by EECON control

For PIC16F873A/874A:

11 = Write protection off; all program memory may be written to by EECON control
10 = 0000h to 00FFh write-protected; 0100h to 0FFFh may be written to by EECON control
01 = 0000h to 03FFh write-protected; 0400h to 0FFFh may be written to by EECON control
00 = 0000h to 07FFh write-protected; 0800h to 0FFFh may be written to by EECON control

bit 8 **CPD:** Data EEPROM Memory Code Protection bit

1 = Data EEPROM code protection off
0 = Data EEPROM code-protected

bit 7 **LVP:** Low-Voltage (Single-Supply) In-Circuit Serial Programming Enable bit

1 = RB3/PGM pin has PGM function; low-voltage programming enabled
0 = RB3 is digital I/O, HV on MCLR must be used for programming

bit 6 **BOREN:** Brown-out Reset Enable bit

1 = BOR enabled
0 = BOR disabled

bit 5-4 **Unimplemented:** Read as '1'

bit 3 **PWRTEN:** Power-up Timer Enable bit

1 = PWRT disabled
0 = PWRT enabled

bit 2 **WDTEN:** Watchdog Timer Enable bit

1 = WDT enabled
0 = WDT disabled

bit 1-0 **Fosc1:Fosc0:** Oscillator Selection bits

11 = RC oscillator
10 = HS oscillator
01 = XT oscillator
00 = LP oscillator

Legend:

R = Readable bit P = Programmable bit U = Unimplemented bit, read as '0'
- n = Value when device is unprogrammed u = Unchanged from programmed state

Note 1: The erased (unprogrammed) value of the Configuration Word is 3FFFh.

14.2 Oscillator Configurations

14.2.1 OSCILLATOR TYPES

The PIC16F87XA can be operated in four different oscillator modes. The user can program two configuration bits (Fosc1 and Fosc0) to select one of these four modes:

- LP Low-Power Crystal
- XT Crystal/Resonator
- HS High-Speed Crystal/Resonator
- RC Resistor/Capacitor

14.2.2 CRYSTAL OSCILLATOR/CERAMIC RESONATORS

In XT, LP or HS modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1/CLKI and OSC2/CLKO pins to establish oscillation (Figure 14-1). The PIC16F87XA oscillator design requires the use of a parallel cut crystal. Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturer's specifications. When in XT, LP or HS modes, the device can have an external clock source to drive the OSC1/CLKI pin (Figure 14-2).

FIGURE 14-1: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)

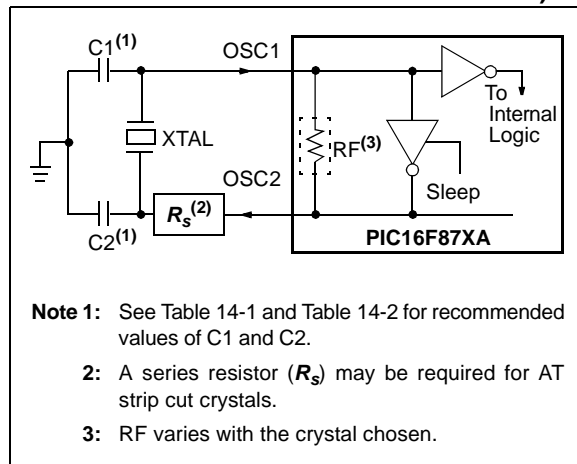


FIGURE 14-2: EXTERNAL CLOCK INPUT OPERATION (HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)

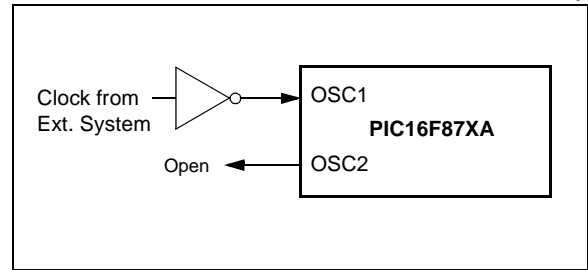


TABLE 14-1: CERAMIC RESONATORS

Ranges Tested:			
Mode	Freq.	OSC1	OSC2
XT	455 kHz	68-100 pF	68-100 pF
	2.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
	4.0 MHz	15-68 pF	15-68 pF
HS	8.0 MHz	10-68 pF	10-68 pF
	16.0 MHz	10-22 pF	10-22 pF
These values are for design guidance only. See notes following Table 14-2.			
Resonators Used:			
2.0 MHz	Murata Erie CSA2.00MG	± 0.5%	
4.0 MHz	Murata Erie CSA4.00MG	± 0.5%	
8.0 MHz	Murata Erie CSA8.00MT	± 0.5%	
16.0 MHz	Murata Erie CSA16.00MX	± 0.5%	
All resonators used did not have built-in capacitors.			

PIC16F87XA

TABLE 14-2: CAPACITOR SELECTION FOR CRYSTAL OSCILLATOR

Osc Type	Crystal Freq.	Cap. Range C1	Cap. Range C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 kHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47-68 pF	47-68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15-33 pF	15-33 pF
	20 MHz	15-33 pF	15-33 pF

These values are for design guidance only.
See notes following this table.

Crystals Used

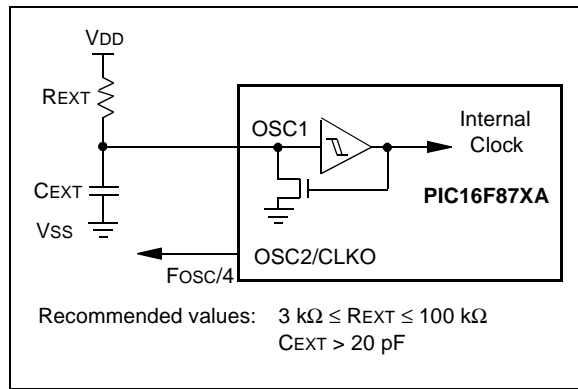
32 kHz	Epson C-001R32.768K-A	± 20 PPM
200 kHz	STD XTL 200.000KHz	± 20 PPM
1 MHz	ECS ECS-10-13-1	± 50 PPM
4 MHz	ECS ECS-40-20-1	± 50 PPM
8 MHz	EPSON CA-301 8.000M-C	± 30 PPM
20 MHz	EPSON CA-301 20.000M-C	± 30 PPM

- Note 1:** Higher capacitance increases the stability of oscillator but also increases the start-up time.
- 2:** Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components.
- 3:** R_s may be required in HS mode, as well as XT mode, to avoid overdriving crystals with low drive level specification.
- 4:** When migrating from other PICmicro® devices, oscillator performance should be verified.

14.2.3 RC OSCILLATOR

For timing insensitive applications, the “RC” device option offers additional cost savings. The RC oscillator frequency is a function of the supply voltage, the resistor (REXT) and capacitor (CEXT) values and the operating temperature. In addition to this, the oscillator frequency will vary from unit to unit due to normal process parameter variation. Furthermore, the difference in lead frame capacitance between package types will also affect the oscillation frequency, especially for low CEXT values. The user also needs to take into account variation due to tolerance of external R and C components used. Figure 14-3 shows how the R/C combination is connected to the PIC16F87XA.

FIGURE 14-3: RC OSCILLATOR MODE



14.3 Reset

The PIC16F87XA differentiates between various kinds of Reset:

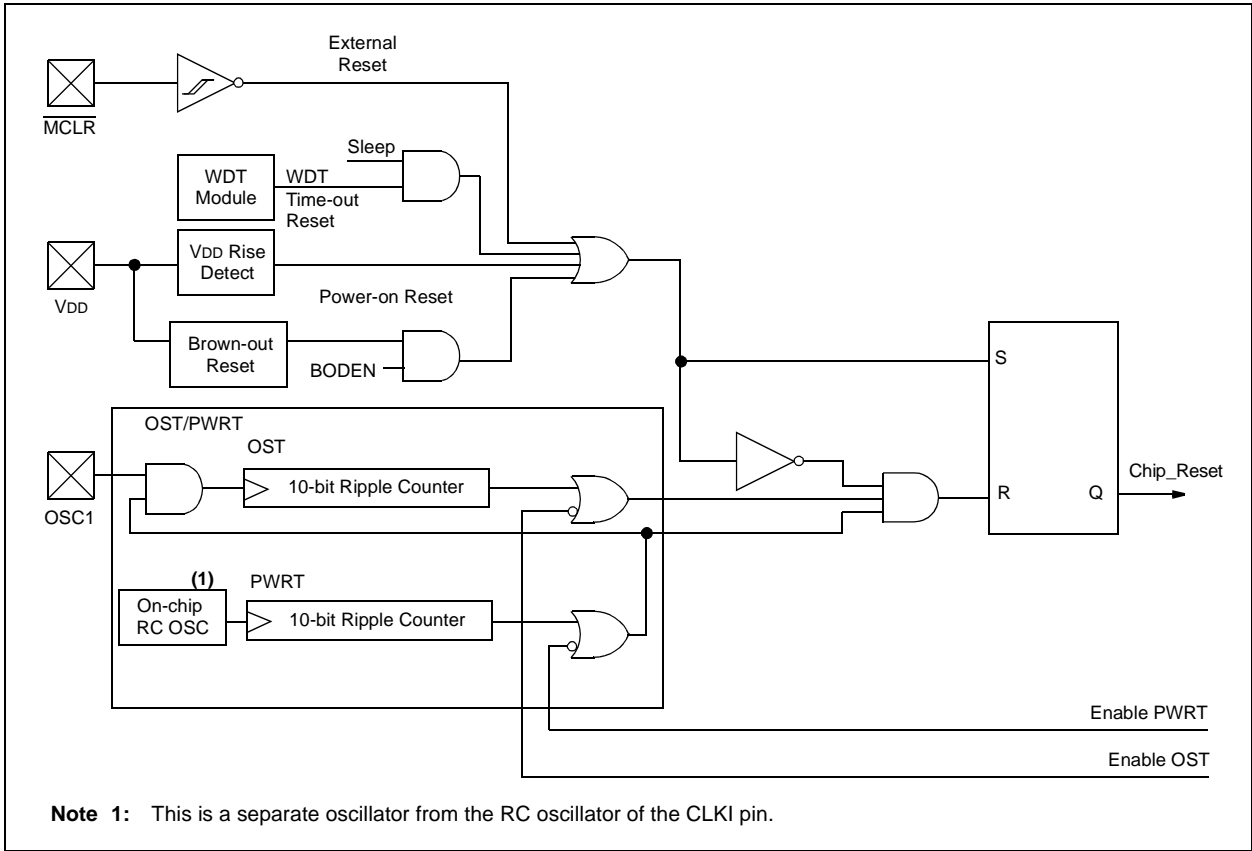
- Power-on Reset (POR)
- $\overline{\text{MCLR}}$ Reset during normal operation
- $\overline{\text{MCLR}}$ Reset during Sleep
- WDT Reset (during normal operation)
- WDT Wake-up (during Sleep)
- Brown-out Reset (BOR)

Some registers are not affected in any Reset condition. Their status is unknown on POR and unchanged in any other Reset. Most other registers are reset to a "Reset

state" on Power-on Reset (POR), on the $\overline{\text{MCLR}}$ and WDT Reset, on $\overline{\text{MCLR}}$ Reset during Sleep and Brown-out Reset (BOR). They are not affected by a WDT wake-up which is viewed as the resumption of normal operation. The $\overline{\text{TO}}$ and PD bits are set or cleared differently in different Reset situations as indicated in Table 14-4. These bits are used in software to determine the nature of the Reset. See Table 14-6 for a full description of Reset states of all registers.

A simplified block diagram of the on-chip Reset circuit is shown in Figure 14-4.

FIGURE 14-4: SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM OF ON-CHIP RESET CIRCUIT



PIC16F87XA

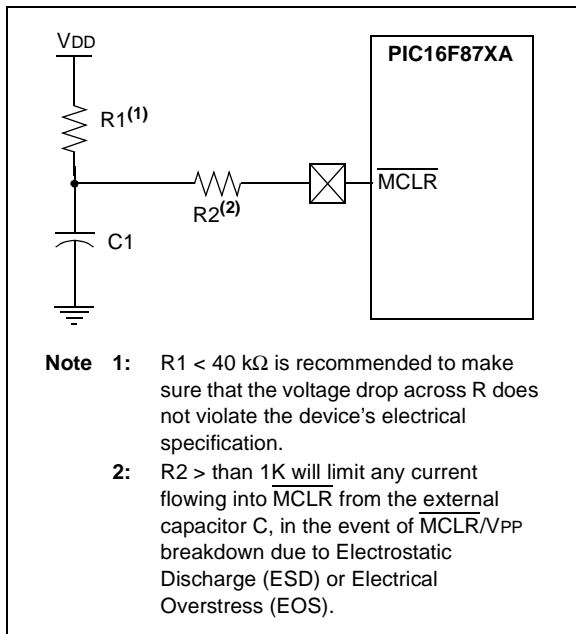
14.4 MCLR

PIC16F87XA devices have a noise filter in the MCLR Reset path. The filter will detect and ignore small pulses.

It should be noted that a WDT Reset does not drive MCLR pin low.

The behavior of the ESD protection on the MCLR pin differs from previous devices of this family. Voltages applied to the pin that exceed its specification can result in both Resets and current consumption outside of device specification during the Reset event. For this reason, Microchip recommends that the MCLR pin no longer be tied directly to VDD. The use of an RCR network, as shown in Figure 14-5, is suggested.

FIGURE 14-5: RECOMMENDED MCLR CIRCUIT



14.5 Power-on Reset (POR)

A Power-on Reset pulse is generated on-chip when VDD rise is detected (in the range of 1.2V-1.7V). To take advantage of the POR, tie the MCLR pin to VDD through an RC network, as described in **Section 14.4 "MCLR"**. A maximum rise time for VDD is specified. See **Section 17.0 "Electrical Characteristics"** for details.

When the device starts normal operation (exits the Reset condition), device operating parameters (voltage, frequency, temperature, etc.) must be met to ensure operation. If these conditions are not met, the device must be held in Reset until the operating conditions are met. Brown-out Reset may be used to meet the start-up conditions. For additional information, refer to application note, AN607, "Power-up Trouble Shooting" (DS00607).

14.6 Power-up Timer (PWRT)

The Power-up Timer provides a fixed 72 ms nominal time-out on power-up only from the POR. The Power-up Timer operates on an internal RC oscillator. The chip is kept in Reset as long as the PWRT is active. The PWRT's time delay allows VDD to rise to an acceptable level. A configuration bit is provided to enable or disable the PWRT.

The power-up time delay will vary from chip to chip due to VDD, temperature and process variation. See **Section 17.0 "Electrical Characteristics"** for details (TPWRT, parameter #33).

14.7 Oscillator Start-up Timer (OST)

The Oscillator Start-up Timer (OST) provides a delay of 1024 oscillator cycles (from OSC1 input) after the PWRT delay is over (if PWRT is enabled). This helps to ensure that the crystal oscillator or resonator has started and stabilized.

The OST time-out is invoked only for XT, LP and HS modes and only on Power-on Reset or wake-up from Sleep.

14.8 Brown-out Reset (BOR)

The configuration bit, BODEN, can enable or disable the Brown-out Reset circuit. If VDD falls below VBOR (parameter D005, about 4V) for longer than TBOR (parameter #35, about 100 μS), the brown-out situation will reset the device. If VDD falls below VBOR for less than TBOR, a Reset may not occur.

Once the brown-out occurs, the device will remain in Brown-out Reset until VDD rises above VBOR. The Power-up Timer then keeps the device in Reset for TPWRT (parameter #33, about 72 ms). If VDD should fall below VBOR during TPWRT, the Brown-out Reset process will restart when VDD rises above VBOR with the Power-up Timer Reset. The Power-up Timer is always enabled when the Brown-out Reset circuit is enabled, regardless of the state of the PWRT configuration bit.

14.9 Time-out Sequence

On power-up, the time-out sequence is as follows: the PWRT delay starts (if enabled) when a POR Reset occurs. Then, OST starts counting 1024 oscillator cycles when PWRT ends (LP, XT, HS). When the OST ends, the device comes out of Reset.

If MCLR is kept low long enough, the time-outs will expire. Bringing MCLR high will begin execution immediately. This is useful for testing purposes or to synchronize more than one PIC16F87XA device operating in parallel.

Table 14-5 shows the Reset conditions for the Status, PCON and PC registers, while Table 14-6 shows the Reset conditions for all the registers.

14.10 Power Control/Status Register (PCON)

The Power Control/Status Register, PCON, has up to two bits depending upon the device.

Bit 0 is the Brown-out Reset Status bit, $\overline{\text{BOR}}$. The $\overline{\text{BOR}}$ bit is unknown on a Power-on Reset. It must then be set by the user and checked on subsequent Resets to see if it has been cleared, indicating that a BOR has occurred.

When the Brown-out Reset is disabled, the state of the $\overline{\text{BOR}}$ bit is unpredictable and is, therefore, not valid at any time.

Bit 1 is the Power-on Reset Status bit, $\overline{\text{POR}}$. It is cleared on a Power-on Reset and unaffected otherwise. The user must set this bit following a Power-on Reset.

TABLE 14-3: TIME-OUT IN VARIOUS SITUATIONS

Oscillator Configuration	Power-up		Brown-out	Wake-up from Sleep
	$\overline{\text{PWRTÉ}} = 0$	$\overline{\text{PWRTÉ}} = 1$		
XT, HS, LP	72 ms + 1024 Tosc	1024 Tosc	72 ms + 1024 Tosc	1024 Tosc
RC	72 ms	—	72 ms	—

TABLE 14-4: STATUS BITS AND THEIR SIGNIFICANCE

$\overline{\text{POR}}$	$\overline{\text{BOR}}$	$\overline{\text{TO}}$	$\overline{\text{PD}}$	Condition
0	x	1	1	Power-on Reset
0	x	0	x	Illegal, $\overline{\text{TO}}$ is set on $\overline{\text{POR}}$
0	x	x	0	Illegal, $\overline{\text{PD}}$ is set on $\overline{\text{POR}}$
1	0	1	1	Brown-out Reset
1	1	0	1	WDT Reset
1	1	0	0	WDT Wake-up
1	1	u	u	$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during normal operation
1	1	1	0	$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during Sleep or Interrupt Wake-up from Sleep

Legend: x = don't care, u = unchanged

TABLE 14-5: RESET CONDITIONS FOR SPECIAL REGISTERS

Condition	Program Counter	Status Register	PCON Register
Power-on Reset	000h	0001 1xxx	---- --0x
$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during normal operation	000h	000u uuuu	---- --uu
$\overline{\text{MCLR}}$ Reset during Sleep	000h	0001 0uuu	---- --uu
WDT Reset	000h	0000 1uuu	---- --uu
WDT Wake-up	PC + 1	uuu0 0uuu	---- --uu
Brown-out Reset	000h	0001 1uuu	---- --u0
Interrupt Wake-up from Sleep	PC + 1 ⁽¹⁾	uuu1 0uuu	---- --uu

Legend: u = unchanged, x = unknown, - = unimplemented bit, read as '0'

Note 1: When the wake-up is due to an interrupt and the GIE bit is set, the PC is loaded with the interrupt vector (0004h).

PIC16F87XA

TABLE 14-6: INITIALIZATION CONDITIONS FOR ALL REGISTERS

Register	Devices				Power-on Reset, Brown-out Reset	MCLR Resets, WDT Reset	Wake-up via WDT or Interrupt
W	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
INDF	73A	74A	76A	77A	N/A	N/A	N/A
TMR0	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PCL	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	PC + 1 ⁽²⁾
STATUS	73A	74A	76A	77A	0001 1xxx	000q quuu ⁽³⁾	uuuq quuu ⁽³⁾
FSR	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PORTA	73A	74A	76A	77A	--0x 0000	--0u 0000	--uu uuuu
PORTB	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PORTC	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PORTD	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
PORTE	73A	74A	76A	77A	---- -xxx	---- -uuu	---- -uuu
PCLATH	73A	74A	76A	77A	---0 0000	---0 0000	---u uuuu
INTCON	73A	74A	76A	77A	0000 000x	0000 000u	uuuu uuuu ⁽¹⁾
PIR1	73A	74A	76A	77A	r000 0000	r000 0000	ruuu uuuu ⁽¹⁾
	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu ⁽¹⁾
PIR2	73A	74A	76A	77A	-0-0 0--0	-0-0 0--0	-u-u u--u ⁽¹⁾
TMR1L	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
TMR1H	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
T1CON	73A	74A	76A	77A	--00 0000	--uu uuuu	--uu uuuu
TMR2	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
T2CON	73A	74A	76A	77A	-000 0000	-000 0000	-uuu uuuu
SSPBUF	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
SSPCON	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
CCPR1L	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
CCPR1H	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
CCP1CON	73A	74A	76A	77A	--00 0000	--00 0000	--uu uuuu
RCSTA	73A	74A	76A	77A	0000 000x	0000 000x	uuuu uuuu
TXREG	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
RCREG	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
CCPR2L	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
CCPR2H	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
CCP2CON	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
ADRESH	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
ADCON0	73A	74A	76A	77A	0000 00-0	0000 00-0	uuuu uu-u
OPTION_REG	73A	74A	76A	77A	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
TRISA	73A	74A	76A	77A	--11 1111	--11 1111	--uu uuuu
TRISB	73A	74A	76A	77A	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
TRISC	73A	74A	76A	77A	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu

Legend: u = unchanged, x = unknown, - = unimplemented bit, read as '0', q = value depends on condition, r = reserved, maintain clear. Shaded cells indicate conditions do not apply for the designated device.

Note 1: One or more bits in INTCON, PIR1 and/or PIR2 will be affected (to cause wake-up).

2: When the wake-up is due to an interrupt and the GIE bit is set, the PC is loaded with the interrupt vector (0004h).

3: See Table 14-5 for Reset value for specific condition.

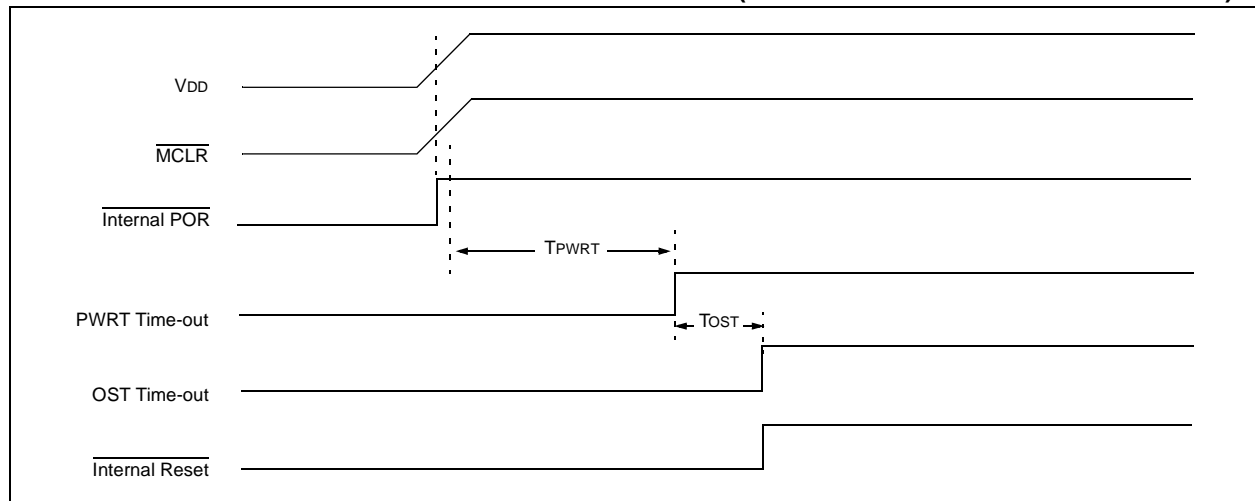
TABLE 14-6: INITIALIZATION CONDITIONS FOR ALL REGISTERS (CONTINUED)

Register	Devices				Power-on Reset, Brown-out Reset	MCLR Resets, WDT Reset	Wake-up via WDT or Interrupt
TRISD	73A	74A	76A	77A	1111 1111	1111 1111	uuuu uuuu
TRISE	73A	74A	76A	77A	0000 -111	0000 -111	uuuu -uuu
PIE1	73A	74A	76A	77A	r000 0000	r000 0000	ruuu uuuu
	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PIE2	73A	74A	76A	77A	-0-0 0--0	-0-0 0--0	-u-u u--u
PCON	73A	74A	76A	77A	---- -q _q	---- --uu	---- --uu
SSPCON2	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
PR2	73A	74A	76A	77A	1111 1111	1111 1111	1111 1111
SSPADD	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
SSPSTAT	73A	74A	76A	77A	--00 0000	--00 0000	--uu uuuu
TXSTA	73A	74A	76A	77A	0000 -010	0000 -010	uuuu -uuu
SPBRG	73A	74A	76A	77A	0000 0000	0000 0000	uuuu uuuu
CMCON	73A	974	76A	77A	0000 0111	0000 0111	uuuu uuuu
CVRCON	73A	74A	76A	77A	000- 0000	000- 0000	uuu- uuuu
ADRESL	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
ADCON1	73A	74A	76A	77A	00-- 0000	00-- 0000	uu-- uuuu
EEDATA	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
EEADR	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
EEDATH	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
EEADRH	73A	74A	76A	77A	xxxx xxxx	uuuu uuuu	uuuu uuuu
EECON1	73A	74A	76A	77A	x--- x000	u--- u000	u--- uuuu
EECON2	73A	74A	76A	77A	---- ----	---- ----	---- ----

Legend: u = unchanged, x = unknown, - = unimplemented bit, read as '0', q = value depends on condition, r = reserved, maintain clear. Shaded cells indicate conditions do not apply for the designated device.

- Note 1:** One or more bits in INTCON, PIR1 and/or PIR2 will be affected (to cause wake-up).
2: When the wake-up is due to an interrupt and the GIE bit is set, the PC is loaded with the interrupt vector (0004h).
3: See Table 14-5 for Reset value for specific condition.

FIGURE 14-6: TIME-OUT SEQUENCE ON POWER-UP (MCLR TIED TO V_{DD} VIA RC NETWORK)



PIC16F87XA

FIGURE 14-7: TIME-OUT SEQUENCE ON POWER-UP ($\overline{\text{MCLR}}$ NOT TIED TO V_{DD}): CASE 1

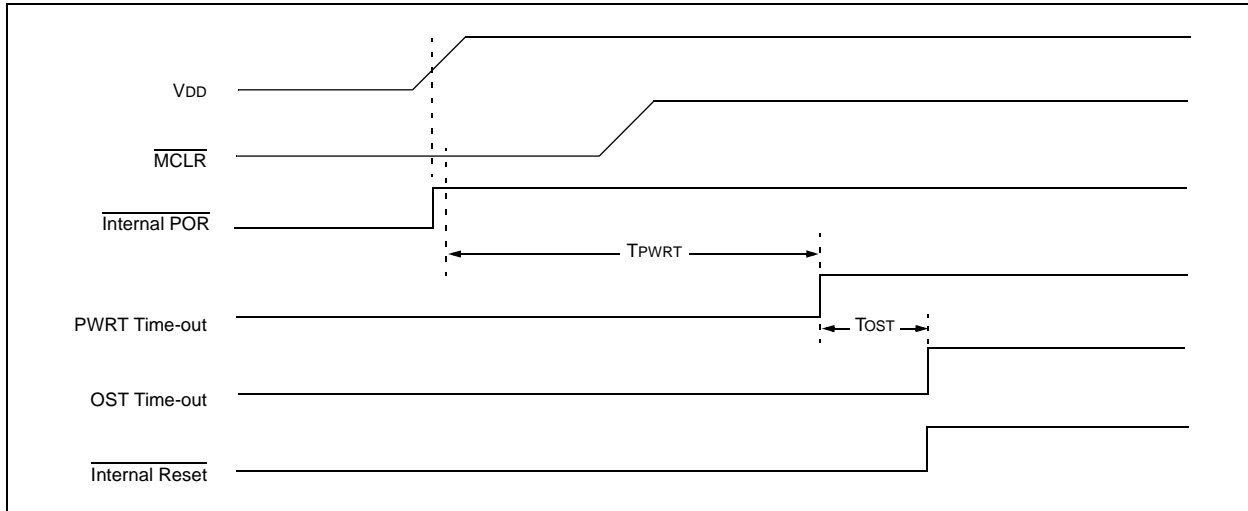


FIGURE 14-8: TIME-OUT SEQUENCE ON POWER-UP ($\overline{\text{MCLR}}$ NOT TIED TO V_{DD}): CASE 2

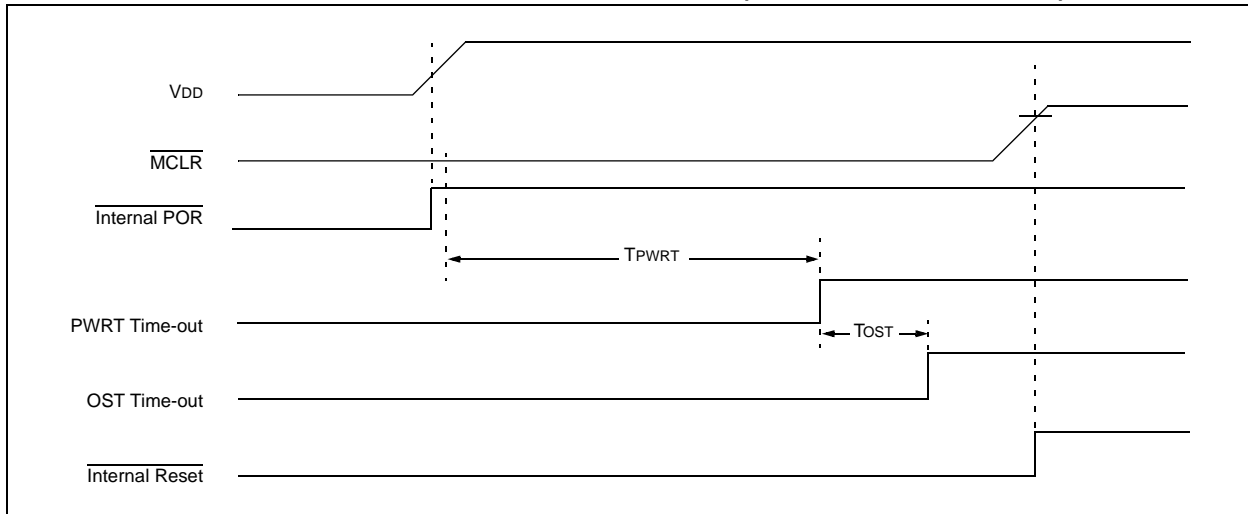
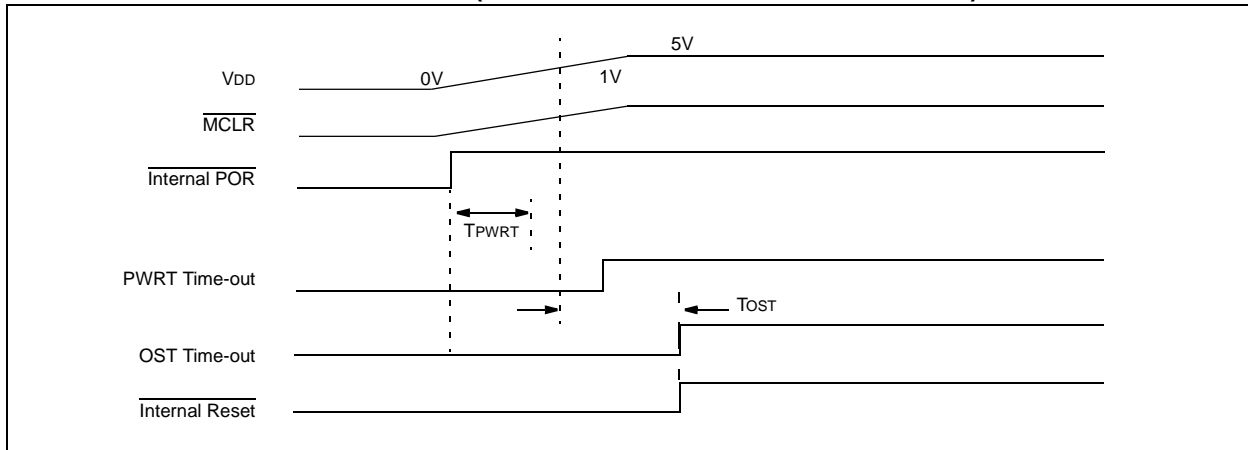


FIGURE 14-9: SLOW RISE TIME ($\overline{\text{MCLR}}$ TIED TO V_{DD} VIA RC NETWORK)



14.11 Interrupts

The PIC16F87XA family has up to 15 sources of interrupt. The Interrupt Control register (INTCON) records individual interrupt requests in flag bits. It also has individual and global interrupt enable bits.

Note: Individual interrupt flag bits are set regardless of the status of their corresponding mask bit or the GIE bit.

A global interrupt enable bit, GIE (INTCON<7>), enables (if set) all unmasked interrupts or disables (if cleared) all interrupts. When bit GIE is enabled and an interrupt's flag bit and mask bit are set, the interrupt will vector immediately. Individual interrupts can be disabled through their corresponding enable bits in various registers. Individual interrupt bits are set regardless of the status of the GIE bit. The GIE bit is cleared on Reset.

The "return from interrupt" instruction, `RETFIE`, exits the interrupt routine, as well as sets the GIE bit, which re-enables interrupts.

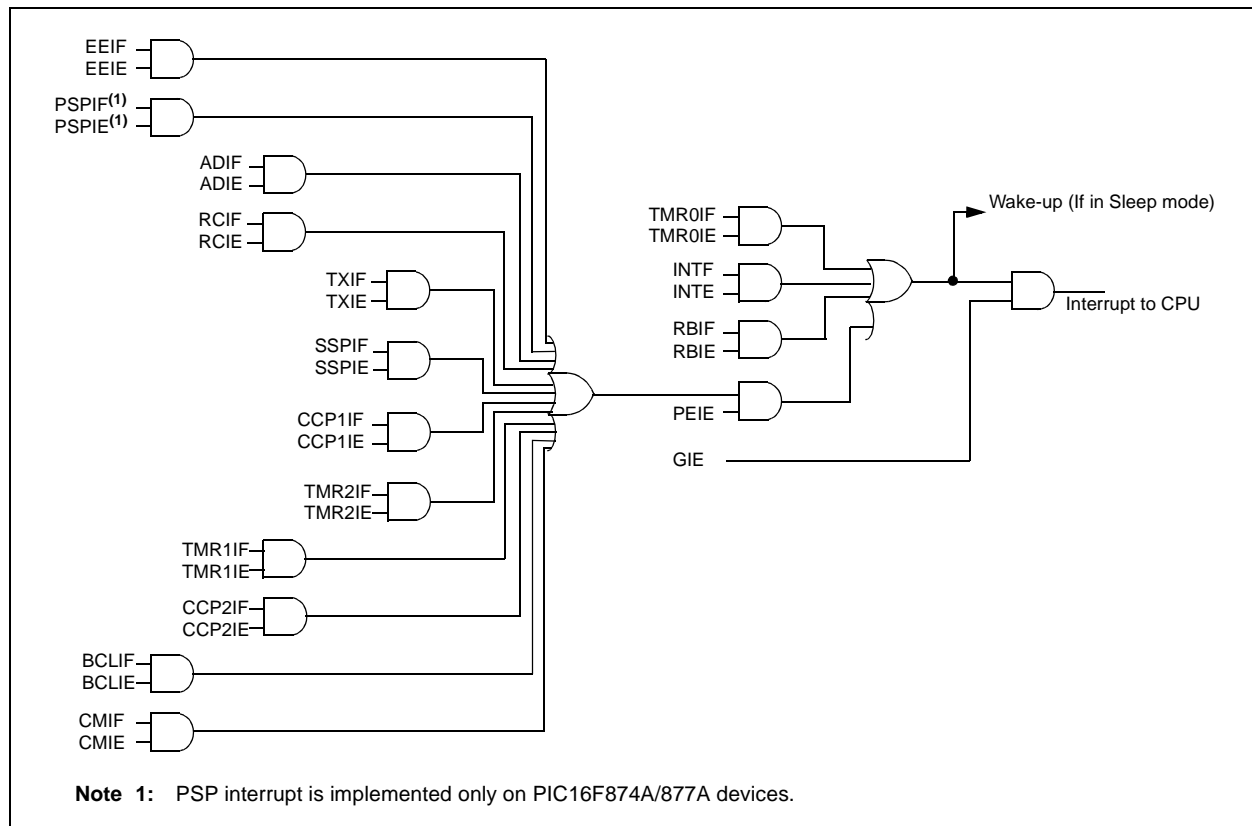
The RB0/INT pin interrupt, the RB port change interrupt and the TMR0 overflow interrupt flags are contained in the INTCON register.

The peripheral interrupt flags are contained in the Special Function Registers, PIR1 and PIR2. The corresponding interrupt enable bits are contained in Special Function Registers, PIE1 and PIE2, and the peripheral interrupt enable bit is contained in Special Function Register, INTCON.

When an interrupt is responded to, the GIE bit is cleared to disable any further interrupt, the return address is pushed onto the stack and the PC is loaded with 0004h. Once in the Interrupt Service Routine, the source(s) of the interrupt can be determined by polling the interrupt flag bits. The interrupt flag bit(s) must be cleared in software before re-enabling interrupts to avoid recursive interrupts.

For external interrupt events, such as the INT pin or PORTB change interrupt, the interrupt latency will be three or four instruction cycles. The exact latency depends when the interrupt event occurs. The latency is the same for one or two-cycle instructions. Individual interrupt flag bits are set regardless of the status of their corresponding mask bit, PEIE bit or GIE bit.

FIGURE 14-10: INTERRUPT LOGIC



PIC16F87XA

14.11.1 INT INTERRUPT

External interrupt on the RB0/INT pin is edge triggered, either rising if bit INTEDG (OPTION_REG<6>) is set or falling if the INTEDG bit is clear. When a valid edge appears on the RB0/INT pin, flag bit, INTF (INTCON<1>), is set. This interrupt can be disabled by clearing enable bit, INTE (INTCON<4>). Flag bit INTF must be cleared in software in the Interrupt Service Routine before re-enabling this interrupt. The INT interrupt can wake-up the processor from Sleep if bit INTE was set prior to going into Sleep. The status of global interrupt enable bit, GIE, decides whether or not the processor branches to the interrupt vector following wake-up. See **Section 14.14 “Power-down Mode (Sleep)”** for details on Sleep mode.

14.11.2 TMR0 INTERRUPT

An overflow (FFh → 00h) in the TMR0 register will set flag bit, TMR0IF (INTCON<2>). The interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit, TMR0IE (INTCON<5>). See **Section 5.0 “Timer0 Module”**.

14.11.3 PORTB INTCON CHANGE

An input change on PORTB<7:4> sets flag bit, RBIF (INTCON<0>). The interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing enable bit, RBIE (INTCON<4>). See **Section 4.2 “PORTB and the TRISB Register”**.

14.12 Context Saving During Interrupts

During an interrupt, only the return PC value is saved on the stack. Typically, users may wish to save key registers during an interrupt (i.e., W register and Status register). This will have to be implemented in software.

For the PIC16F873A/874A devices, the register W_TEMP must be defined in both Banks 0 and 1 and must be defined at the same offset from the bank base address (i.e., If W_TEMP is defined at 0x20 in Bank 0, it must also be defined at 0xA0 in Bank 1). The registers, PCLATH_TEMP and STATUS_TEMP, are only defined in Bank 0.

Since the upper 16 bytes of each bank are common in the PIC16F876A/877A devices, temporary holding registers, W_TEMP, STATUS_TEMP and PCLATH_TEMP, should be placed in here. These 16 locations don't require banking and therefore, make it easier for context save and restore. The same code shown in Example 14-1 can be used.

EXAMPLE 14-1: SAVING STATUS, W AND PCLATH REGISTERS IN RAM

```
MOVWF    W_TEMP          ;Copy W to TEMP register
SWAPF    STATUS,W        ;Swap status to be saved into W
CLRF     STATUS          ;bank 0, regardless of current bank, Clears IRP,RP1,RP0
MOVWF    STATUS_TEMP     ;Save status to bank zero STATUS_TEMP register
MOV      PCLATH, W       ;Only required if using pages 1, 2 and/or 3
MOVWF    PCLATH_TEMP     ;Save PCLATH into W
CLRF     PCLATH          ;Page zero, regardless of current page
:
:(ISR)                                ;(Insert user code here)
:
MOV      PCLATH_TEMP, W   ;Restore PCLATH
MOVWF    PCLATH           ;Move W into PCLATH
SWAPF    STATUS_TEMP,W   ;Swap STATUS_TEMP register into W
; (sets bank to original state)
MOVWF    STATUS           ;Move W into STATUS register
SWAPF    W_TEMP, F       ;Swap W_TEMP
SWAPF    W_TEMP, W       ;Swap W_TEMP into W
```

14.13 Watchdog Timer (WDT)

The Watchdog Timer is a free running, on-chip RC oscillator which does not require any external components. This RC oscillator is separate from the RC oscillator of the OSC1/CLKI pin. That means that the WDT will run even if the clock on the OSC1/CLKI and OSC2/CLKO pins of the device has been stopped, for example, by execution of a SLEEP instruction.

During normal operation, a WDT time-out generates a device Reset (Watchdog Timer Reset). If the device is in Sleep mode, a WDT time-out causes the device to wake-up and continue with normal operation (Watchdog Timer Wake-up). The \overline{TO} bit in the Status register will be cleared upon a Watchdog Timer time-out.

The WDT can be permanently disabled by clearing configuration bit, WDTE (Section 14.1 “Configuration Bits”).

WDT time-out period values may be found in Section 17.0 “Electrical Characteristics” under parameter #31. Values for the WDT prescaler (actually a postscaler but shared with the Timer0 prescaler) may be assigned using the OPTION_REG register.

Note 1: The CLRWDT and SLEEP instructions clear the WDT and the postscaler, if assigned to the WDT and prevent it from timing out and generating a device Reset condition.

2: When a CLRWDT instruction is executed and the prescaler is assigned to the WDT, the prescaler count will be cleared but the prescaler assignment is not changed.

FIGURE 14-11: WATCHDOG TIMER BLOCK DIAGRAM

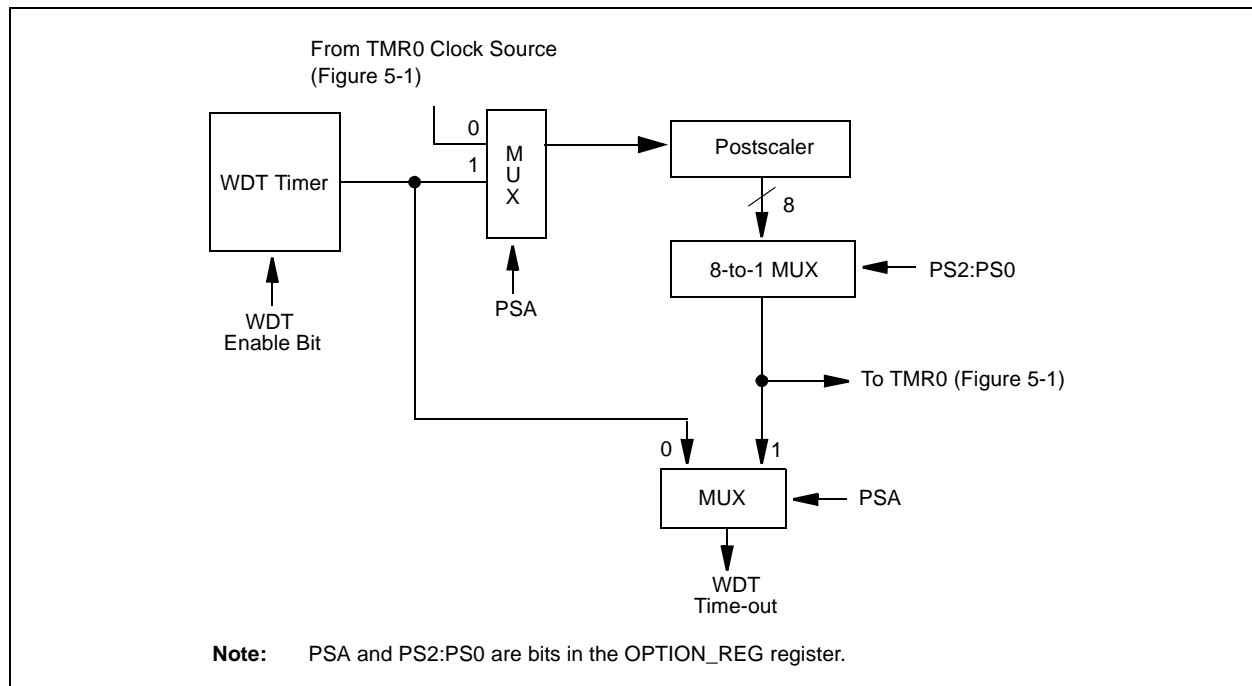


TABLE 14-7: SUMMARY OF WATCHDOG TIMER REGISTERS

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
2007h	Config. bits	(1)	BODEN ⁽¹⁾	CP1	CP0	\overline{PWRTE} ⁽¹⁾	WDTE	Fosc1	Fosc0
81h, 181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0

Legend: Shaded cells are not used by the Watchdog Timer.

Note 1: See Register 14-1 for operation of these bits.

PIC16F87XA

14.14 Power-down Mode (Sleep)

Power-down mode is entered by executing a `SLEEP` instruction.

If enabled, the Watchdog Timer will be cleared but keeps running, the `PD` bit (`Status<3>`) is cleared, the `TO` (`Status<4>`) bit is set and the oscillator driver is turned off. The I/O ports maintain the status they had before the `SLEEP` instruction was executed (driving high, low or high-impedance).

For lowest current consumption in this mode, place all I/O pins at either `VDD` or `VSS`, ensure no external circuitry is drawing current from the I/O pin, power-down the A/D and disable external clocks. Pull all I/O pins that are high-impedance inputs, high or low externally, to avoid switching currents caused by floating inputs. The `TOCK1` input should also be at `VDD` or `VSS` for lowest current consumption. The contribution from on-chip pull-ups on `PORTB` should also be considered.

The `MCLR` pin must be at a logic high level (`VIHMC`).

14.14.1 WAKE-UP FROM SLEEP

The device can wake-up from Sleep through one of the following events:

1. External Reset input on `MCLR` pin.
2. Watchdog Timer wake-up (if `WDT` was enabled).
3. Interrupt from `INT` pin, `RB` port change or peripheral interrupt.

External `MCLR` Reset will cause a device Reset. All other events are considered a continuation of program execution and cause a “wake-up”. The `TO` and `PD` bits in the Status register can be used to determine the cause of device Reset. The `PD` bit, which is set on power-up, is cleared when Sleep is invoked. The `TO` bit is cleared if a `WDT` time-out occurred and caused wake-up.

The following peripheral interrupts can wake the device from Sleep:

1. PSP read or write (PIC16F874/877 only).
2. `TMR1` interrupt. Timer1 must be operating as an asynchronous counter.
3. `CCP` Capture mode interrupt.
4. Special event trigger (Timer1 in Asynchronous mode using an external clock).
5. `SSP` (Start/Stop) bit detect interrupt.
6. `SSP` transmit or receive in Slave mode (`SPI/I2C`).
7. `USART` RX or TX (Synchronous Slave mode).
8. A/D conversion (when A/D clock source is RC).
9. `EEPROM` write operation completion.
10. Comparator output changes state.

Other peripherals cannot generate interrupts since during Sleep, no on-chip clocks are present.

When the `SLEEP` instruction is being executed, the next instruction (`PC + 1`) is prefetched. For the device to wake-up through an interrupt event, the corresponding interrupt enable bit must be set (enabled). Wake-up is regardless of the state of the `GIE` bit. If the `GIE` bit is clear (disabled), the device continues execution at the instruction after the `SLEEP` instruction. If the `GIE` bit is set (enabled), the device executes the instruction after the `SLEEP` instruction and then branches to the interrupt address (0004h). In cases where the execution of the instruction following `SLEEP` is not desirable, the user should have a `NOP` after the `SLEEP` instruction.

14.14.2 WAKE-UP USING INTERRUPTS

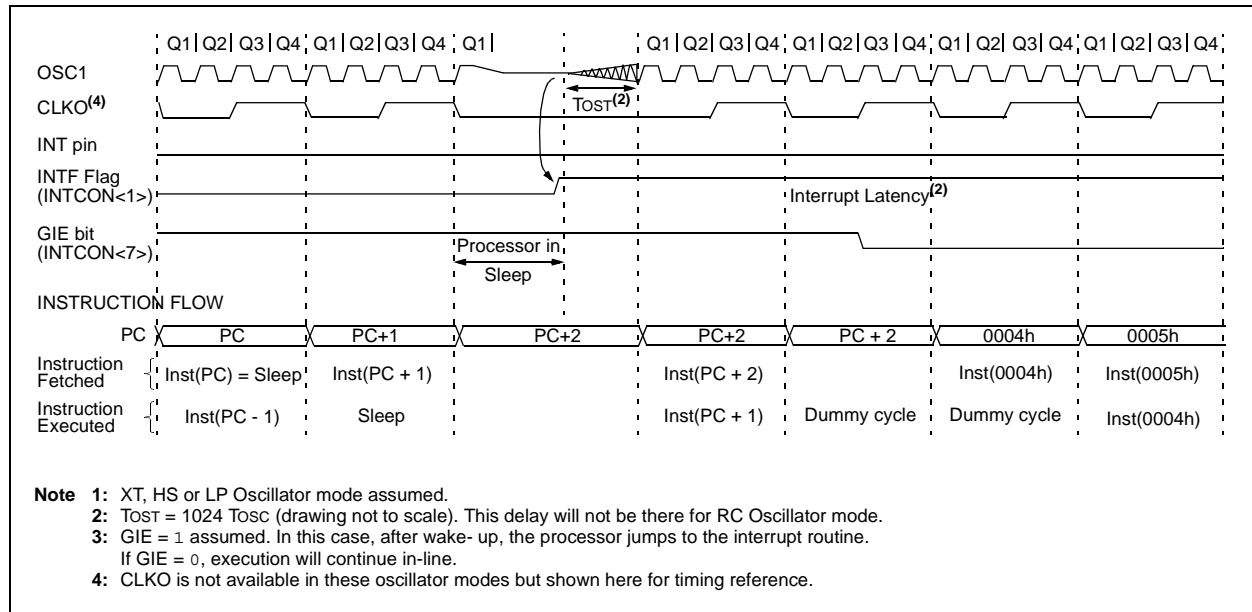
When global interrupts are disabled (`GIE` cleared) and any interrupt source has both its interrupt enable bit and interrupt flag bit set, one of the following will occur:

- If the interrupt occurs **before** the execution of a `SLEEP` instruction, the `SLEEP` instruction will complete as a `NOP`. Therefore, the `WDT` and `WDT` postscaler will not be cleared, the `TO` bit will not be set and `PD` bits will not be cleared.
- If the interrupt occurs **during or after** the execution of a `SLEEP` instruction, the device will immediately wake-up from Sleep. The `SLEEP` instruction will be completely executed before the wake-up. Therefore, the `WDT` and `WDT` postscaler will be cleared, the `TO` bit will be set and the `PD` bit will be cleared.

Even if the flag bits were checked before executing a `SLEEP` instruction, it may be possible for flag bits to become set before the `SLEEP` instruction completes. To determine whether a `SLEEP` instruction executed, test the `PD` bit. If the `PD` bit is set, the `SLEEP` instruction was executed as a `NOP`.

To ensure that the `WDT` is cleared, a `CLRWDT` instruction should be executed before a `SLEEP` instruction.

FIGURE 14-12: WAKE-UP FROM SLEEP THROUGH INTERRUPT



14.15 In-Circuit Debugger

When the DEBUG bit in the configuration word is programmed to a '0', the in-circuit debugger functionality is enabled. This function allows simple debugging functions when used with MPLAB® ICD. When the microcontroller has this feature enabled, some of the resources are not available for general use. Table 14-8 shows which features are consumed by the background debugger.

TABLE 14-8: DEBUGGER RESOURCES

I/O pins	RB6, RB7
Stack	1 level
Program Memory	Address 0000h must be NOP
	Last 100h words
Data Memory	0x070 (0x0F0, 0x170, 0x1F0) 0x1EB-0x1EF

To use the in-circuit debugger function of the microcontroller, the design must implement In-Circuit Serial Programming connections to MCLR/VPP, VDD, GND, RB7 and RB6. This will interface to the in-circuit debugger module available from Microchip or one of the third party development tool companies.

14.16 Program Verification/Code Protection

If the code protection bit(s) have not been programmed, the on-chip program memory can be read out for verification purposes.

14.17 ID Locations

Four memory locations (2000h-2003h) are designated as ID locations, where the user can store checksum or other code identification numbers. These locations are not accessible during normal execution but are readable and writable during program/verify. It is recommended that only the 4 Least Significant bits of the ID location are used.

PIC16F87XA

14.18 In-Circuit Serial Programming

PIC16F87XA microcontrollers can be serially programmed while in the end application circuit. This is simply done with two lines for clock and data and three other lines for power, ground and the programming voltage. This allows customers to manufacture boards with unprogrammed devices and then program the microcontroller just before shipping the product. This also allows the most recent firmware or a custom firmware to be programmed.

When using ICSP, the part must be supplied at 4.5V to 5.5V if a bulk erase will be executed. This includes reprogramming of the code-protect, both from an on state to an off state. For all other cases of ICSP, the part may be programmed at the normal operating voltages. This means calibration values, unique user IDs or user code can be reprogrammed or added.

For complete details of serial programming, please refer to the “PIC16F87XA Flash Memory Programming Specification” (DS39589).

14.19 Low-Voltage (Single-Supply) ICSP Programming

The LVP bit of the configuration word enables low-voltage ICSP programming. This mode allows the microcontroller to be programmed via ICSP using a VDD source in the operating voltage range. This only means that VPP does not have to be brought to VIH but can instead be left at the normal operating voltage. In this mode, the RB3/PGM pin is dedicated to the programming function and ceases to be a general purpose I/O pin. During programming, VDD is applied to the MCLR pin. To enter Programming mode, VDD must be applied to the RB3/PGM provided the LVP bit is set. The LVP bit defaults to on ('1') from the factory.

- Note 1:** The High-Voltage Programming mode is always available, regardless of the state of the LVP bit, by applying VIH to the MCLR pin.
- 2: While in Low-Voltage ICSP mode, the RB3 pin can no longer be used as a general purpose I/O pin.
 - 3: When using Low-Voltage ICSP Programming (LVP) and the pull-ups on PORTB are enabled, bit 3 in the TRISB register must be cleared to disable the pull-up on RB3 and ensure the proper operation of the device.
 - 4: RB3 should not be allowed to float if LVP is enabled. An external pull-down device should be used to default the device to normal operating mode. If RB3 floats high, the PIC16F87XA device will enter Programming mode.
 - 5: LVP mode is enabled by default on all devices shipped from Microchip. It can be disabled by clearing the LVP bit in the CONFIG register.
 - 6: Disabling LVP will provide maximum compatibility to other PIC16CXXX devices.

If Low-Voltage Programming mode is not used, the LVP bit can be programmed to a '0' and RB3/PGM becomes a digital I/O pin. However, the LVP bit may only be programmed when programming is entered with VIH on MCLR. The LVP bit can only be changed when using high voltage on MCLR.

It should be noted, that once the LVP bit is programmed to '0', only the High-Voltage Programming mode is available and only High-Voltage Programming mode can be used to program the device.

When using low-voltage ICSP, the part must be supplied at 4.5V to 5.5V if a bulk erase will be executed. This includes reprogramming of the code-protect bits from an on state to an off state. For all other cases of low-voltage ICSP, the part may be programmed at the normal operating voltage. This means calibration values, unique user IDs or user code can be reprogrammed or added.

15.0 INSTRUCTION SET SUMMARY

The PIC16 instruction set is highly orthogonal and is comprised of three basic categories:

- **Byte-oriented** operations
- **Bit-oriented** operations
- **Literal and control** operations

Each PIC16 instruction is a 14-bit word divided into an **opcode** which specifies the instruction type and one or more **operands** which further specify the operation of the instruction. The formats for each of the categories is presented in Figure 15-1, while the various opcode fields are summarized in Table 15-1.

Table 15-2 lists the instructions recognized by the MPASM™ Assembler. A complete description of each instruction is also available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

For **byte-oriented** instructions, 'f' represents a file register designator and 'd' represents a destination designator. The file register designator specifies which file register is to be used by the instruction.

The destination designator specifies where the result of the operation is to be placed. If 'd' is zero, the result is placed in the W register. If 'd' is one, the result is placed in the file register specified in the instruction.

For **bit-oriented** instructions, 'b' represents a bit field designator which selects the bit affected by the operation, while 'f' represents the address of the file in which the bit is located.

For **literal and control** operations, 'k' represents an eight or eleven-bit constant or literal value

One instruction cycle consists of four oscillator periods; for an oscillator frequency of 4 MHz, this gives a normal instruction execution time of 1 μs. All instructions are executed within a single instruction cycle, unless a conditional test is true, or the program counter is changed as a result of an instruction. When this occurs, the execution takes two instruction cycles with the second cycle executed as a NOP.

Note: To maintain upward compatibility with future PIC16F87XA products, do not use the `OPTION` and `TRIS` instructions.

All instruction examples use the format '0xhh' to represent a hexadecimal number, where 'h' signifies a hexadecimal digit.

15.1 READ-MODIFY-WRITE OPERATIONS

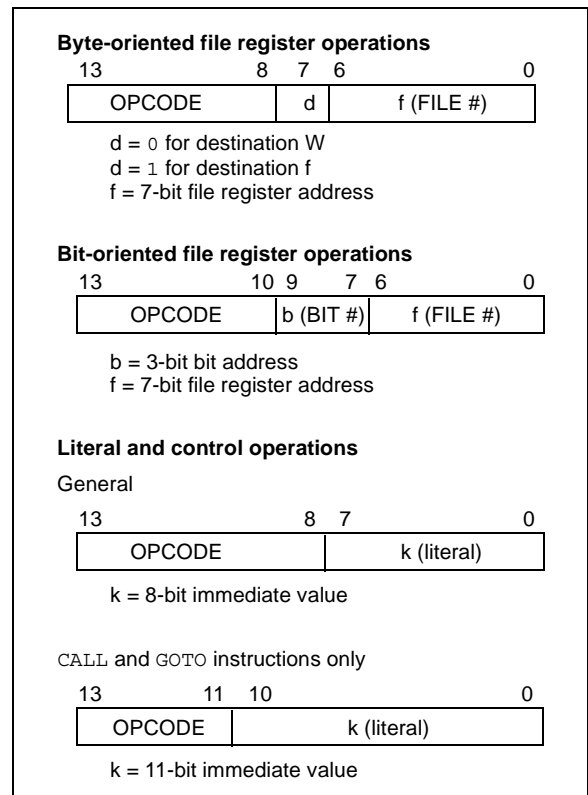
Any instruction that specifies a file register as part of the instruction performs a Read-Modify-Write (R-M-W) operation. The register is read, the data is modified, and the result is stored according to either the instruction or the destination designator 'd'. A read operation is performed on a register even if the instruction writes to that register.

For example, a "CLRF PORTB" instruction will read PORTB, clear all the data bits, then write the result back to PORTB. This example would have the unintended result that the condition that sets the RBIF flag would be cleared.

TABLE 15-1: OPCODE FIELD DESCRIPTIONS

Field	Description
f	Register file address (0x00 to 0x7F)
w	Working register (accumulator)
b	Bit address within an 8-bit file register
k	Literal field, constant data or label
x	Don't care location (= 0 or 1). The assembler will generate code with x = 0. It is the recommended form of use for compatibility with all Microchip software tools.
d	Destination select; d = 0: store result in W, d = 1: store result in file register f. Default is d = 1.
PC	Program Counter
TO	Time-out bit
PD	Power-down bit

FIGURE 15-1: GENERAL FORMAT FOR INSTRUCTIONS



PIC16F87XA

TABLE 15-2: PIC16F87XA INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode		Status Affected	Notes	
			MSb	LSb			
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101 dfff ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001 lfff ffff	Z	2
CLRW	-	Clear W	1	00	0001 0xxx xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001 dfff ffff	Z	1,2
DECf	f, d	Decrement f	1	00	0011 dfff ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011 dfff ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010 dfff ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111 dfff ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100 dfff ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000 dfff ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000 lfff ffff		
NOP	-	No Operation	1	00	0000 0xx0 0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101 dfff ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100 dfff ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010 dfff ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110 dfff ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110 dfff ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb bfff ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb bfff ffff		1,2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01	10bb bfff ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1(2)	01	11bb bfff ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS							
ADDLW	k	Add Literal and W	1	11	111x kkkk kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND Literal with W	1	11	1001 kkkk kkkk	Z	
CALL	k	Call Subroutine	2	10	0kkk kkkk kkkk		
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00	0000 0110 0100	$\overline{TO}, \overline{PD}$	
GOTO	k	Go to Address	2	10	1kkk kkkk kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR Literal with W	1	11	1000 kkkk kkkk	Z	
MOVLW	k	Move Literal to W	1	11	00xx kkkk kkkk		
RETFIE	-	Return from Interrupt	2	00	0000 0000 1001		
RETLW	k	Return with Literal in W	2	11	01xx kkkk kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00	0000 0000 1000		
SLEEP	-	Go into Standby mode	1	00	0000 0110 0011	$\overline{TO}, \overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from Literal	1	11	110x kkkk kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR Literal with W	1	11	1010 kkkk kkkk	Z	

- Note 1:** When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.
- 2:** If this instruction is executed on the TMR0 register (and where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 module.
- 3:** If Program Counter (PC) is modified, or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.

Note: Additional information on the mid-range instruction set is available in the PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

15.2 Instruction Descriptions

ADDLW **Add Literal and W**

Syntax: [*label*] ADDLW *k*

Operands: $0 \leq k \leq 255$

Operation: $(W) + k \rightarrow (W)$

Status Affected: C, DC, Z

Description: The contents of the W register are added to the eight-bit literal 'k' and the result is placed in the W register.

ADDWF **Add W and f**

Syntax: [*label*] ADDWF *f,d*

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: $(W) + (f) \rightarrow (\text{destination})$

Status Affected: C, DC, Z

Description: Add the contents of the W register with register 'f'. If 'd' is '0', the result is stored in the W register. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.

ANDLW **AND Literal with W**

Syntax: [*label*] ANDLW *k*

Operands: $0 \leq k \leq 255$

Operation: $(W) .\text{AND.} (k) \rightarrow (W)$

Status Affected: Z

Description: The contents of W register are AND'ed with the eight-bit literal 'k'. The result is placed in the W register.

ANDWF **AND W with f**

Syntax: [*label*] ANDWF *f,d*

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: $(W) .\text{AND.} (f) \rightarrow (\text{destination})$

Status Affected: Z

Description: AND the W register with register 'f'. If 'd' is '0', the result is stored in the W register. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.

BCF **Bit Clear f**

Syntax: [*label*] BCF *f,b*

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b \leq 7$

Operation: $0 \rightarrow (f)$

Status Affected: None

Description: Bit 'b' in register 'f' is cleared.

BSF **Bit Set f**

Syntax: [*label*] BSF *f,b*

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b \leq 7$

Operation: $1 \rightarrow (f)$

Status Affected: None

Description: Bit 'b' in register 'f' is set.

BTFSF **Bit Test f, Skip if Set**

Syntax: [*label*] BTFSF *f,b*

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b < 7$

Operation: skip if $(f) = 1$

Status Affected: None

Description: If bit 'b' in register 'f' is '0', the next instruction is executed. If bit 'b' is '1', then the next instruction is discarded and a NOP is executed instead, making this a 2 Tcy instruction.

BTFSF **Bit Test, Skip if Clear**

Syntax: [*label*] BTFSF *f,b*

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $0 \leq b \leq 7$

Operation: skip if $(f) = 0$

Status Affected: None

Description: If bit 'b' in register 'f' is '1', the next instruction is executed. If bit 'b' in register 'f' is '0', the next instruction is discarded and a NOP is executed instead, making this a 2 Tcy instruction.

PIC16F87XA

CALL **Call Subroutine**

Syntax: [*label*] CALL k
Operands: $0 \leq k \leq 2047$
Operation: (PC)+1 → TOS,
 k → PC<10:0>,
 (PCLATH<4:3>) → PC<12:11>
Status Affected: None
Description: Call Subroutine. First, return address (PC+1) is pushed onto the stack. The eleven-bit immediate address is loaded into PC bits <10:0>. The upper bits of the PC are loaded from PCLATH. CALL is a two-cycle instruction.

CLRWDT **Clear Watchdog Timer**

Syntax: [*label*] CLRWDT
Operands: None
Operation: 00h → WDT
 0 → WDT prescaler,
 1 → \overline{TO}
 1 → \overline{PD}
Status Affected: \overline{TO} , \overline{PD}
Description: CLRWDT instruction resets the Watchdog Timer. It also resets the prescaler of the WDT. Status bits, \overline{TO} and \overline{PD} , are set.

CLRF **Clear f**

Syntax: [*label*] CLRF f
Operands: $0 \leq f \leq 127$
Operation: 00h → (f)
 1 → Z
Status Affected: Z
Description: The contents of register 'f' are cleared and the Z bit is set.

COMF **Complement f**

Syntax: [*label*] COMF f,d
Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
Operation: (\bar{f}) → (destination)
Status Affected: Z
Description: The contents of register 'f' are complemented. If 'd' is '0', the result is stored in W. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.

CLRW **Clear W**

Syntax: [*label*] CLRW
Operands: None
Operation: 00h → (W)
 1 → Z
Status Affected: Z
Description: W register is cleared. Zero bit (Z) is set.

DECF **Decrement f**

Syntax: [*label*] DECF f,d
Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
Operation: (f) - 1 → (destination)
Status Affected: Z
Description: Decrement register 'f'. If 'd' is '0', the result is stored in the W register. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.

DECFSZ Decrement f, Skip if 0

Syntax: [*label*] DECFSZ f,d

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: $(f) - 1 \rightarrow (\text{destination});$
skip if result = 0

Status Affected: None

Description: The contents of register 'f' are decremented. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is placed back in register 'f'.
If the result is '1', the next instruction is executed. If the result is '0', then a NOP is executed instead, making it a 2 Tcy instruction.

INCFSZ Increment f, Skip if 0

Syntax: [*label*] INCFSZ f,d

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: $(f) + 1 \rightarrow (\text{destination});$
skip if result = 0

Status Affected: None

Description: The contents of register 'f' are incremented. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is placed back in register 'f'.
If the result is '1', the next instruction is executed. If the result is '0', a NOP is executed instead, making it a 2 Tcy instruction.

GOTO Unconditional Branch

Syntax: [*label*] GOTO k

Operands: $0 \leq k \leq 2047$

Operation: $k \rightarrow \text{PC}\langle 10:0 \rangle$
 $\text{PCLATH}\langle 4:3 \rangle \rightarrow \text{PC}\langle 12:11 \rangle$

Status Affected: None

Description: GOTO is an unconditional branch. The eleven-bit immediate value is loaded into PC bits $\langle 10:0 \rangle$. The upper bits of PC are loaded from PCLATH $\langle 4:3 \rangle$. GOTO is a two-cycle instruction.

IORLW Inclusive OR Literal with W

Syntax: [*label*] IORLW k

Operands: $0 \leq k \leq 255$

Operation: $(W) .OR. k \rightarrow (W)$

Status Affected: Z

Description: The contents of the W register are OR'ed with the eight-bit literal 'k'. The result is placed in the W register.

INCF Increment f

Syntax: [*label*] INCF f,d

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: $(f) + 1 \rightarrow (\text{destination})$

Status Affected: Z

Description: The contents of register 'f' are incremented. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is placed back in register 'f'.

IORWF Inclusive OR W with f

Syntax: [*label*] IORWF f,d

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: $(W) .OR. (f) \rightarrow (\text{destination})$

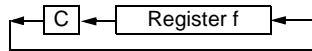
Status Affected: Z

Description: Inclusive OR the W register with register 'f'. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is placed back in register 'f'.

PIC16F87XA

RLF **Rotate Left f through Carry**

Syntax: [*label*] RLF f,d
Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
Operation: See description below
Status Affected: C
Description: The contents of register 'f' are rotated one bit to the left through the Carry flag. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.



SLEEP

Syntax: [*label*] SLEEP
Operands: None
Operation: 00h → WDT,
 0 → WDT prescaler,
 1 → \overline{TO} ,
 0 → \overline{PD}
Status Affected: \overline{TO} , \overline{PD}
Description: The power-down status bit, \overline{PD} , is cleared. Time-out status bit, \overline{TO} , is set. Watchdog Timer and its prescaler are cleared. The processor is put into Sleep mode with the oscillator stopped.

RETURN **Return from Subroutine**

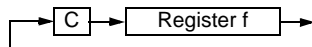
Syntax: [*label*] RETURN
Operands: None
Operation: TOS → PC
Status Affected: None
Description: Return from subroutine. The stack is POPed and the top of the stack (TOS) is loaded into the program counter. This is a two-cycle instruction.

SUBLW **Subtract W from Literal**

Syntax: [*label*] SUBLW k
Operands: $0 \leq k \leq 255$
Operation: $k - (W) \rightarrow (W)$
Status Affected: C, DC, Z
Description: The W register is subtracted (2's complement method) from the eight-bit literal 'k'. The result is placed in the W register.

RRF **Rotate Right f through Carry**

Syntax: [*label*] RRF f,d
Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
Operation: See description below
Status Affected: C
Description: The contents of register 'f' are rotated one bit to the right through the Carry flag. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is placed back in register 'f'.



SUBWF **Subtract W from f**

Syntax: [*label*] SUBWF f,d
Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$
Operation: $(f) - (W) \rightarrow (\text{destination})$
Status Affected: C, DC, Z
Description: Subtract (2's complement method) W register from register 'f'. If 'd' is '0', the result is stored in the W register. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.

SWAPF **Swap Nibbles in f**

Syntax: [*label*] SWAPF f,d

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: ($f\langle 3:0 \rangle$) \rightarrow (destination $\langle 7:4 \rangle$),
 ($f\langle 7:4 \rangle$) \rightarrow (destination $\langle 3:0 \rangle$)

Status Affected: None

Description: The upper and lower nibbles of register 'f' are exchanged. If 'd' is '0', the result is placed in the W register. If 'd' is '1', the result is placed in register 'f'.

XORWF **Exclusive OR W with f**

Syntax: [*label*] XORWF f,d

Operands: $0 \leq f \leq 127$
 $d \in [0,1]$

Operation: (W) .XOR. (f) \rightarrow (destination)

Status Affected: Z

Description: Exclusive OR the contents of the W register with register 'f'. If 'd' is '0', the result is stored in the W register. If 'd' is '1', the result is stored back in register 'f'.

XORLW **Exclusive OR Literal with W**

Syntax: [*label*] XORLW k

Operands: $0 \leq k \leq 255$

Operation: (W) .XOR. k \rightarrow (W)

Status Affected: Z

Description: The contents of the W register are XOR'ed with the eight-bit literal 'k'. The result is placed in the W register.

PIC16F87XA

NOTES:

16.0 DEVELOPMENT SUPPORT

The PICmicro® microcontrollers are supported with a full range of hardware and software development tools:

- Integrated Development Environment
 - MPLAB® IDE Software
- Assemblers/Compilers/Linkers
 - MPASM™ Assembler
 - MPLAB C17 and MPLAB C18 C Compilers
 - MPLINK™ Object Linker/
MPLIB™ Object Librarian
 - MPLAB C30 C Compiler
 - MPLAB ASM30 Assembler/Linker/Library
- Simulators
 - MPLAB SIM Software Simulator
 - MPLAB dsPIC30 Software Simulator
- Emulators
 - MPLAB ICE 2000 In-Circuit Emulator
 - MPLAB ICE 4000 In-Circuit Emulator
- In-Circuit Debugger
 - MPLAB ICD 2
- Device Programmers
 - PRO MATE® II Universal Device Programmer
 - PICSTART® Plus Development Programmer
- Low Cost Demonstration Boards
 - PICDEM™ 1 Demonstration Board
 - PICDEM.net™ Demonstration Board
 - PICDEM 2 Plus Demonstration Board
 - PICDEM 3 Demonstration Board
 - PICDEM 4 Demonstration Board
 - PICDEM 17 Demonstration Board
 - PICDEM 18R Demonstration Board
 - PICDEM LIN Demonstration Board
 - PICDEM USB Demonstration Board
- Evaluation Kits
 - KEELOQ®
 - PICDEM MSC
 - microID®
 - CAN
 - PowerSmart®
 - Analog

16.1 MPLAB Integrated Development Environment Software

The MPLAB IDE software brings an ease of software development previously unseen in the 8/16-bit microcontroller market. The MPLAB IDE is a Windows® based application that contains:

- An interface to debugging tools
 - simulator
 - programmer (sold separately)
 - emulator (sold separately)
 - in-circuit debugger (sold separately)
- A full-featured editor with color coded context
- A multiple project manager
- Customizable data windows with direct edit of contents
- High level source code debugging
- Mouse over variable inspection
- Extensive on-line help

The MPLAB IDE allows you to:

- Edit your source files (either assembly or C)
- One touch assemble (or compile) and download to PICmicro emulator and simulator tools (automatically updates all project information)
- Debug using:
 - source files (assembly or C)
 - absolute listing file (mixed assembly and C)
 - machine code

MPLAB IDE supports multiple debugging tools in a single development paradigm, from the cost effective simulators, through low cost in-circuit debuggers, to full-featured emulators. This eliminates the learning curve when upgrading to tools with increasing flexibility and power.

16.2 MPASM Assembler

The MPASM assembler is a full-featured, universal macro assembler for all PICmicro MCUs.

The MPASM assembler generates relocatable object files for the MPLINK object linker, Intel® standard HEX files, MAP files to detail memory usage and symbol reference, absolute LST files that contain source lines and generated machine code and COFF files for debugging.

The MPASM assembler features include:

- Integration into MPLAB IDE projects
- User defined macros to streamline assembly code
- Conditional assembly for multi-purpose source files
- Directives that allow complete control over the assembly process

PIC16F87XA

16.3 MPLAB C17 and MPLAB C18 C Compilers

The MPLAB C17 and MPLAB C18 Code Development Systems are complete ANSI C compilers for Microchip's PIC17CXXX and PIC18CXXX family of microcontrollers. These compilers provide powerful integration capabilities, superior code optimization and ease of use not found with other compilers.

For easy source level debugging, the compilers provide symbol information that is optimized to the MPLAB IDE debugger.

16.4 MPLINK Object Linker/ MPLIB Object Librarian

The MPLINK object linker combines relocatable objects created by the MPASM assembler and the MPLAB C17 and MPLAB C18 C compilers. It can link relocatable objects from precompiled libraries, using directives from a linker script.

The MPLIB object librarian manages the creation and modification of library files of pre-compiled code. When a routine from a library is called from a source file, only the modules that contain that routine will be linked in with the application. This allows large libraries to be used efficiently in many different applications.

The object linker/librarian features include:

- Efficient linking of single libraries instead of many smaller files
- Enhanced code maintainability by grouping related modules together
- Flexible creation of libraries with easy module listing, replacement, deletion and extraction

16.5 MPLAB C30 C Compiler

The MPLAB C30 C compiler is a full-featured, ANSI compliant, optimizing compiler that translates standard ANSI C programs into dsPIC30F assembly language source. The compiler also supports many command-line options and language extensions to take full advantage of the dsPIC30F device hardware capabilities, and afford fine control of the compiler code generator.

MPLAB C30 is distributed with a complete ANSI C standard library. All library functions have been validated and conform to the ANSI C library standard. The library includes functions for string manipulation, dynamic memory allocation, data conversion, time-keeping, and math functions (trigonometric, exponential and hyperbolic). The compiler provides symbolic information for high level source debugging with the MPLAB IDE.

16.6 MPLAB ASM30 Assembler, Linker, and Librarian

MPLAB ASM30 assembler produces relocatable machine code from symbolic assembly language for dsPIC30F devices. MPLAB C30 compiler uses the assembler to produce its object file. The assembler generates relocatable object files that can then be archived or linked with other relocatable object files and archives to create an executable file. Notable features of the assembler include:

- Support for the entire dsPIC30F instruction set
- Support for fixed-point and floating-point data
- Command line interface
- Rich directive set
- Flexible macro language
- MPLAB IDE compatibility

16.7 MPLAB SIM Software Simulator

The MPLAB SIM software simulator allows code development in a PC hosted environment by simulating the PICmicro series microcontrollers on an instruction level. On any given instruction, the data areas can be examined or modified and stimuli can be applied from a file, or user defined key press, to any pin. The execution can be performed in Single-Step, Execute Until Break, or Trace mode.

The MPLAB SIM simulator fully supports symbolic debugging using the MPLAB C17 and MPLAB C18 C Compilers, as well as the MPASM assembler. The software simulator offers the flexibility to develop and debug code outside of the laboratory environment, making it an excellent, economical software development tool.

16.8 MPLAB SIM30 Software Simulator

The MPLAB SIM30 software simulator allows code development in a PC hosted environment by simulating the dsPIC30F series microcontrollers on an instruction level. On any given instruction, the data areas can be examined or modified and stimuli can be applied from a file, or user defined key press, to any of the pins.

The MPLAB SIM30 simulator fully supports symbolic debugging using the MPLAB C30 C Compiler and MPLAB ASM30 assembler. The simulator runs in either a Command Line mode for automated tasks, or from MPLAB IDE. This high speed simulator is designed to debug, analyze and optimize time intensive DSP routines.

16.9 MPLAB ICE 2000 High Performance Universal In-Circuit Emulator

The MPLAB ICE 2000 universal in-circuit emulator is intended to provide the product development engineer with a complete microcontroller design tool set for PICmicro microcontrollers. Software control of the MPLAB ICE 2000 in-circuit emulator is advanced by the MPLAB Integrated Development Environment, which allows editing, building, downloading and source debugging from a single environment.

The MPLAB ICE 2000 is a full-featured emulator system with enhanced trace, trigger and data monitoring features. Interchangeable processor modules allow the system to be easily reconfigured for emulation of different processors. The universal architecture of the MPLAB ICE in-circuit emulator allows expansion to support new PICmicro microcontrollers.

The MPLAB ICE 2000 in-circuit emulator system has been designed as a real-time emulation system with advanced features that are typically found on more expensive development tools. The PC platform and Microsoft® Windows 32-bit operating system were chosen to best make these features available in a simple, unified application.

16.10 MPLAB ICE 4000 High Performance Universal In-Circuit Emulator

The MPLAB ICE 4000 universal in-circuit emulator is intended to provide the product development engineer with a complete microcontroller design tool set for high-end PICmicro microcontrollers. Software control of the MPLAB ICE in-circuit emulator is provided by the MPLAB Integrated Development Environment, which allows editing, building, downloading and source debugging from a single environment.

The MPLAB ICE 4000 is a premium emulator system, providing the features of MPLAB ICE 2000, but with increased emulation memory and high speed performance for dsPIC30F and PIC18XXXX devices. Its advanced emulator features include complex triggering and timing, up to 2 Mb of emulation memory, and the ability to view variables in real-time.

The MPLAB ICE 4000 in-circuit emulator system has been designed as a real-time emulation system with advanced features that are typically found on more expensive development tools. The PC platform and Microsoft Windows 32-bit operating system were chosen to best make these features available in a simple, unified application.

16.11 MPLAB ICD 2 In-Circuit Debugger

Microchip's In-Circuit Debugger, MPLAB ICD 2, is a powerful, low-cost, run-time development tool, connecting to the host PC via an RS-232 or high-speed USB interface. This tool is based on the Flash PICmicro MCUs and can be used to develop for these and other PICmicro microcontrollers. The MPLAB ICD 2 utilizes the in-circuit debugging capability built into the Flash devices. This feature, along with Microchip's In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) protocol, offers cost effective in-circuit Flash debugging from the graphical user interface of the MPLAB Integrated Development Environment. This enables a designer to develop and debug source code by setting breakpoints, single-stepping and watching variables, CPU status and peripheral registers. Running at full speed enables testing hardware and applications in real-time. MPLAB ICD 2 also serves as a development programmer for selected PICmicro devices.

16.12 PRO MATE II Universal Device Programmer

The PRO MATE II is a universal, CE compliant device programmer with programmable voltage verification at VDDMIN and VDDMAX for maximum reliability. It features an LCD display for instructions and error messages and a modular detachable socket assembly to support various package types. In Stand-Alone mode, the PRO MATE II device programmer can read, verify, and program PICmicro devices without a PC connection. It can also set code protection in this mode.

16.13 PICSTART Plus Development Programmer

The PICSTART Plus development programmer is an easy-to-use, low-cost, prototype programmer. It connects to the PC via a COM (RS-232) port. MPLAB Integrated Development Environment software makes using the programmer simple and efficient. The PICSTART Plus development programmer supports most PICmicro devices up to 40 pins. Larger pin count devices, such as the PIC16C92X and PIC17C76X, may be supported with an adapter socket. The PICSTART Plus development programmer is CE compliant.

PIC16F87XA

16.14 PICDEM 1 PICmicro Demonstration Board

The PICDEM 1 demonstration board demonstrates the capabilities of the PIC16C5X (PIC16C54 to PIC16C58A), PIC16C61, PIC16C62X, PIC16C71, PIC16C8X, PIC17C42, PIC17C43 and PIC17C44. All necessary hardware and software is included to run basic demo programs. The sample microcontrollers provided with the PICDEM 1 demonstration board can be programmed with a PRO MATE II device programmer, or a PICSTART Plus development programmer. The PICDEM 1 demonstration board can be connected to the MPLAB ICE in-circuit emulator for testing. A prototype area extends the circuitry for additional application components. Features include an RS-232 interface, a potentiometer for simulated analog input, push button switches and eight LEDs.

16.15 PICDEM.net Internet/Ethernet Demonstration Board

The PICDEM.net demonstration board is an Internet/Ethernet demonstration board using the PIC18F452 microcontroller and TCP/IP firmware. The board supports any 40-pin DIP device that conforms to the standard pinout used by the PIC16F877 or PIC18C452. This kit features a user friendly TCP/IP stack, web server with HTML, a 24L256 Serial EEPROM for Xmodem download to web pages into Serial EEPROM, ICSP/MPLAB ICD 2 interface connector, an Ethernet interface, RS-232 interface, and a 16 x 2 LCD display. Also included is the book and CD-ROM *"TCP/IP Lean, Web Servers for Embedded Systems,"* by Jeremy Bentham.

16.16 PICDEM 2 Plus Demonstration Board

The PICDEM 2 Plus demonstration board supports many 18-, 28-, and 40-pin microcontrollers, including PIC16F87X and PIC18FXX2 devices. All the necessary hardware and software is included to run the demonstration programs. The sample microcontrollers provided with the PICDEM 2 demonstration board can be programmed with a PRO MATE II device programmer, PICSTART Plus development programmer, or MPLAB ICD 2 with a Universal Programmer Adapter. The MPLAB ICD 2 and MPLAB ICE in-circuit emulators may also be used with the PICDEM 2 demonstration board to test firmware. A prototype area extends the circuitry for additional application components. Some of the features include an RS-232 interface, a 2 x 16 LCD display, a piezo speaker, an on-board temperature sensor, four LEDs, and sample PIC18F452 and PIC16F877 Flash microcontrollers.

16.17 PICDEM 3 PIC16C92X Demonstration Board

The PICDEM 3 demonstration board supports the PIC16C923 and PIC16C924 in the PLCC package. All the necessary hardware and software is included to run the demonstration programs.

16.18 PICDEM 4 8/14/18-Pin Demonstration Board

The PICDEM 4 can be used to demonstrate the capabilities of the 8, 14, and 18-pin PIC16XXXX and PIC18XXXX MCUs, including the PIC16F818/819, PIC16F87/88, PIC16F62XA and the PIC18F1320 family of microcontrollers. PICDEM 4 is intended to showcase the many features of these low pin count parts, including LIN and Motor Control using ECCP. Special provisions are made for low power operation with the supercapacitor circuit, and jumpers allow on-board hardware to be disabled to eliminate current draw in this mode. Included on the demo board are provisions for Crystal, RC or Canned Oscillator modes, a five volt regulator for use with a nine volt wall adapter or battery, DB-9 RS-232 interface, ICD connector for programming via ICSP and development with MPLAB ICD 2, 2x16 liquid crystal display, PCB footprints for H-Bridge motor driver, LIN transceiver and EEPROM. Also included are: header for expansion, eight LEDs, four potentiometers, three push buttons and a prototyping area. Included with the kit is a PIC16F627A and a PIC18F1320. Tutorial firmware is included along with the User's Guide.

16.19 PICDEM 17 Demonstration Board

The PICDEM 17 demonstration board is an evaluation board that demonstrates the capabilities of several Microchip microcontrollers, including PIC17C752, PIC17C756A, PIC17C762 and PIC17C766. A programmed sample is included. The PRO MATE II device programmer, or the PICSTART Plus development programmer, can be used to reprogram the device for user tailored application development. The PICDEM 17 demonstration board supports program download and execution from external on-board Flash memory. A generous prototype area is available for user hardware expansion.

16.20 PICDEM 18R PIC18C601/801 Demonstration Board

The PICDEM 18R demonstration board serves to assist development of the PIC18C601/801 family of Microchip microcontrollers. It provides hardware implementation of both 8-bit Multiplexed/Demultiplexed and 16-bit Memory modes. The board includes 2 Mb external Flash memory and 128 Kb SRAM memory, as well as serial EEPROM, allowing access to the wide range of memory types supported by the PIC18C601/801.

16.21 PICDEM LIN PIC16C43X Demonstration Board

The powerful LIN hardware and software kit includes a series of boards and three PICmicro microcontrollers. The small footprint PIC16C432 and PIC16C433 are used as slaves in the LIN communication and feature on-board LIN transceivers. A PIC16F874 Flash microcontroller serves as the master. All three microcontrollers are programmed with firmware to provide LIN bus communication.

16.22 PICkit™ 1 Flash Starter Kit

A complete “development system in a box”, the PICkit Flash Starter Kit includes a convenient multi-section board for programming, evaluation and development of 8/14-pin Flash PIC® microcontrollers. Powered via USB, the board operates under a simple Windows GUI. The PICkit 1 Starter Kit includes the user's guide (on CD ROM), PICkit 1 tutorial software and code for various applications. Also included are MPLAB® IDE (Integrated Development Environment) software, software and hardware “Tips 'n Tricks for 8-pin Flash PIC® Microcontrollers” Handbook and a USB Interface Cable. Supports all current 8/14-pin Flash PIC microcontrollers, as well as many future planned devices.

16.23 PICDEM USB PIC16C7X5 Demonstration Board

The PICDEM USB Demonstration Board shows off the capabilities of the PIC16C745 and PIC16C765 USB microcontrollers. This board provides the basis for future USB products.

16.24 Evaluation and Programming Tools

In addition to the PICDEM series of circuits, Microchip has a line of evaluation kits and demonstration software for these products.

- KEELOQ evaluation and programming tools for Microchip's HCS Secure Data Products
- CAN developers kit for automotive network applications
- Analog design boards and filter design software
- PowerSmart battery charging evaluation/calibration kits
- IrDA® development kit
- microID development and rLab™ development software
- SEEVAL® designer kit for memory evaluation and endurance calculations
- PICDEM MSC demo boards for Switching mode power supply, high power IR driver, delta sigma ADC, and flow rate sensor

Check the Microchip web page and the latest Product Line Card for the complete list of demonstration and evaluation kits.

PIC16F87XA

NOTES:

17.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias	-55 to +125°C
Storage temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to VSS (except VDD, $\overline{\text{MCLR}}$, and RA4)	-0.3V to (VDD + 0.3V)
Voltage on VDD with respect to VSS	-0.3 to +7.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to VSS (Note 2)	0 to +14V
Voltage on RA4 with respect to Vss	0 to +8.5V
Total power dissipation (Note 1)	1.0W
Maximum current out of VSS pin	300 mA
Maximum current into VDD pin	250 mA
Input clamp current, I _{IK} (V _I < 0 or V _I > V _{DD})	± 20 mA
Output clamp current, I _{OK} (V _O < 0 or V _O > V _{DD})	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3)	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows: $P_{dis} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

2: Voltage spikes below VSS at the $\overline{\text{MCLR}}$ pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a “low” level to the $\overline{\text{MCLR}}$ pin rather than pulling this pin directly to VSS.

3: PORTD and PORTE are not implemented on PIC16F873A/876A devices.

† NOTICE: Stresses above those listed under “Absolute Maximum Ratings” may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

PIC16F87XA

FIGURE 17-1: PIC16F87XA VOLTAGE-FREQUENCY GRAPH (INDUSTRIAL, EXTENDED)

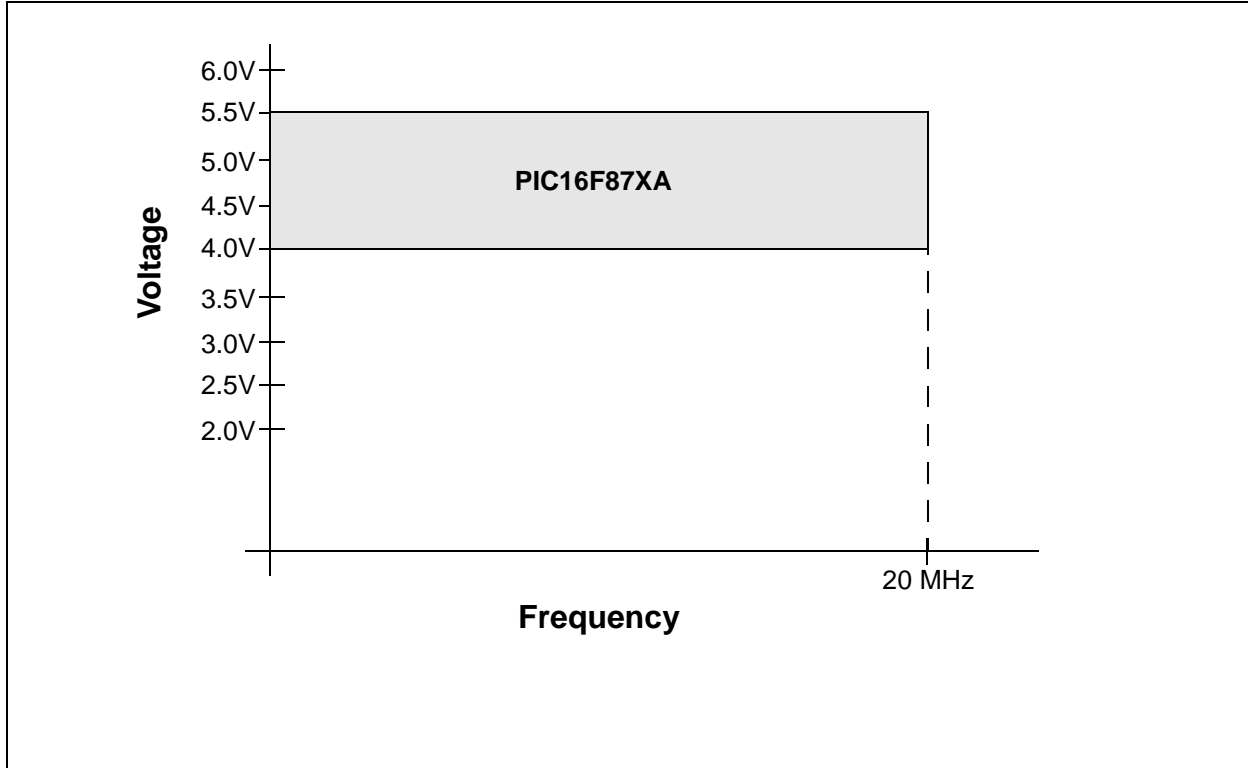
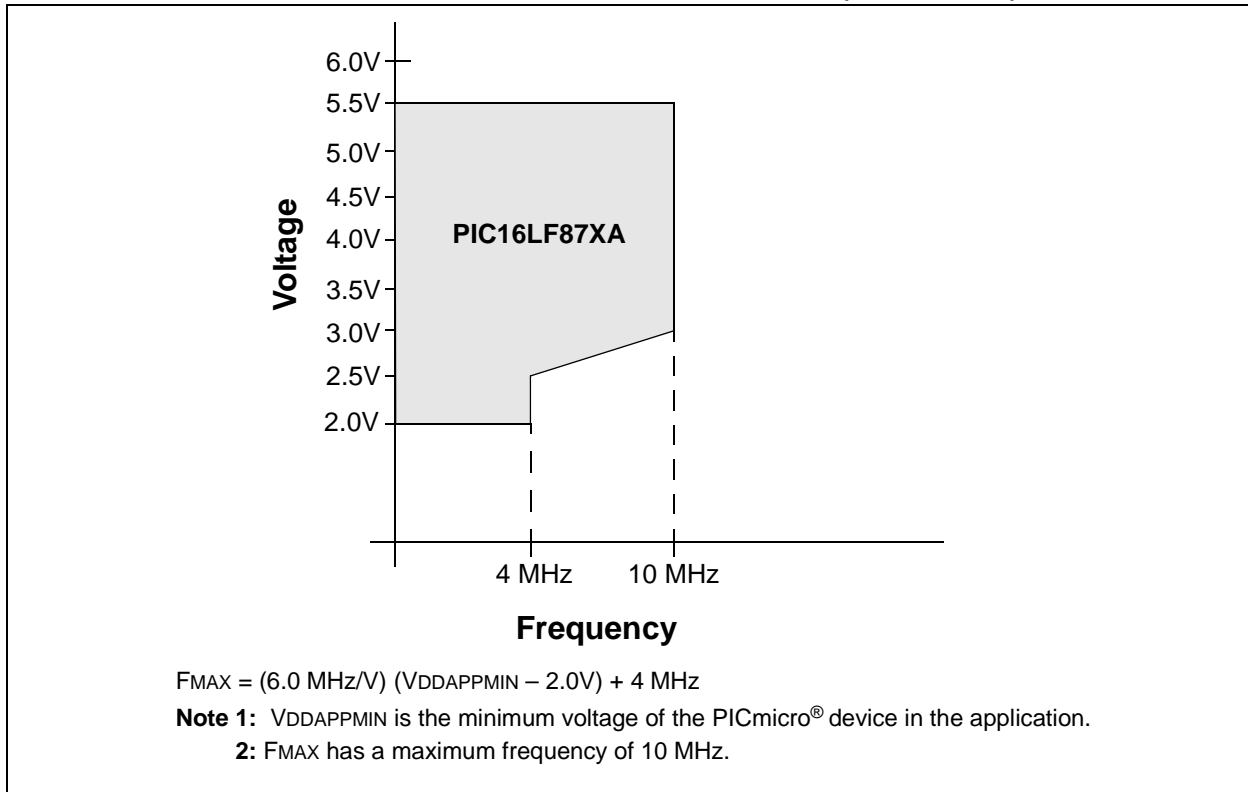


FIGURE 17-2: PIC16LF87XA VOLTAGE-FREQUENCY GRAPH (INDUSTRIAL)



17.1 DC Characteristics: PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended) PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial)

PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial)		Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial					
PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended)		Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended					
Param No.	Symbol	Characteristic/ Device	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D001	V _{DD}	Supply Voltage					
		16LF87XA	2.0	—	5.5	V	All configurations (DC to 10 MHz)
D001 D001A		16F87XA	4.0 V _{BOR}	—	5.5 5.5	V V	All configurations BOR enabled, F _{MAX} = 14 MHz ⁽⁷⁾
D002	V _{DR}	RAM Data Retention Voltage⁽¹⁾	—	1.5	—	V	
D003	V _{POR}	V_{DD} Start Voltage to ensure internal Power-on Reset signal	—	V _{SS}	—	V	See Section 14.5 “Power-on Reset (POR)” for details
D004	S _{VDD}	V_{DD} Rise Rate to ensure internal Power-on Reset signal	0.05	—	—	V/ms	See Section 14.5 “Power-on Reset (POR)” for details
D005	V _{BOR}	Brown-out Reset Voltage	3.65	4.0	4.35	V	BODEN bit in configuration word enabled

Legend: Rows with standard voltage device data only are shaded for improved readability.

† Data in “Typ” column is at 5V, 25°C, unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: This is the limit to which V_{DD} can be lowered without losing RAM data.

2: The supply current is mainly a function of the operating voltage and frequency. Other factors, such as I/O pin loading, switching rate, oscillator type, internal code execution pattern and temperature, also have an impact on the current consumption.

The test conditions for all I_{DD} measurements in active operation mode are:

OSC1 = external square wave, from rail-to-rail; all I/O pins tri-stated, pulled to V_{DD};
MCLR = V_{DD}; WDT enabled/disabled as specified.

3: The power-down current in Sleep mode does not depend on the oscillator type. Power-down current is measured with the part in Sleep mode, with all I/O pins in high-impedance state and tied to V_{DD} and V_{SS}.

4: For RC osc configuration, current through R_{EXT} is not included. The current through the resistor can be estimated by the formula $I_r = V_{DD}/2R_{EXT}$ (mA) with R_{EXT} in kΩ.

5: Timer1 oscillator (when enabled) adds approximately 20 μA to the specification. This value is from characterization and is for design guidance only. This is not tested.

6: The Δ current is the additional current consumed when this peripheral is enabled. This current should be added to the base I_{DD} or I_{PD} measurement.

7: When BOR is enabled, the device will operate correctly until the V_{BOR} voltage trip point is reached.

PIC16F87XA

17.1 DC Characteristics: PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended) PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial) (Continued)

PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial)		Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial					
PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended)		Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended					
Param No.	Symbol	Characteristic/ Device	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D010	IDD	Supply Current^(2,5)					
		16LF87XA	—	0.6	2.0	mA	XT, RC osc configurations, FOSC = 4 MHz, VDD = 3.0V
D010		16F87XA	—	1.6	4	mA	XT, RC osc configurations, FOSC = 4 MHz, VDD = 5.5V
D010A		16LF87XA	—	20	35	μA	LP osc configuration, FOSC = 32 kHz, VDD = 3.0V, WDT disabled
D013		16F87XA	—	7	15	mA	HS osc configuration, FOSC = 20 MHz, VDD = 5.5V
D015	ΔIBOR	Brown-out Reset Current⁽⁶⁾	—	85	200	μA	BOR enabled, VDD = 5.0V

Legend: Rows with standard voltage device data only are shaded for improved readability.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C, unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: This is the limit to which VDD can be lowered without losing RAM data.

2: The supply current is mainly a function of the operating voltage and frequency. Other factors, such as I/O pin loading, switching rate, oscillator type, internal code execution pattern and temperature, also have an impact on the current consumption.

The test conditions for all IDD measurements in active operation mode are:

OSC1 = external square wave, from rail-to-rail; all I/O pins tri-stated, pulled to VDD;

MCLR = VDD; WDT enabled/disabled as specified.

3: The power-down current in Sleep mode does not depend on the oscillator type. Power-down current is measured with the part in Sleep mode, with all I/O pins in high-impedance state and tied to VDD and VSS.

4: For RC osc configuration, current through REXT is not included. The current through the resistor can be estimated by the formula $I_r = V_{DD}/2R_{EXT}$ (mA) with REXT in kΩ.

5: Timer1 oscillator (when enabled) adds approximately 20 μA to the specification. This value is from characterization and is for design guidance only. This is not tested.

6: The Δ current is the additional current consumed when this peripheral is enabled. This current should be added to the base IDD or IPD measurement.

7: When BOR is enabled, the device will operate correctly until the VBOR voltage trip point is reached.

17.1 DC Characteristics: PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended) PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial) (Continued)

PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial)		Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial					
PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended)		Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended					
Param No.	Symbol	Characteristic/ Device	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
	IPD	Power-down Current^(3,5)					
D020		16LF87XA	—	7.5	30	μA	$V_{DD} = 3.0\text{V}$, WDT enabled, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D020		16F87XA	—	10.5	42	μA	$V_{DD} = 4.0\text{V}$, WDT enabled, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
					60	μA	$V_{DD} = 4.0\text{V}$, WDT enabled, -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (extended)
D021		16LF87XA	—	0.9	5	μA	$V_{DD} = 3.0\text{V}$, WDT disabled, 0°C to $+70^{\circ}\text{C}$
D021		16F87XA	—	1.5	16	μA	$V_{DD} = 4.0\text{V}$, WDT disabled, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
					20	μA	$V_{DD} = 4.0\text{V}$, WDT disabled, -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (extended)
D021A		16LF87XA		0.9	5	μA	$V_{DD} = 3.0\text{V}$, WDT disabled, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D021A		16F87XA		1.5	19	μA	$V_{DD} = 4.0\text{V}$, WDT disabled, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D023	ΔIBOR	Brown-out Reset Current⁽⁶⁾	—	85	200	μA	BOR enabled, $V_{DD} = 5.0\text{V}$

Legend: Rows with standard voltage device data only are shaded for improved readability.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C, unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: This is the limit to which V_{DD} can be lowered without losing RAM data.

2: The supply current is mainly a function of the operating voltage and frequency. Other factors, such as I/O pin loading, switching rate, oscillator type, internal code execution pattern and temperature, also have an impact on the current consumption.

The test conditions for all I_{DD} measurements in active operation mode are:

$\text{OSC1} =$ external square wave, from rail-to-rail; all I/O pins tri-stated, pulled to V_{DD} ;

$\text{MCLR} = V_{DD}$; WDT enabled/disabled as specified.

3: The power-down current in Sleep mode does not depend on the oscillator type. Power-down current is measured with the part in Sleep mode, with all I/O pins in high-impedance state and tied to V_{DD} and V_{SS} .

4: For RC osc configuration, current through R_{EXT} is not included. The current through the resistor can be estimated by the formula $I_r = V_{DD}/2R_{EXT}$ (mA) with R_{EXT} in $k\Omega$.

5: Timer1 oscillator (when enabled) adds approximately 20 μA to the specification. This value is from characterization and is for design guidance only. This is not tested.

6: The Δ current is the additional current consumed when this peripheral is enabled. This current should be added to the base I_{DD} or I_{PD} measurement.

7: When BOR is enabled, the device will operate correctly until the V_{BOR} voltage trip point is reached.

PIC16F87XA

17.2 DC Characteristics: PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended) PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial)

DC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended Operating voltage V_{DD} range as described in DC specification (Section 17.1)					
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
D030 D030A D031 D032 D033 D034 D034A	VIL	Input Low Voltage						
		I/O ports:						
		with TTL buffer	VSS	—	0.15 VDD	V	For entire VDD range	
			VSS	—	0.8V	V	4.5V ≤ VDD ≤ 5.5V	
		with Schmitt Trigger buffer	VSS	—	0.2 VDD	V	(Note 1)	
		MCLR, OSC1 (in RC mode)	VSS	—	0.2 VDD	V		
		OSC1 (in XT and LP modes)	VSS	—	0.3V	V		
		OSC1 (in HS mode)	VSS	—	0.3 VDD	V		
		Ports RC3 and RC4:						
		with Schmitt Trigger buffer	VSS	—	0.3 VDD	V	For entire VDD range	
with SMBus	-0.5	—	0.6	V	For VDD = 4.5 to 5.5V			
D040 D040A D041 D042 D042A D043 D044 D044A	VIH	Input High Voltage						
		I/O ports:						
		with TTL buffer	2.0	—	VDD	V	4.5V ≤ VDD ≤ 5.5V	
			0.25 VDD + 0.8V	—	VDD	V	For entire VDD range	
		with Schmitt Trigger buffer	0.8 VDD	—	VDD	V	For entire VDD range	
		MCLR	0.8 VDD	—	VDD	V	(Note 1)	
		OSC1 (in XT and LP modes)	1.6V	—	VDD	V		
		OSC1 (in HS mode)	0.7 VDD	—	VDD	V		
		OSC1 (in RC mode)	0.9 VDD	—	VDD	V		
		Ports RC3 and RC4:						
with Schmitt Trigger buffer	0.7 VDD	—	VDD	V	For entire VDD range			
with SMBus	1.4	—	5.5	V	For VDD = 4.5 to 5.5V			
D070	IPURB	PORTB Weak Pull-up Current	50	250	400	μA	VDD = 5V, VPIN = VSS, -40°C TO +85°C	
D060 D061 D063	IIL	Input Leakage Current^(2, 3)						
		I/O ports	—	—	±1	μA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD, pin at high-impedance	
		MCLR, RA4/T0CKI	—	—	±5	μA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD	
	OSC1	—	—	±5	μA	VSS ≤ VPIN ≤ VDD, XT, HS and LP osc configuration		

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

- Note 1:** In RC oscillator configuration, the OSC1/CLKI pin is a Schmitt Trigger input. It is not recommended that the PIC16F87XA be driven with external clock in RC mode.
- 2:** The leakage current on the MCLR pin is strongly dependent on the applied voltage level. The specified levels represent normal operating conditions. Higher leakage current may be measured at different input voltages.
- 3:** Negative current is defined as current sourced by the pin.

17.2 DC Characteristics: PIC16F873A/874A/876A/877A (Industrial, Extended) PIC16LF873A/874A/876A/877A (Industrial) (Continued)

DC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +125^{\circ}\text{C}$ for extended Operating voltage V_{DD} range as described in DC specification (Section 17.1)				
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
D080	VOL	Output Low Voltage					
		I/O ports	—	—	0.6	V	$I_{OL} = 8.5\text{ mA}$, $V_{DD} = 4.5\text{V}$, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D083		OSC2/CLKO (RC osc config)	—	—	0.6	V	$I_{OL} = 1.6\text{ mA}$, $V_{DD} = 4.5\text{V}$, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D090	VOH	Output High Voltage					
		I/O ports ⁽³⁾	$V_{DD} - 0.7$	—	—	V	$I_{OH} = -3.0\text{ mA}$, $V_{DD} = 4.5\text{V}$, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D092		OSC2/CLKO (RC osc config)	$V_{DD} - 0.7$	—	—	V	$I_{OH} = -1.3\text{ mA}$, $V_{DD} = 4.5\text{V}$, -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D150*	VOD	Open-Drain High Voltage	—	—	8.5	V	RA4 pin
D100	Cosc2	Capacitive Loading Specs on Output Pins					
		OSC2 pin	—	—	15	pF	In XT, HS and LP modes when external clock is used to drive OSC1
		All I/O pins and OSC2 (RC mode)	—	—	50	pF	
D101	Cio	SCL, SDA (I ² C mode)	—	—	400	pF	
D102	CB		—	—	400	pF	
Data EEPROM Memory							
D120	Ed	Endurance	100K	1M	—	E/W	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D121	VDRW	V_{DD} for read/write	V_{MIN}	—	5.5	V	Using EECON to read/write, V_{MIN} = min. operating voltage
D122	TDEW	Erase/write cycle time	—	4	8	ms	
Program Flash Memory							
D130	EP	Endurance	10K	100K	—	E/W	-40°C to $+85^{\circ}\text{C}$
D131	VPR	V_{DD} for read	V_{MIN}	—	5.5	V	V_{MIN} = min. operating voltage
D132A		V_{DD} for erase/write	V_{MIN}	—	5.5	V	Using EECON to read/write, V_{MIN} = min. operating voltage
D133	TPEW	Erase/Write cycle time	—	4	8	ms	

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

- Note 1:** In RC oscillator configuration, the OSC1/CLKI pin is a Schmitt Trigger input. It is not recommended that the PIC16F87XA be driven with external clock in RC mode.
- 2:** The leakage current on the MCLR pin is strongly dependent on the applied voltage level. The specified levels represent normal operating conditions. Higher leakage current may be measured at different input voltages.
- 3:** Negative current is defined as current sourced by the pin.

PIC16F87XA

TABLE 17-1: COMPARATOR SPECIFICATIONS

Operating Conditions: 3.0V < V _{DD} < 5.5V, -40°C < T _A < +85°C (unless otherwise stated) 4.0V < V _{DD} < 5.5V, -40°C < T _A < +125°C (unless otherwise stated)							
Param No.	Sym	Characteristics	Min	Typ	Max	Units	Comments
D300	V _{IOFF}	Input Offset Voltage	—	± 5.0	± 10	mV	
D301	V _{ICM}	Input Common Mode Voltage*	0	-	V _{DD} – 1.5	V	
D302	CMRR	Common Mode Rejection Ratio*	55	-	—	dB	
300 300A	T _{RESP}	Response Time*(1)	—	150	400 600	ns ns	PIC16F87XA PIC16LF87XA
301	T _{MC2OV}	Comparator Mode Change to Output Valid*	—	—	10	µs	

* These parameters are characterized but not tested.

Note 1: Response time measured with one comparator input at (V_{DD} – 1.5)/2 while the other input transitions from V_{SS} to V_{DD}.

TABLE 17-2: VOLTAGE REFERENCE SPECIFICATIONS

Operating Conditions: 3.0V < V _{DD} < 5.5V, -40°C < T _A < +85°C (unless otherwise stated) 4.0V < V _{DD} < 5.5V, -40°C < T _A < +125°C (unless otherwise stated)							
Spec No.	Sym	Characteristics	Min	Typ	Max	Units	Comments
D310	V _{RES}	Resolution	V _{DD} /24	—	V _{DD} /32	LSb	
D311	V _{RAA}	Absolute Accuracy	— —	— —	1/2 1/2	LSb LSb	Low Range (VRR = 1) High Range (VRR = 0)
D312	V _{RUR}	Unit Resistor Value (R)*	—	2k	—	Ω	
310	T _{SET}	Settling Time*(1)	—	—	10	µs	

* These parameters are characterized but not tested.

Note 1: Settling time measured while VRR = 1 and VR<3:0> transitions from '0000' to '1111'.

17.3 Timing Parameter Symbology

The timing parameter symbols have been created following one of the following formats:

1. TppS2ppS
2. TppS
3. TCC:ST (I²C specifications only)
4. Ts (I²C specifications only)

T			
F	Frequency	T	Time

Lowercase letters (pp) and their meanings:

pp		osc	OSC1
cc	CCP1	rd	\overline{RD}
ck	CLKO	rw	\overline{RD} or \overline{WR}
cs	\overline{CS}	sc	SCK
di	SDI	ss	\overline{SS}
do	SDO	t0	T0CKI
dt	Data in	t1	T1CKI
io	I/O port	wr	\overline{WR}
mc	\overline{MCLR}		

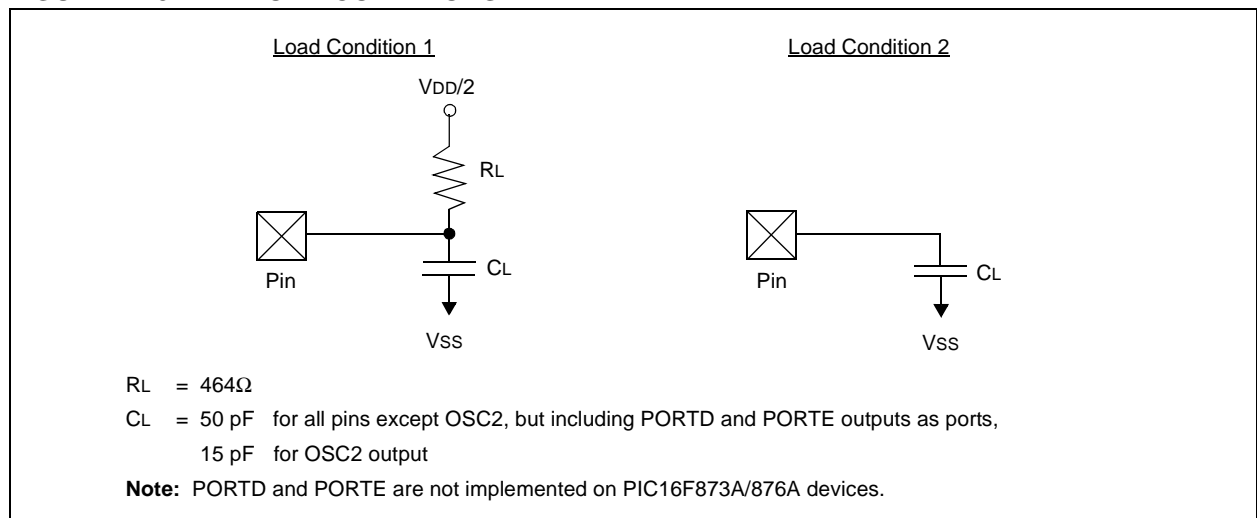
Uppercase letters and their meanings:

S		P	Period
F	Fall	R	Rise
H	High	V	Valid
I	Invalid (High-impedance)	Z	High-impedance
L	Low		
I²C only		High	High
AA	output access	Low	Low
BUF	Bus free		

TCC:ST (I²C specifications only)

CC		SU	Setup
HD	Hold		
ST		STO	Stop condition
DAT	Data input hold		
STA	Start condition		

FIGURE 17-3: LOAD CONDITIONS



PIC16F87XA

FIGURE 17-4: EXTERNAL CLOCK TIMING

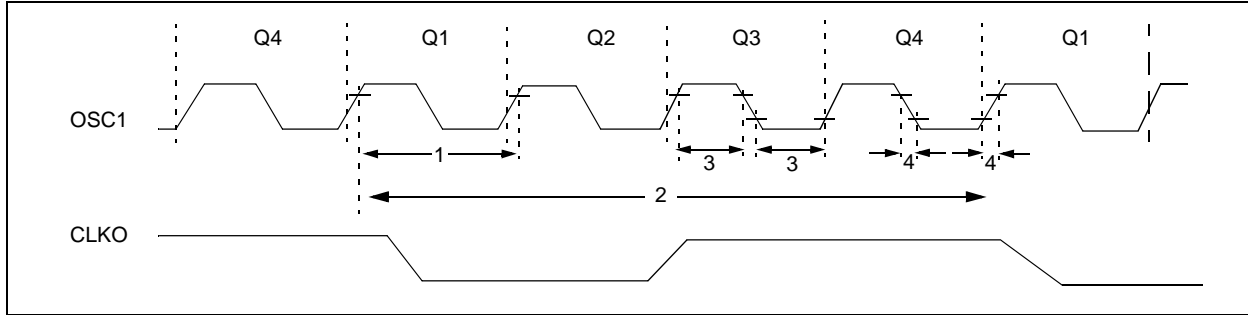


TABLE 17-3: EXTERNAL CLOCK TIMING REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
	Fosc	External CLKI Frequency (Note 1)	DC	—	1	MHz	XT and RC Osc mode
			DC	—	20	MHz	HS Osc mode
			DC	—	32	kHz	LP Osc mode
	Oscillator Frequency (Note 1)		DC	—	4	MHz	RC Osc mode
			0.1	—	4	MHz	XT Osc mode
			4	—	20	MHz	HS Osc mode
			5	—	200	kHz	LP Osc mode
1	Tosc	External CLKI Period (Note 1)	1000	—	—	ns	XT and RC Osc mode
			50	—	—	ns	HS Osc mode
			5	—	—	μs	LP Osc mode
		Oscillator Period (Note 1)	250	—	—	ns	RC Osc mode
			250	—	1	μs	XT Osc mode
			100	—	250	ns	HS Osc mode
			50	—	250	ns	HS Osc mode
			31.25	—	—	μs	LP Osc mode
2	Tcy	Instruction Cycle Time (Note 1)	200	Tcy	DC	ns	Tcy = 4/Fosc
3	TosL, TosH	External Clock in (OSC1) High or Low Time	100	—	—	ns	XT oscillator
			2.5	—	—	μs	LP oscillator
			15	—	—	ns	HS oscillator
4	TosR, TosF	External Clock in (OSC1) Rise or Fall Time	—	—	25	ns	XT oscillator
			—	—	50	ns	LP oscillator
			—	—	15	ns	HS oscillator

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

Note 1: Instruction cycle period (Tcy) equals four times the input oscillator time base period. All specified values are based on characterization data for that particular oscillator type, under standard operating conditions, with the device executing code. Exceeding these specified limits may result in an unstable oscillator operation and/or higher than expected current consumption. All devices are tested to operate at "min." values with an external clock applied to the OSC1/CLKI pin. When an external clock input is used, the "max." cycle time limit is "DC" (no clock) for all devices.

FIGURE 17-5: CLKO AND I/O TIMING

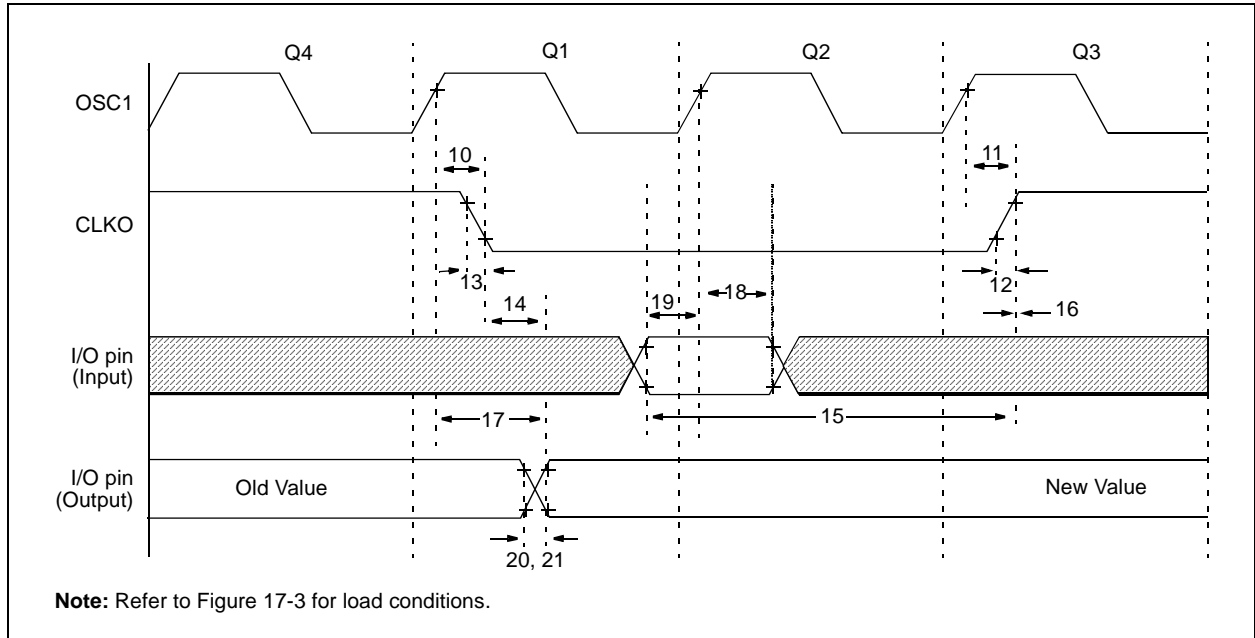


TABLE 17-4: CLKO AND I/O TIMING REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
10*	T _{OSH2ckL}	OSC1 ↑ to CLKO ↓	—	75	200	ns	(Note 1)	
11*	T _{OSH2ckH}	OSC1 ↑ to CLKO ↑	—	75	200	ns	(Note 1)	
12*	T _{ckR}	CLKO Rise Time	—	35	100	ns	(Note 1)	
13*	T _{ckF}	CLKO Fall Time	—	35	100	ns	(Note 1)	
14*	T _{ckL2ioV}	CLKO ↓ to Port Out Valid	—	—	0.5 T _{CY} + 20	ns	(Note 1)	
15*	T _{ioV2ckH}	Port In Valid before CLKO ↑	T _{osc} + 200	—	—	ns	(Note 1)	
16*	T _{ckH2ioI}	Port In Hold after CLKO ↑	0	—	—	ns	(Note 1)	
17*	T _{OSH2ioV}	OSC1 ↑ (Q1 cycle) to Port Out Valid	—	100	255	ns		
18*	T _{OSH2ioI}	OSC1 ↑ (Q2 cycle) to Port Input Invalid (I/O in hold time)	Standard (F)	100	—	—	ns	
		Extended (LF)	200	—	—	ns		
19*	T _{ioV2OSH}	Port Input Valid to OSC1 ↑ (I/O in setup time)	0	—	—	ns		
20*	T _{ioR}	Port Output Rise Time	Standard (F)	—	10	40	ns	
		Extended (LF)	—	—	145	ns		
21*	T _{ioF}	Port Output Fall Time	Standard (F)	—	10	40	ns	
		Extended (LF)	—	—	145	ns		
22††	T _{INP}	INT pin High or Low Time	T _{CY}	—	—	ns		
23††	T _{RBP}	RB7:RB4 Change INT High or Low Time	T _{CY}	—	—	ns		

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

†† These parameters are asynchronous events not related to any internal clock edges.

Note 1: Measurements are taken in RC mode where CLKO output is 4 x T_{osc}.

PIC16F87XA

FIGURE 17-6: RESET, WATCHDOG TIMER, OSCILLATOR START-UP TIMER AND POWER-UP TIMER TIMING

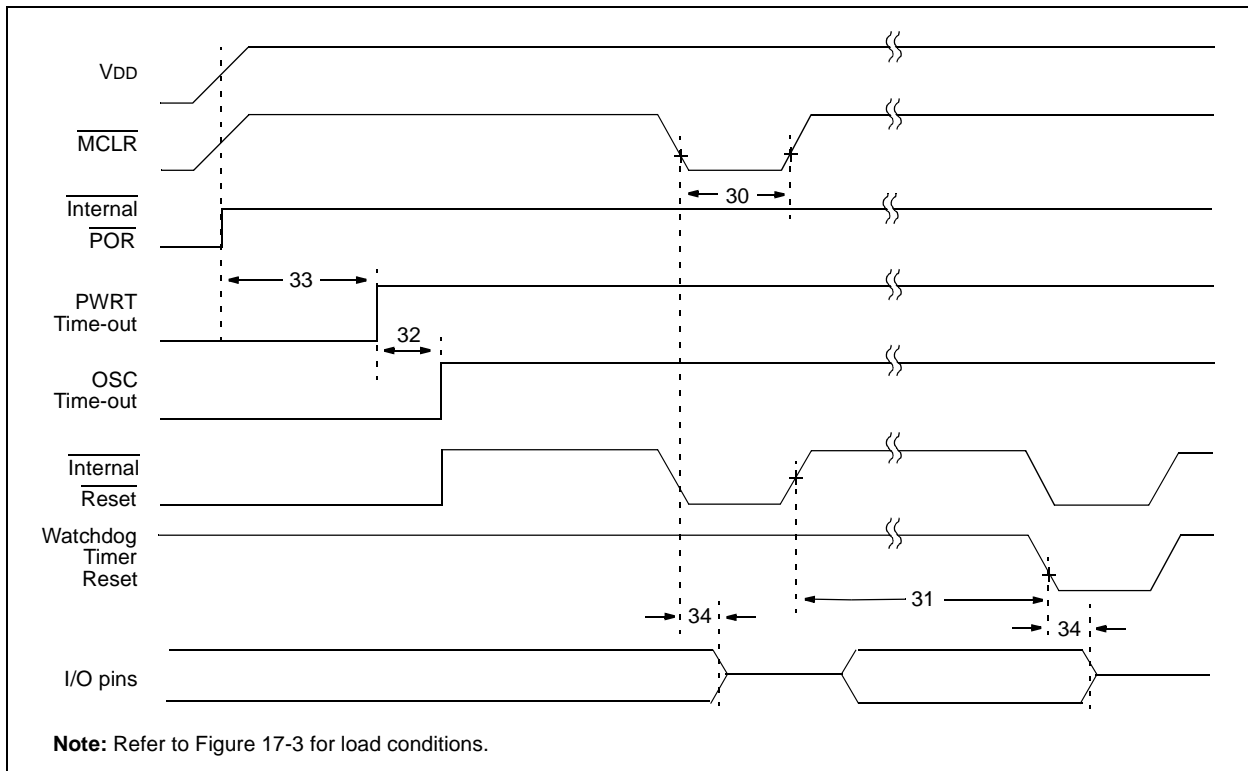


FIGURE 17-7: BROWN-OUT RESET TIMING

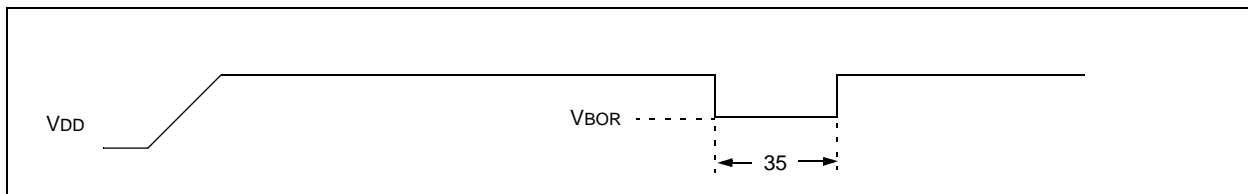


TABLE 17-5: RESET, WATCHDOG TIMER, OSCILLATOR START-UP TIMER, POWER-UP TIMER AND BROWN-OUT RESET REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
30	TMCL	MCLR Pulse Width (low)	2	—	—	μs	V _{DD} = 5V, -40°C to +85°C
31*	TWDT	Watchdog Timer Time-out Period (no prescaler)	7	18	33	ms	V _{DD} = 5V, -40°C to +85°C
32	TOST	Oscillation Start-up Timer Period	—	1024 T _{osc}	—	—	T _{osc} = OSC1 period
33*	TPWRT	Power-up Timer Period	28	72	132	ms	V _{DD} = 5V, -40°C to +85°C
34	TIOZ	I/O High-Impedance from MCLR Low or Watchdog Timer Reset	—	—	2.1	μs	
35	TBOR	Brown-out Reset Pulse Width	100	—	—	μs	V _{DD} ≤ V _{BOR} (D005)

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

FIGURE 17-8: TIMER0 AND TIMER1 EXTERNAL CLOCK TIMINGS

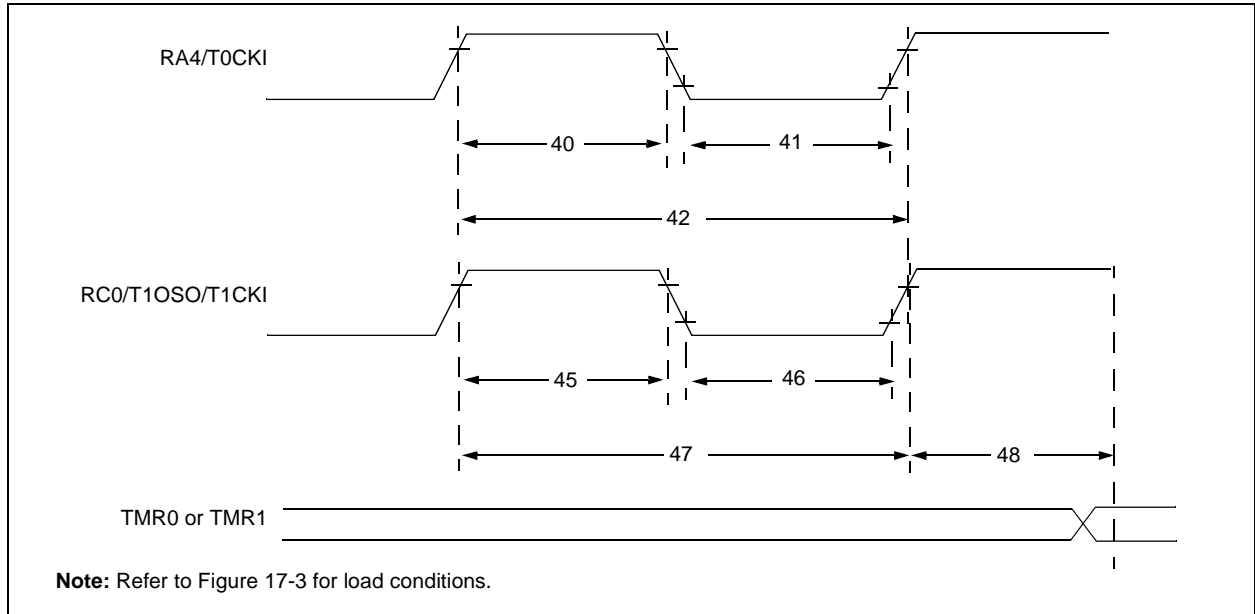


TABLE 17-6: TIMER0 AND TIMER1 EXTERNAL CLOCK REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic		Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
40*	Tt0H	T0CKI High Pulse Width	No Prescaler	$0.5 T_{CY} + 20$	—	—	ns	Must also meet parameter 42	
	With Prescaler		10	—	—	ns			
41*	Tt0L	T0CKI Low Pulse Width	No Prescaler	$0.5 T_{CY} + 20$	—	—	ns	Must also meet parameter 42	
	With Prescaler		10	—	—	ns			
42*	Tt0P	T0CKI Period	No Prescaler	$T_{CY} + 40$	—	—	ns	N = prescale value (2, 4, ..., 256)	
	With Prescaler		Greater of: 20 or $\frac{T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns			
45*	Tt1H	T1CKI High Time	Synchronous, Prescaler = 1	$0.5 T_{CY} + 20$	—	—	ns	Must also meet parameter 47	
			Synchronous, Prescaler = 2, 4, 8	Standard(F)	15	—	—		ns
				Extended(LF)	25	—	—		ns
			Asynchronous	Standard(F)	30	—	—		ns
Extended(LF)	50	—		—	ns				
46*	Tt1L	T1CKI Low Time	Synchronous, Prescaler = 1	$0.5 T_{CY} + 20$	—	—	ns	Must also meet parameter 47	
			Synchronous, Prescaler = 2, 4, 8	Standard(F)	15	—	—		ns
				Extended(LF)	25	—	—		ns
			Asynchronous	Standard(F)	30	—	—		ns
Extended(LF)	50	—		—	ns				
47*	Tt1P	T1CKI Input Period	Synchronous	Standard(F)	Greater of: 30 or $\frac{T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns	N = prescale value (1, 2, 4, 8)
				Extended(LF)	Greater of: 50 or $\frac{T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns		N = prescale value (1, 2, 4, 8)
			Asynchronous	Standard(F)	60	—	—	ns	
				Extended(LF)	100	—	—	ns	
	Ft1	Timer1 Oscillator Input Frequency Range (oscillator enabled by setting bit T1OSCEN)		DC	—	200	kHz		
48	TCKEZTMR1	Delay from External Clock Edge to Timer Increment		$2 T_{osc}$	—	$7 T_{osc}$	—		

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

PIC16F87XA

FIGURE 17-9: CAPTURE/COMPARE/PWM TIMINGS (CCP1 AND CCP2)

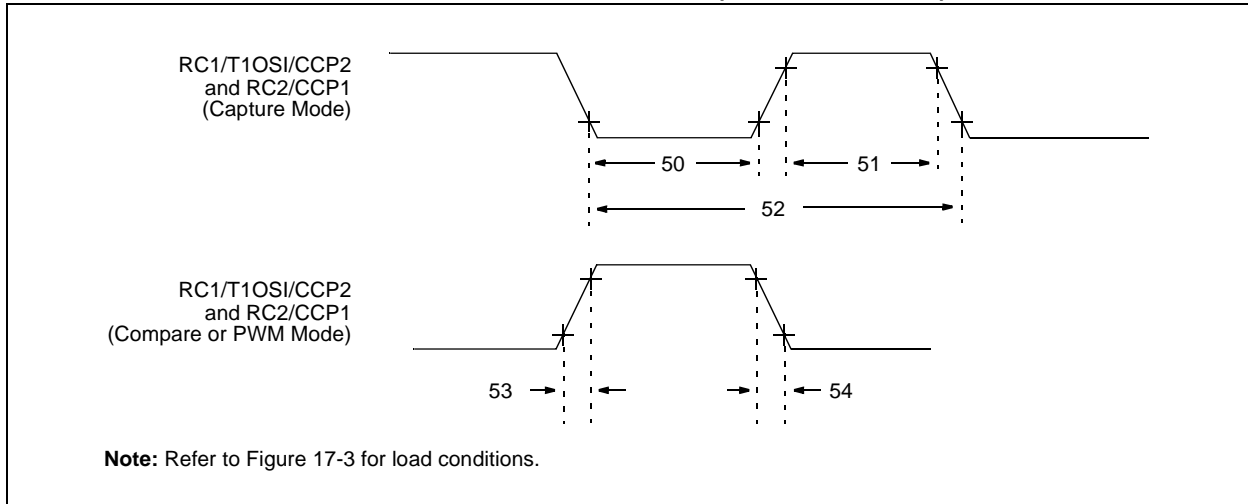


TABLE 17-7: CAPTURE/COMPARE/PWM REQUIREMENTS (CCP1 AND CCP2)

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
50*	TcCL	CCP1 and CCP2 Input Low Time	No Prescaler	$0.5 T_{CY} + 20$	—	—	ns	
			With Prescaler	Standard(F)	10	—	—		ns
51*	TcCH	CCP1 and CCP2 Input High Time	No Prescaler	$0.5 T_{CY} + 20$	—	—	ns	
			With Prescaler	Standard(F)	10	—	—		ns
52*	TcCP	CCP1 and CCP2 Input Period	$\frac{3 T_{CY} + 40}{N}$	—	—	ns	N = prescale value (1, 4 or 16)	
53*	TcCR	CCP1 and CCP2 Output Rise Time	Standard(F)	—	10	25	ns	
			Extended(LF)	—	25	50	ns	
54*	TcCF	CCP1 and CCP2 Output Fall Time	Standard(F)	—	10	25	ns	
			Extended(LF)	—	25	45	ns	

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

FIGURE 17-10: PARALLEL SLAVE PORT TIMING (PIC16F874A/877A ONLY)

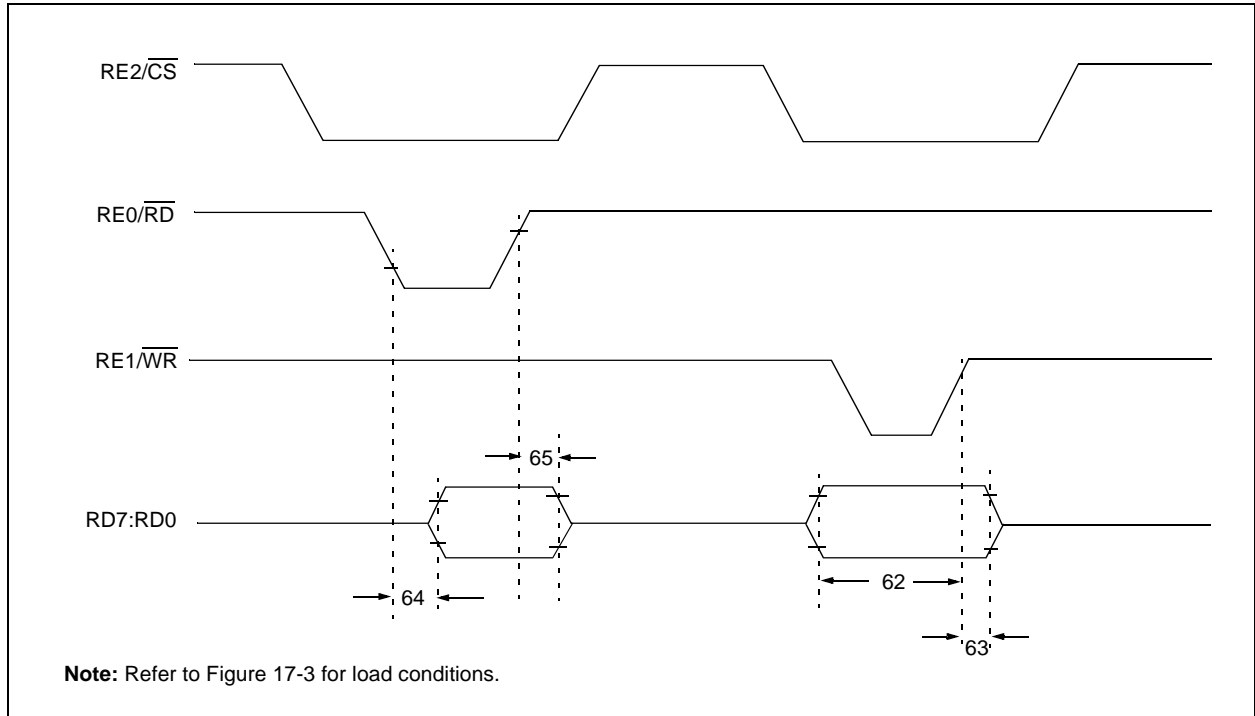


TABLE 17-8: PARALLEL SLAVE PORT REQUIREMENTS (PIC16F874A/877A ONLY)

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
62	T _{DtV2WRH}	Data In Valid before $\overline{WR} \uparrow$ or $\overline{CS} \uparrow$ (setup time)	20	—	—	ns		
63*	T _{WRH2DtI}	$\overline{WR} \uparrow$ or $\overline{CS} \uparrow$ to Data-in Invalid (hold time)	Standard(F)	20	—	—	ns	
			Extended(LF)	35	—	—	ns	
64	T _{RdL2DtV}	$\overline{RD} \downarrow$ and $\overline{CS} \downarrow$ to Data-out Valid	—	—	80	ns		
65	T _{RdH2DtI}	$\overline{RD} \uparrow$ or $\overline{CS} \downarrow$ to Data-out Invalid	10	—	30	ns		

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

PIC16F87XA

FIGURE 17-11: SPI MASTER MODE TIMING (CKE = 0, SMP = 0)

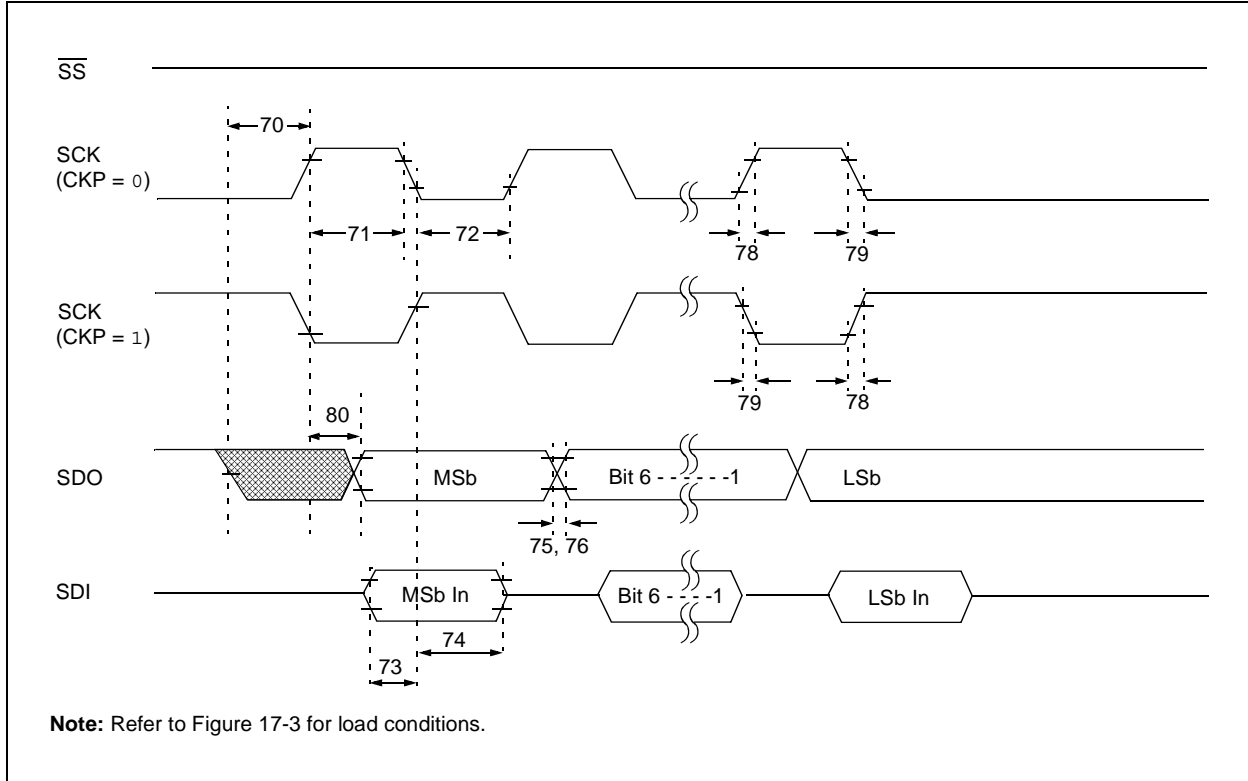


FIGURE 17-12: SPI MASTER MODE TIMING (CKE = 1, SMP = 1)

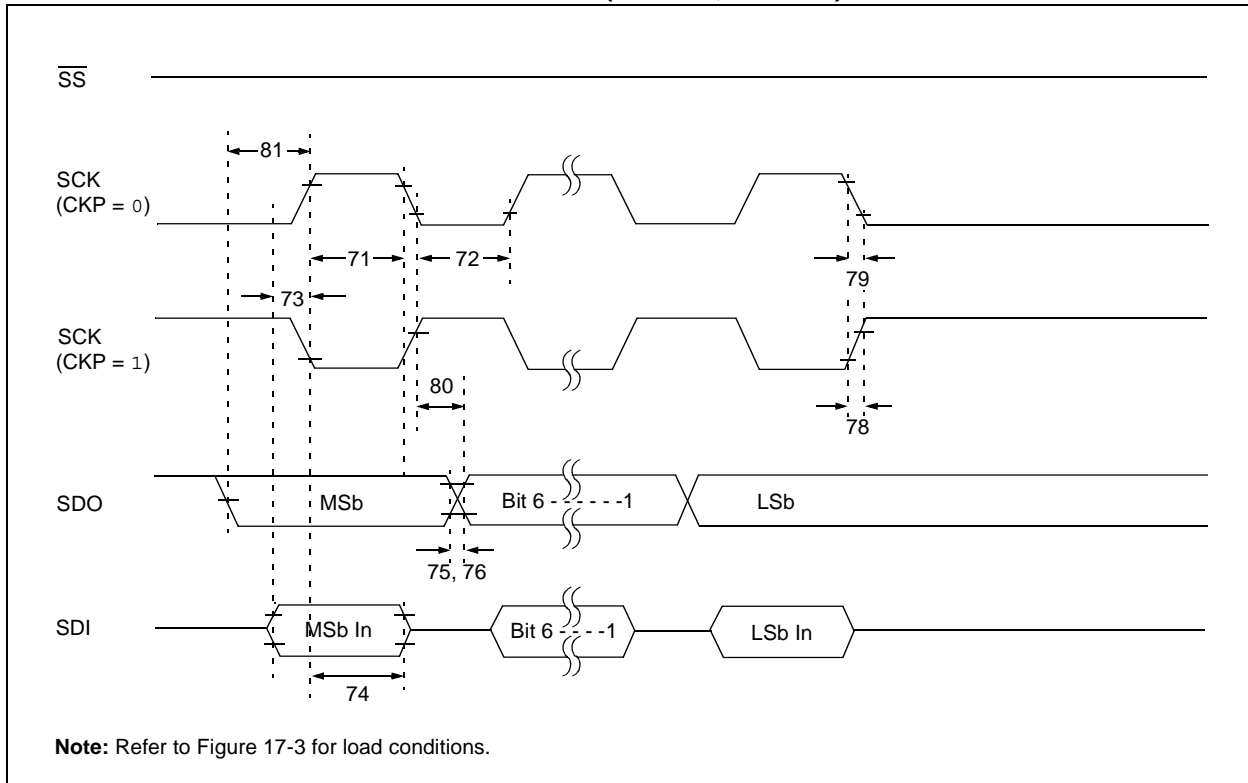


FIGURE 17-13: SPI SLAVE MODE TIMING (CKE = 0)

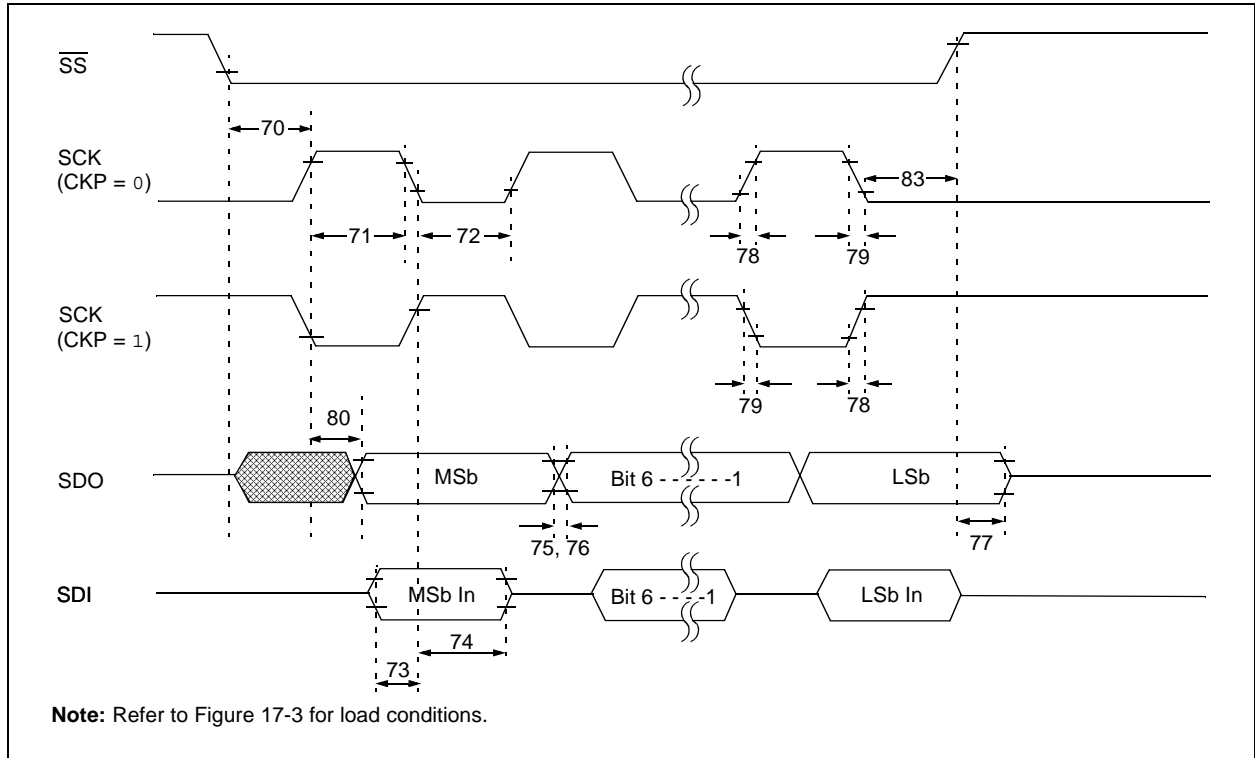
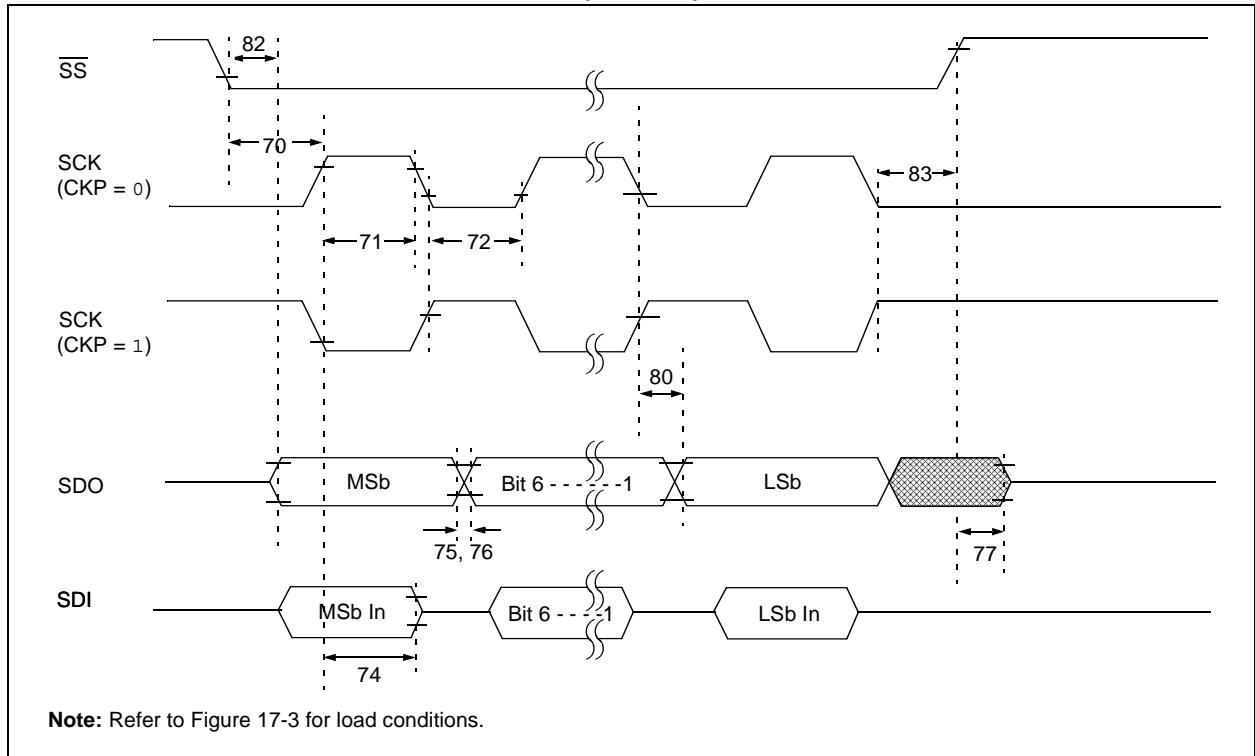


FIGURE 17-14: SPI SLAVE MODE TIMING (CKE = 1)



PIC16F87XA

TABLE 17-9: SPI MODE REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
70*	TssL2sCH, TssL2sCL	\overline{SS} ↓ to SCK ↓ or SCK ↑ Input	T _{CY}	—	—	ns	
71*	TsCH	SCK Input High Time (Slave mode)	T _{CY} + 20	—	—	ns	
72*	TsCL	SCK Input Low Time (Slave mode)	T _{CY} + 20	—	—	ns	
73*	TdIV2sCH, TdIV2sCL	Setup Time of SDI Data Input to SCK Edge	100	—	—	ns	
74*	TsCH2dIL, TsCL2dIL	Hold Time of SDI Data Input to SCK Edge	100	—	—	ns	
75*	TdoR	SDO Data Output Rise Time	—	10	25	ns	Standard(F) Extended(LF)
76*	TdoF	SDO Data Output Fall Time	—	10	25	ns	
77*	TssH2doZ	\overline{SS} ↑ to SDO Output High-Impedance	10	—	50	ns	
78*	TsCR	SCK Output Rise Time (Master mode)	—	10	25	ns	Standard(F) Extended(LF)
79*	TsCF	SCK Output Fall Time (Master mode)	—	10	25	ns	
80*	Tsch2doV, Tscl2doV	SDO Data Output Valid after SCK Edge	—	—	50	ns	Standard(F) Extended(LF)
81*	TdoV2sCH, TdoV2sCL	SDO Data Output Setup to SCK Edge	T _{CY}	—	—	ns	
82*	TssL2doV	SDO Data Output Valid after \overline{SS} ↓ Edge	—	—	50	ns	
83*	Tsch2ssH, Tscl2ssH	\overline{SS} ↑ after SCK Edge	1.5 T _{CY} + 40	—	—	ns	

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

FIGURE 17-15: I²C BUS START/STOP BITS TIMING

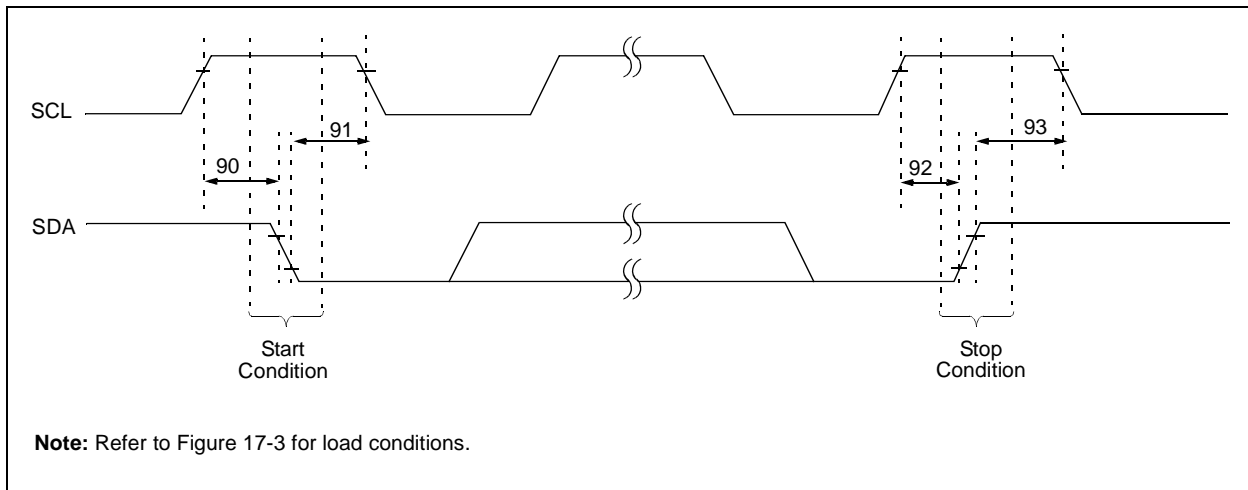
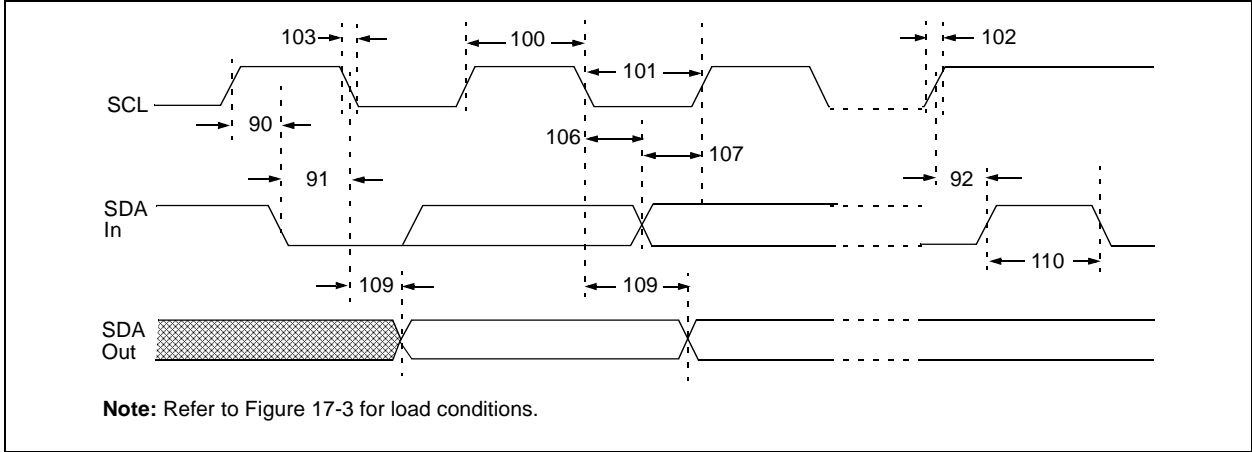


TABLE 17-10: I²C BUS START/STOP BITS REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ	Max	Units	Conditions	
90	TSU:STA	Start condition	100 kHz mode	4700	—	—	ns	Only relevant for Repeated Start condition
		Setup time	400 kHz mode	600	—	—		
91	THD:STA	Start condition	100 kHz mode	4000	—	—	ns	After this period, the first clock pulse is generated
		Hold time	400 kHz mode	600	—	—		
92	TSU:STO	Stop condition	100 kHz mode	4700	—	—	ns	
		Setup time	400 kHz mode	600	—	—		
93	THD:STO	Stop condition	100 kHz mode	4000	—	—	ns	
		Hold time	400 kHz mode	600	—	—		

FIGURE 17-16: I²C BUS DATA TIMING



PIC16F87XA

TABLE 17-11: I²C BUS DATA REQUIREMENTS

Param No.	Sym	Characteristic	Min	Max	Units	Conditions
100	THIGH	Clock High Time	100 kHz mode	4.0	—	μs
			400 kHz mode	0.6	—	μs
			SSP Module	0.5 T _{CY}	—	
101	TLOW	Clock Low Time	100 kHz mode	4.7	—	μs
			400 kHz mode	1.3	—	μs
			SSP Module	0.5 T _{CY}	—	
102	TR	SDA and SCL Rise Time	100 kHz mode	—	1000	ns
			400 kHz mode	20 + 0.1 C _B	300	ns	C_{B} is specified to be from 10 to 400 pF
103	TF	SDA and SCL Fall Time	100 kHz mode	—	300	ns
			400 kHz mode	20 + 0.1 C _B	300	ns	C_{B} is specified to be from 10 to 400 pF
90	TSU:STA	Start Condition Setup Time	100 kHz mode	4.7	—	μs
			400 kHz mode	0.6	—	μs	Only relevant for Repeated Start condition
91	THD:STA	Start Condition Hold Time	100 kHz mode	4.0	—	μs
			400 kHz mode	0.6	—	μs	After this period, the first clock pulse is generated
106	THD:DAT	Data Input Hold Time	100 kHz mode	0	—	ns
			400 kHz mode	0	0.9	μs
107	TSU:DAT	Data Input Setup Time	100 kHz mode	250	—	ns
			400 kHz mode	100	—	ns	(Note 2)
92	TSU:STO	Stop Condition Setup Time	100 kHz mode	4.7	—	μs
			400 kHz mode	0.6	—	μs
109	TAA	Output Valid from Clock	100 kHz mode	—	3500	ns
			400 kHz mode	—	—	ns	(Note 1)
110	TBUF	Bus Free Time	100 kHz mode	4.7	—	μs
			400 kHz mode	1.3	—	μs	Time the bus must be free before a new transmission can start
	CB	Bus Capacitive Loading	—	400	pF	

- Note 1:** As a transmitter, the device must provide this internal minimum delay time to bridge the undefined region (min. 300 ns) of the falling edge of SCL to avoid unintended generation of Start or Stop conditions.
- Note 2:** A fast mode (400 kHz) I²C bus device can be used in a standard mode (100 kHz) I²C bus system, but the requirement that, TSU:DAT ≥ 250 ns, must then be met. This will automatically be the case if the device does not stretch the LOW period of the SCL signal. If such a device does stretch the LOW period of the SCL signal, it must output the next data bit to the SDA line, TR MAX. + TSU:DAT = 1000 + 250 = 1250 ns (according to the standard mode I²C bus specification), before the SCL line is released.

FIGURE 17-17: USART SYNCHRONOUS TRANSMISSION (MASTER/SLAVE) TIMING

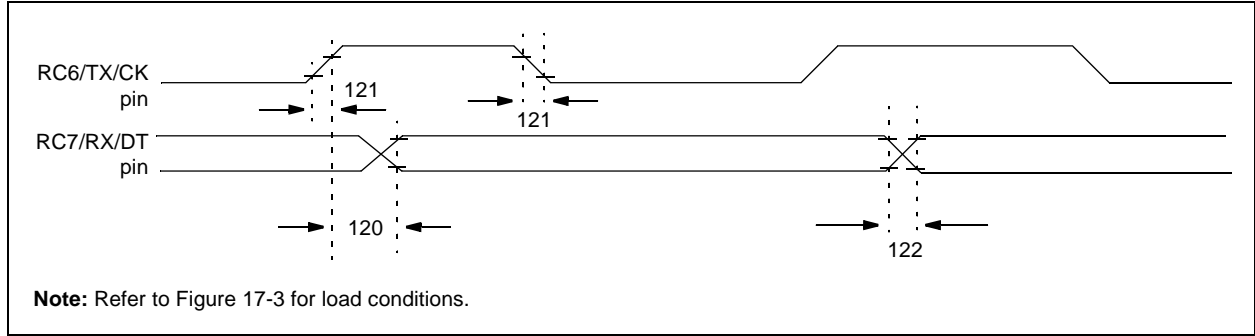


TABLE 17-12: USART SYNCHRONOUS TRANSMISSION REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
120	T _{CKH2DTV}	<u>SYNC XMIT (MASTER & SLAVE)</u> Clock High to Data Out Valid	Standard(F)	—	—	80	ns
			Extended(LF)	—	—	100	ns
121	T _{CKRF}	Clock Out Rise Time and Fall Time (Master mode)	Standard(F)	—	—	45	ns
			Extended(LF)	—	—	50	ns
122	T _{DTRF}	Data Out Rise Time and Fall Time	Standard(F)	—	—	45	ns
			Extended(LF)	—	—	50	ns

† Data in “Typ” column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

FIGURE 17-18: USART SYNCHRONOUS RECEIVE (MASTER/SLAVE) TIMING

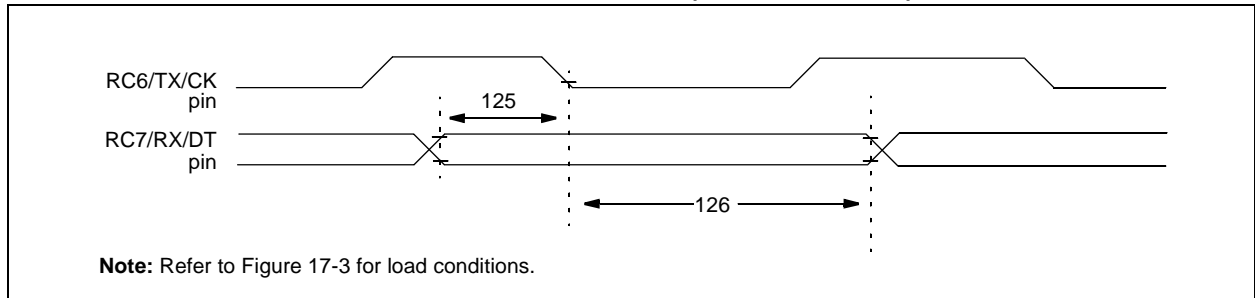


TABLE 17-13: USART SYNCHRONOUS RECEIVE REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
125	T _{DtV2CKL}	<u>SYNC RCV (MASTER & SLAVE)</u> Data Setup before CK ↓ (DT setup time)	15	—	—	ns	
126	T _{CKL2DTL}	Data Hold after CK ↓ (DT hold time)	15	—	—	ns	

† Data in “Typ” column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

PIC16F87XA

**TABLE 17-14: A/D CONVERTER CHARACTERISTICS: PIC16F873A/874A/876A/877A (INDUSTRIAL)
PIC16LF873A/874A/876A/877A (INDUSTRIAL)**

Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
A01	NR	Resolution	—	—	10-bits	bit	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12V$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A03	EIL	Integral Linearity Error	—	—	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12V$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A04	EDL	Differential Linearity Error	—	—	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12V$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A06	E _{OFF}	Offset Error	—	—	$< \pm 2$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12V$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A07	E _{GN}	Gain Error	—	—	$< \pm 1$	LSb	$V_{REF} = V_{DD} = 5.12V$, $V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A10	—	Monotonicity	—	guaranteed ⁽³⁾	—	—	$V_{SS} \leq V_{AIN} \leq V_{REF}$	
A20	V _{REF}	Reference Voltage ($V_{REF+} - V_{REF-}$)	2.0	—	$V_{DD} + 0.3$	V		
A21	V _{REF+}	Reference Voltage High	$AV_{DD} - 2.5V$	—	$AV_{DD} + 0.3V$	V		
A22	V _{REF-}	Reference Voltage Low	$AV_{SS} - 0.3V$	—	$V_{REF+} - 2.0V$	V		
A25	V _{AIN}	Analog Input Voltage	$V_{SS} - 0.3V$	—	$V_{REF+} + 0.3V$	V		
A30	Z _{AIN}	Recommended Impedance of Analog Voltage Source	—	—	2.5	k Ω	(Note 4)	
A40	I _{AD}	A/D Conversion Current (V_{DD})	PIC16F87XA	—	220	—	μA	Average current consumption when A/D is on (Note 1)
			PIC16LF87XA	—	90	—	μA	
A50	I _{REF}	V _{REF} Input Current (Note 2)	—	—	5	μA	During V _{AIN} acquisition. Based on differential of V _{HOLD} to V _{AIN} to charge C _{HOLD} , see Section 11.1 “A/D Acquisition Requirements” . During A/D conversion cycle	
			—	—	150	μA		

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in “Typ” column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

- Note 1:** When A/D is off, it will not consume any current other than minor leakage current. The power-down current spec includes any such leakage from the A/D module.
- 2:** V_{REF} current is from RA3 pin or V_{DD} pin, whichever is selected as reference input.
- 3:** The A/D conversion result never decreases with an increase in the input voltage and has no missing codes.
- 4:** Maximum allowed impedance for analog voltage source is 10 k Ω . This requires higher acquisition time.

FIGURE 17-19: A/D CONVERSION TIMING

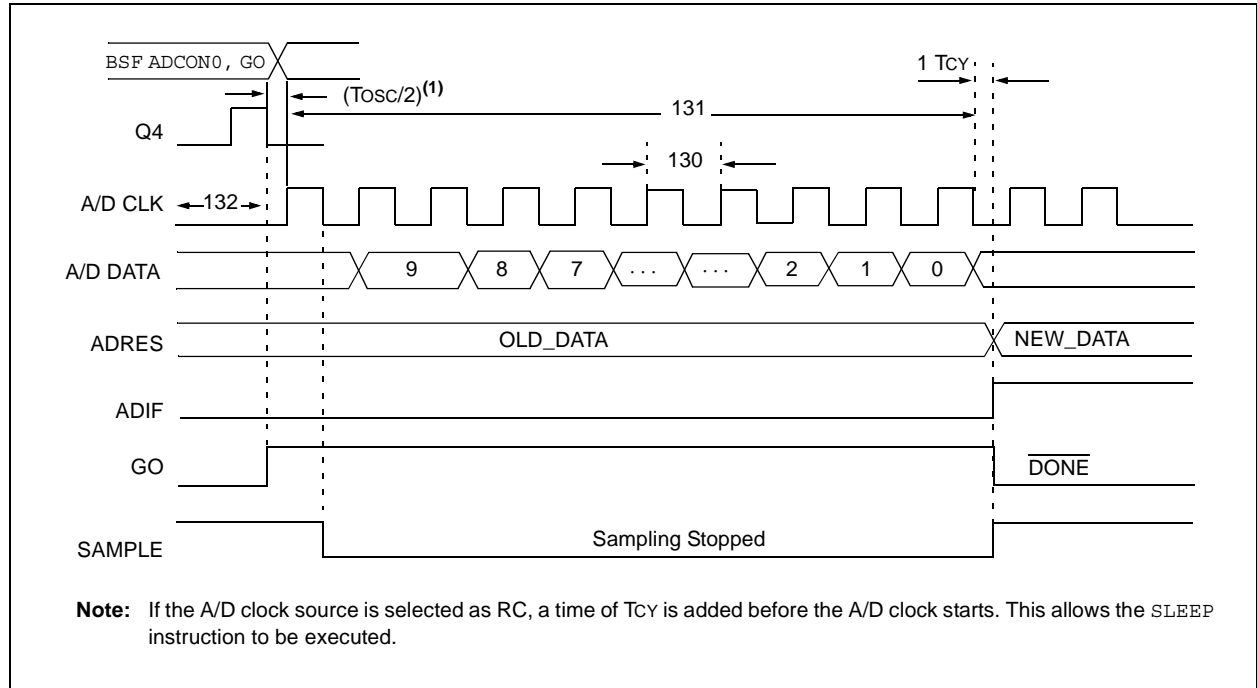


TABLE 17-15: A/D CONVERSION REQUIREMENTS

Param No.	Symbol	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions	
130	TAD	A/D Clock Period	PIC16F87XA	1.6	—	—	μs	TOSC based, $V_{REF} \geq 3.0\text{V}$
			PIC16LF87XA	3.0	—	—	μs	TOSC based, $V_{REF} \geq 2.0\text{V}$
		PIC16F87XA	2.0	4.0	6.0	μs	A/D RC mode	
		PIC16LF87XA	3.0	6.0	9.0	μs	A/D RC mode	
131	TCNV	Conversion Time (not including S/H time) (Note 1)		—	12	TAD		
132	TACQ	Acquisition Time	(Note 2)	40	—	μs	The minimum time is the amplifier settling time. This may be used if the "new" input voltage has not changed by more than 1 LSb (i.e., 20.0 mV @ 5.12V) from the last sampled voltage (as stated on CHOLD).	
			10*	—	—	μs		
134	TGO	Q4 to A/D Clock Start	—	$T_{OSC}/2$ §	—	—	If the A/D clock source is selected as RC, a time of T_{CY} is added before the A/D clock starts. This allows the <code>SLEEP</code> instruction to be executed.	

* These parameters are characterized but not tested.

† Data in "Typ" column is at 5V, 25°C unless otherwise stated. These parameters are for design guidance only and are not tested.

§ This specification ensured by design.

Note 1: ADRES register may be read on the following T_{CY} cycle.

Note 2: See Section 11.1 "A/D Acquisition Requirements" for minimum conditions.

PIC16F87XA

NOTES:

18.0 DC AND AC CHARACTERISTICS GRAPHS AND TABLES

Note: The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore, outside the warranted range.

“Typical” represents the mean of the distribution at 25°C. “Maximum” or “minimum” represents (mean + 3σ) or (mean – 3σ) respectively, where σ is a standard deviation, over the whole temperature range.

FIGURE 18-1: TYPICAL I_{DD} vs. F_{osc} OVER V_{DD} (HS MODE)

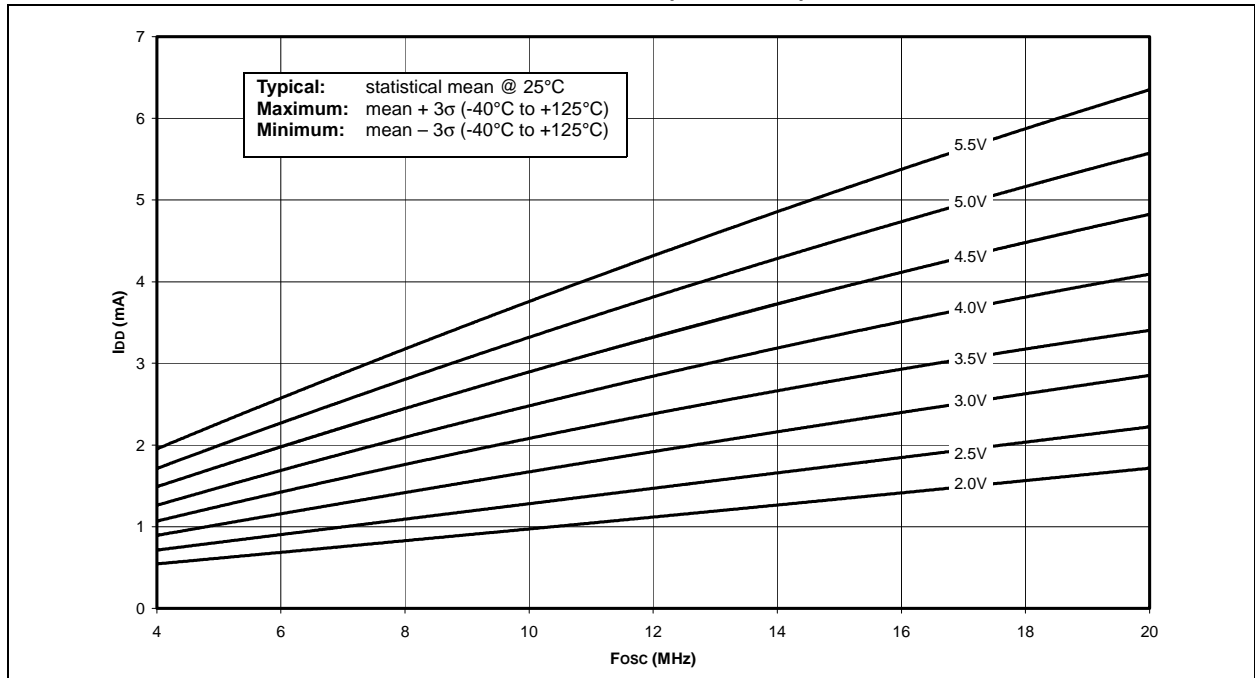
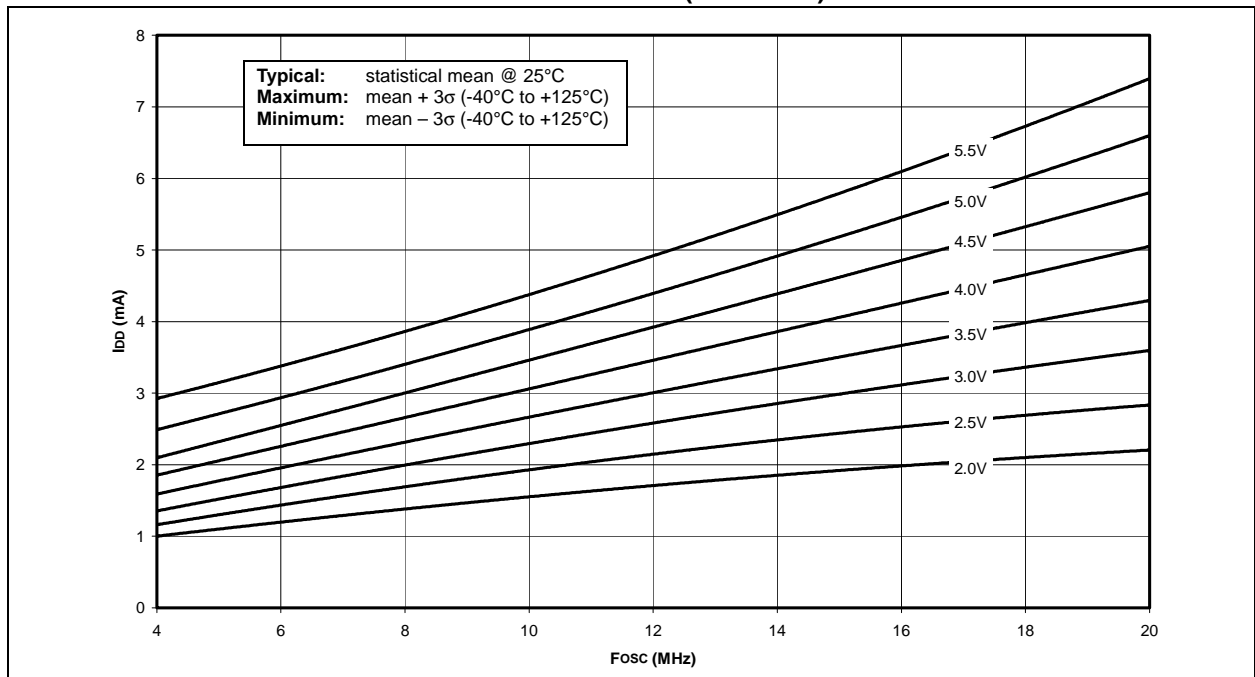


FIGURE 18-2: MAXIMUM I_{DD} vs. F_{osc} OVER V_{DD} (HS MODE)



PIC16F87XA

FIGURE 18-3: TYPICAL I_{DD} vs. F_{osc} OVER V_{DD} (XT MODE)

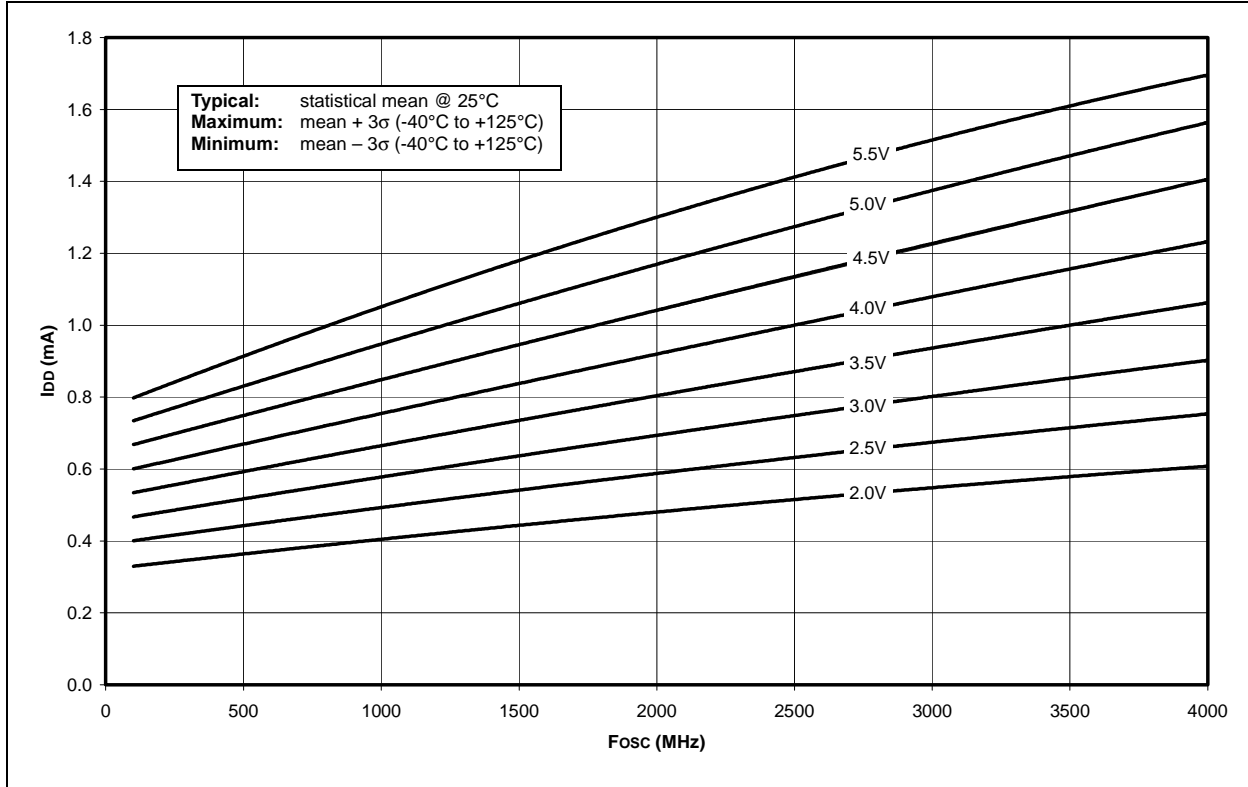


FIGURE 18-4: MAXIMUM I_{DD} vs. F_{osc} OVER V_{DD} (XT MODE)

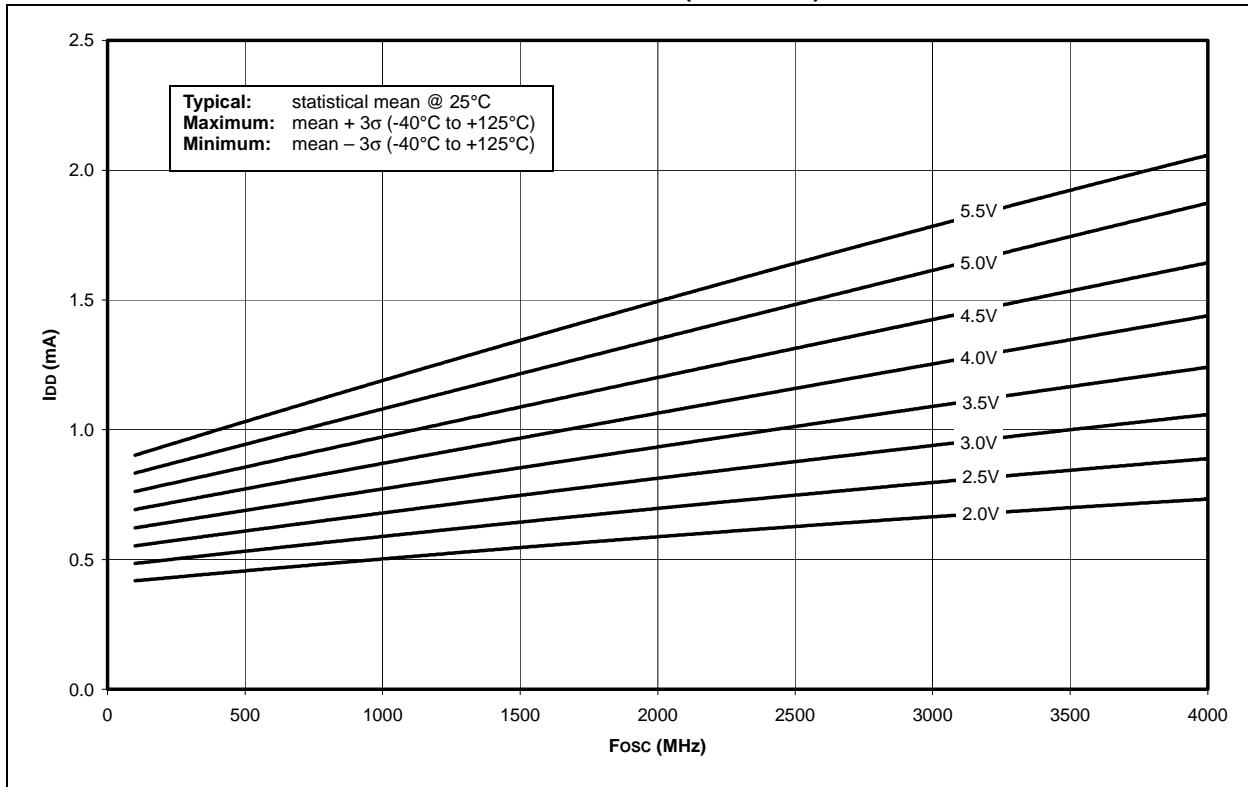


FIGURE 18-5: TYPICAL I_{DD} vs. F_{osc} OVER V_{DD} (LP MODE)

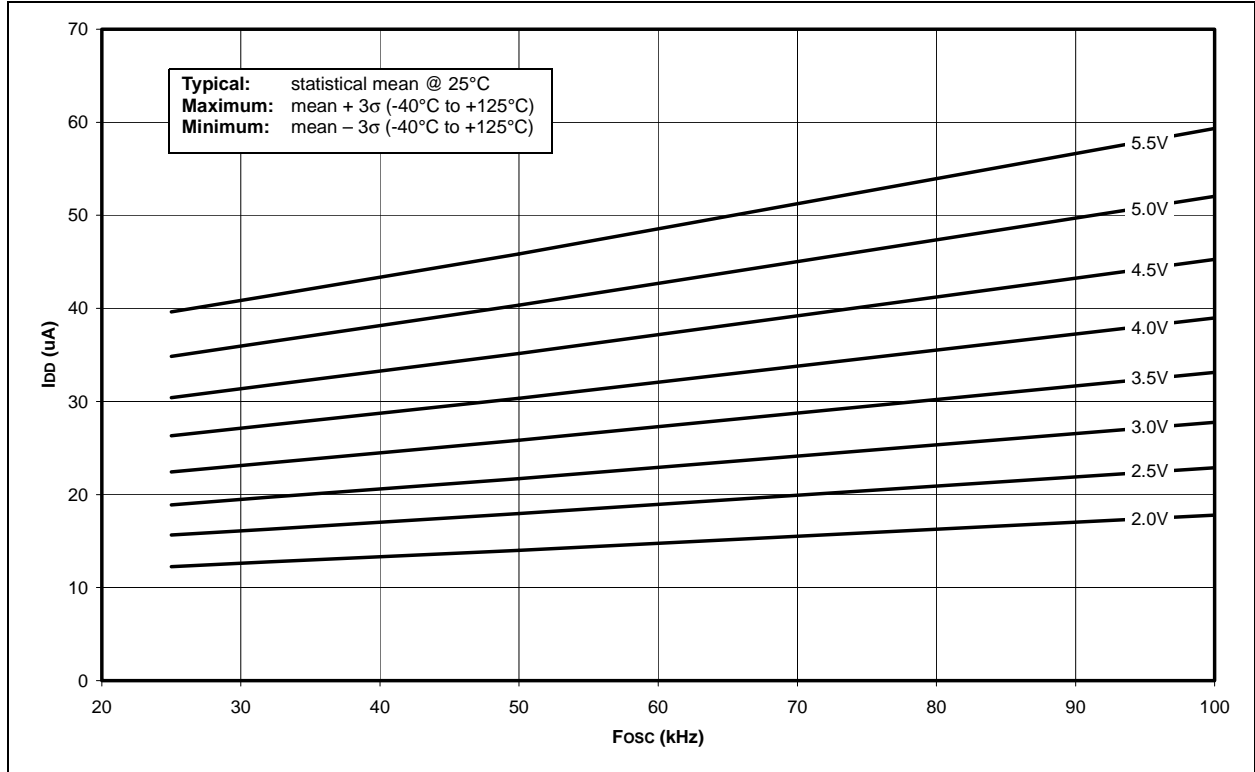
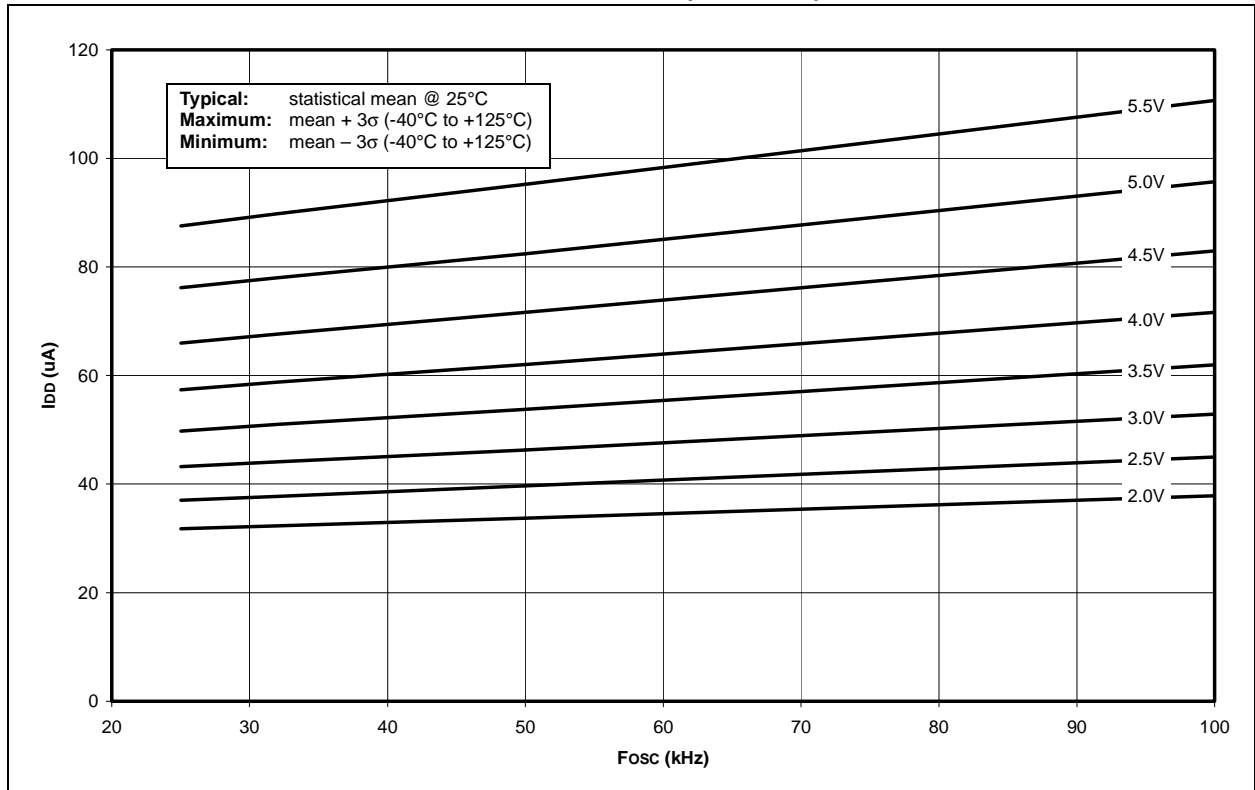


FIGURE 18-6: MAXIMUM I_{DD} vs. F_{osc} OVER V_{DD} (LP MODE)



PIC16F87XA

FIGURE 18-7: AVERAGE F_{osc} vs. V_{DD} FOR VARIOUS VALUES OF R (RC MODE, $C = 20\text{ pF}$, $+25^\circ\text{C}$)

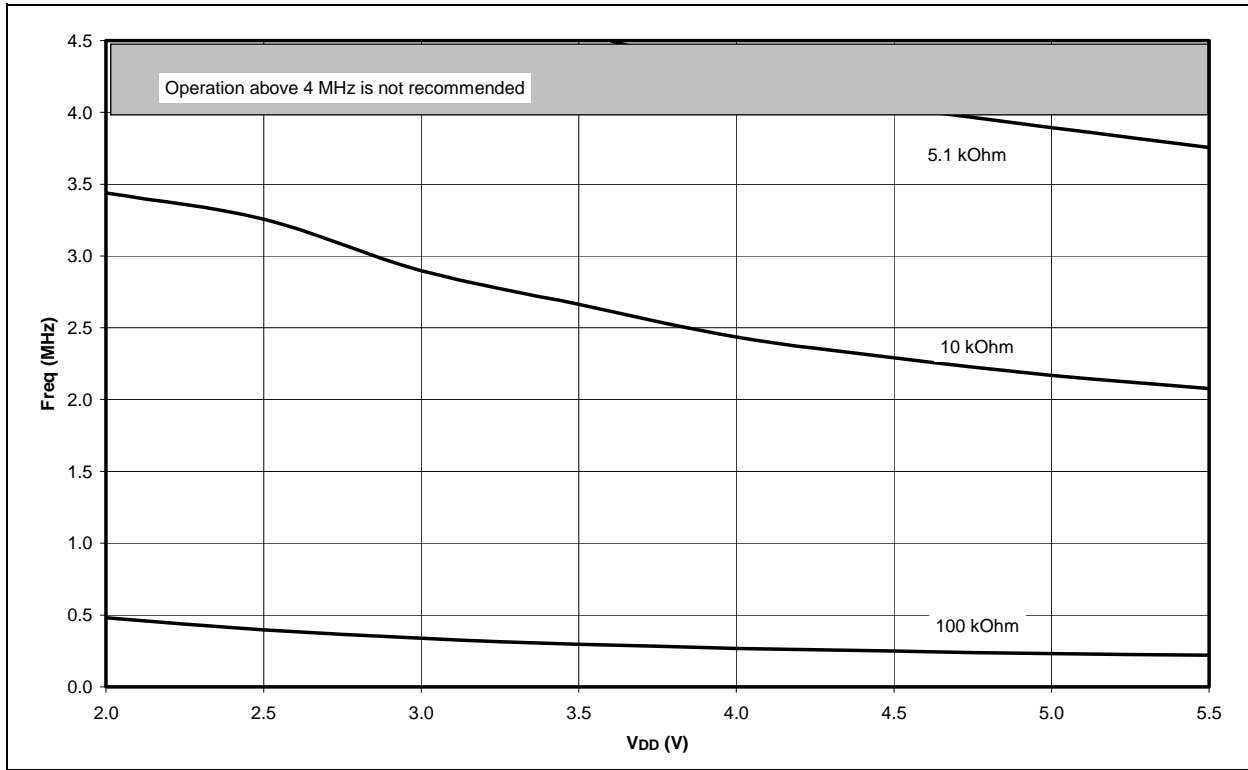


FIGURE 18-8: AVERAGE F_{osc} vs. V_{DD} FOR VARIOUS VALUES OF R (RC MODE, $C = 100\text{ pF}$, $+25^\circ\text{C}$)

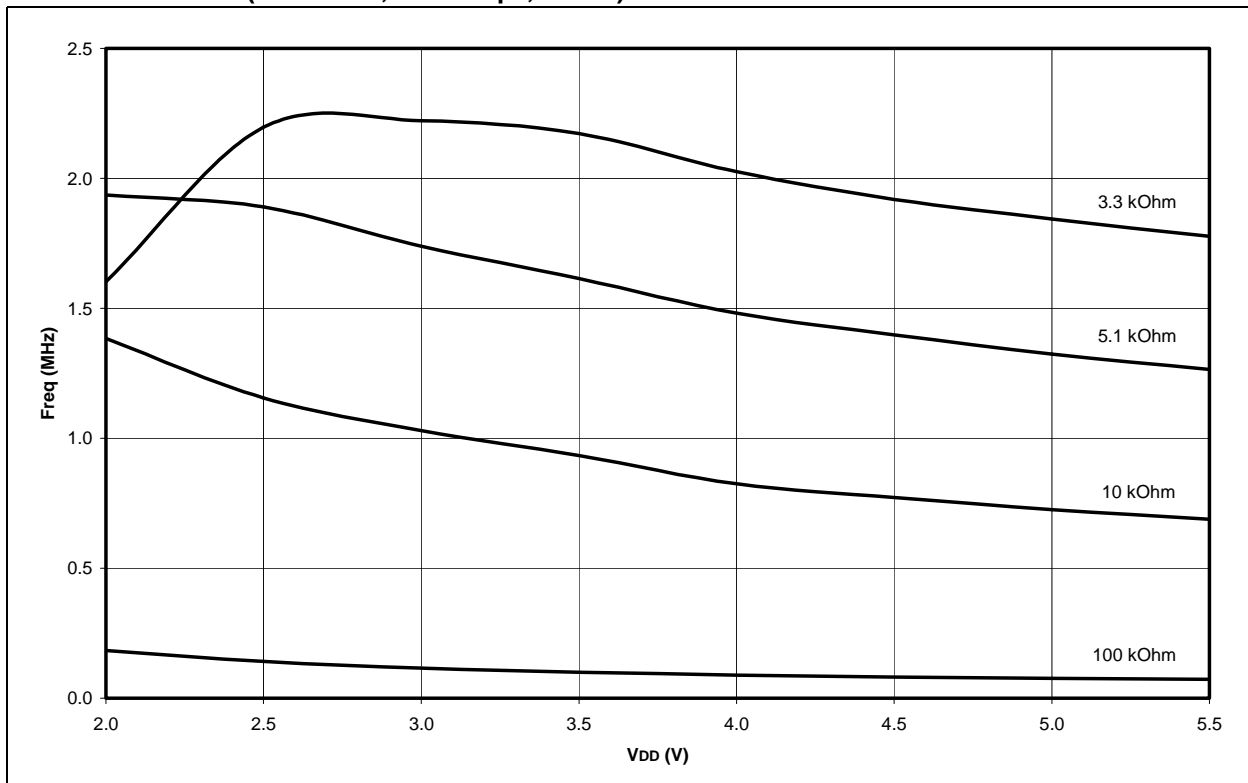


FIGURE 18-9: AVERAGE F_{osc} vs. V_{DD} FOR VARIOUS VALUES OF R (RC MODE, C = 300 pF, +25°C)

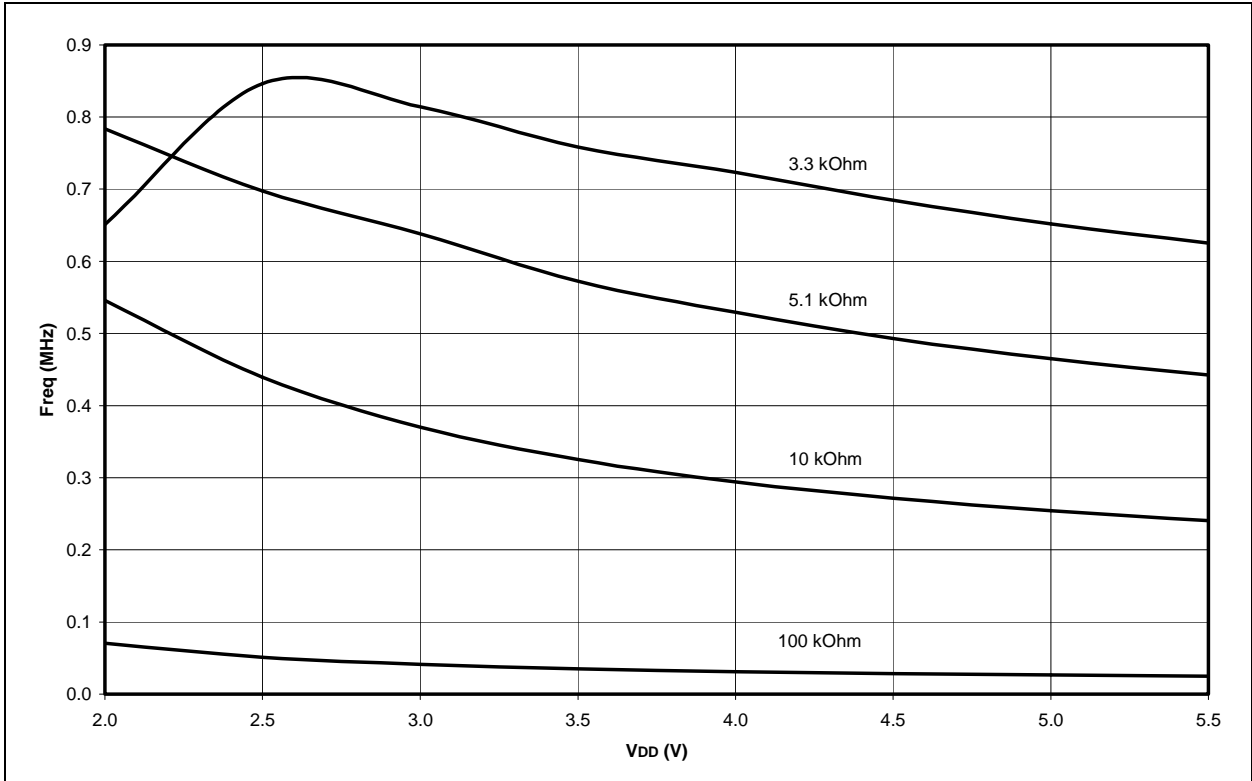
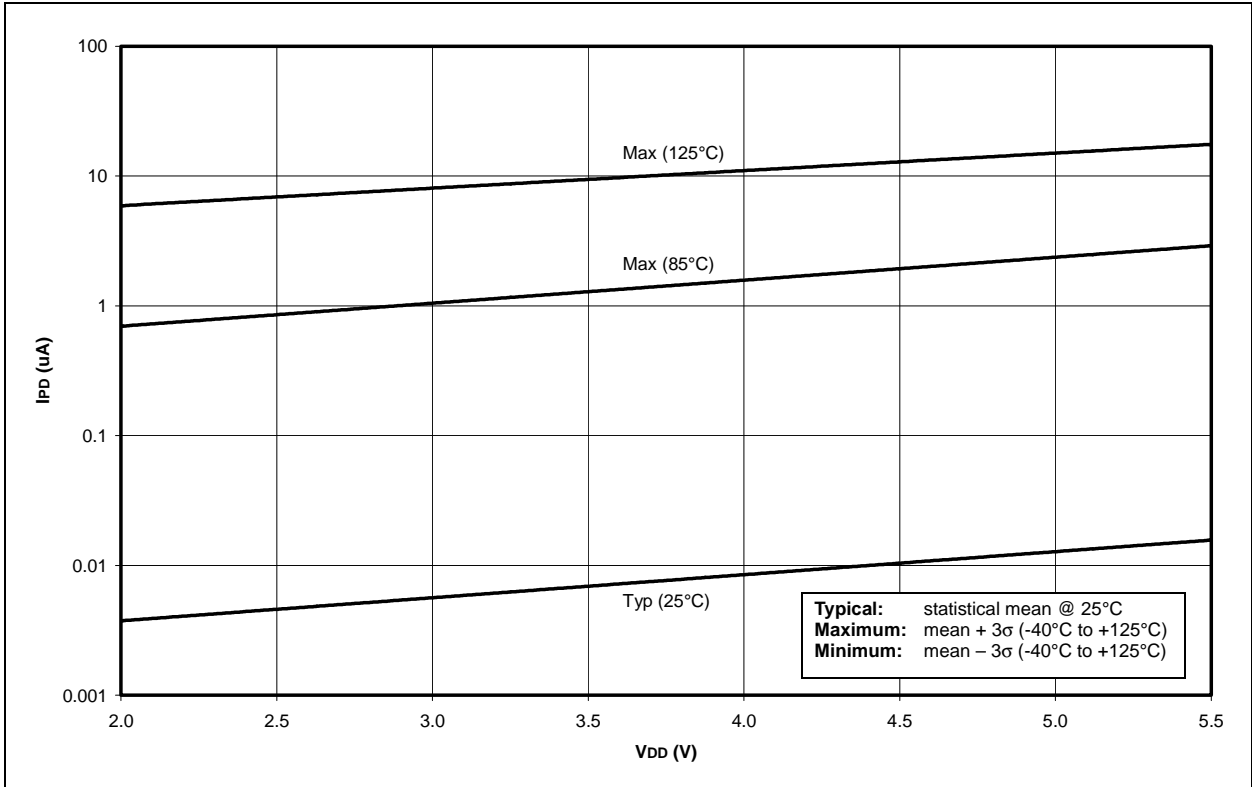


FIGURE 18-10: I_{PD} vs. V_{DD} , -40°C TO +125°C (SLEEP MODE, ALL PERIPHERALS DISABLED)



PIC16F87XA

FIGURE 18-11: TYPICAL AND MAXIMUM ΔI_{TMR1} vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE (-10°C TO +70°C, TIMER1 WITH OSCILLATOR, XTAL = 32 kHz, C1 AND C2 = 47 pF)

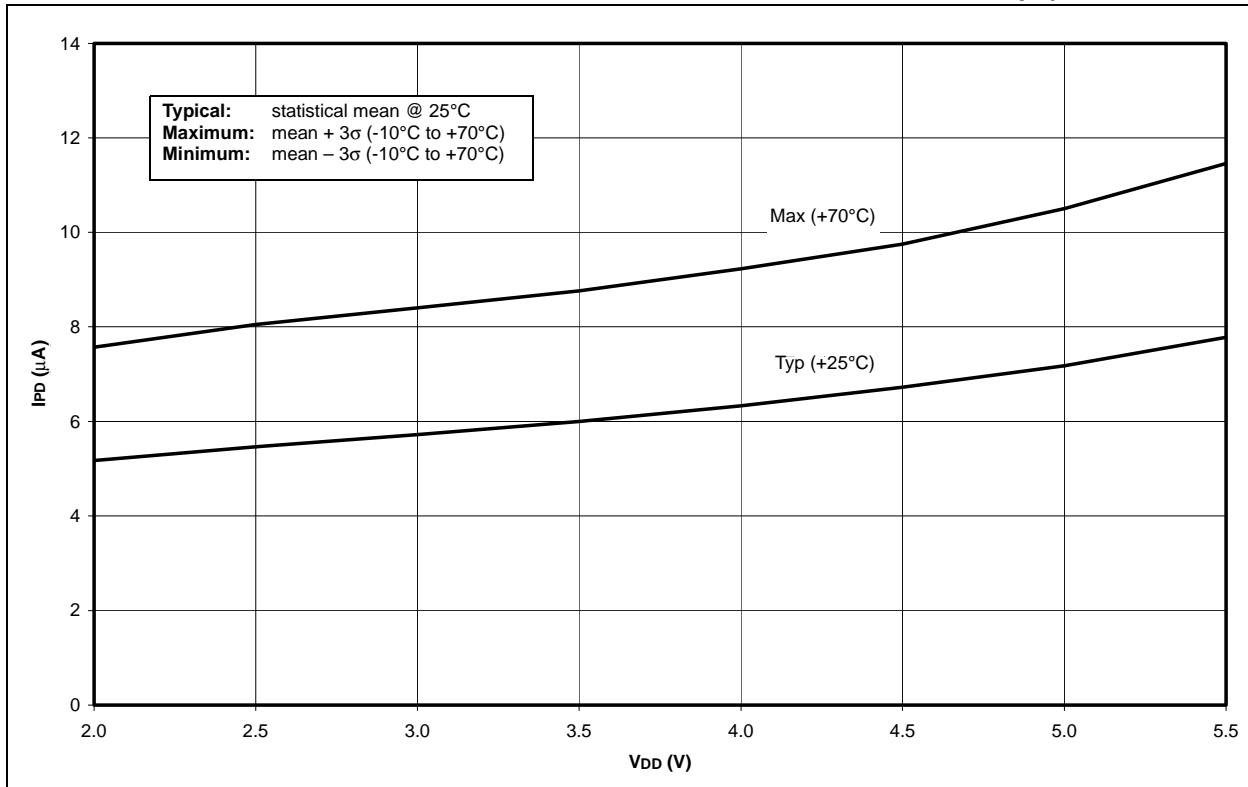


FIGURE 18-12: TYPICAL AND MAXIMUM ΔI_{WDT} vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE (WDT ENABLED)

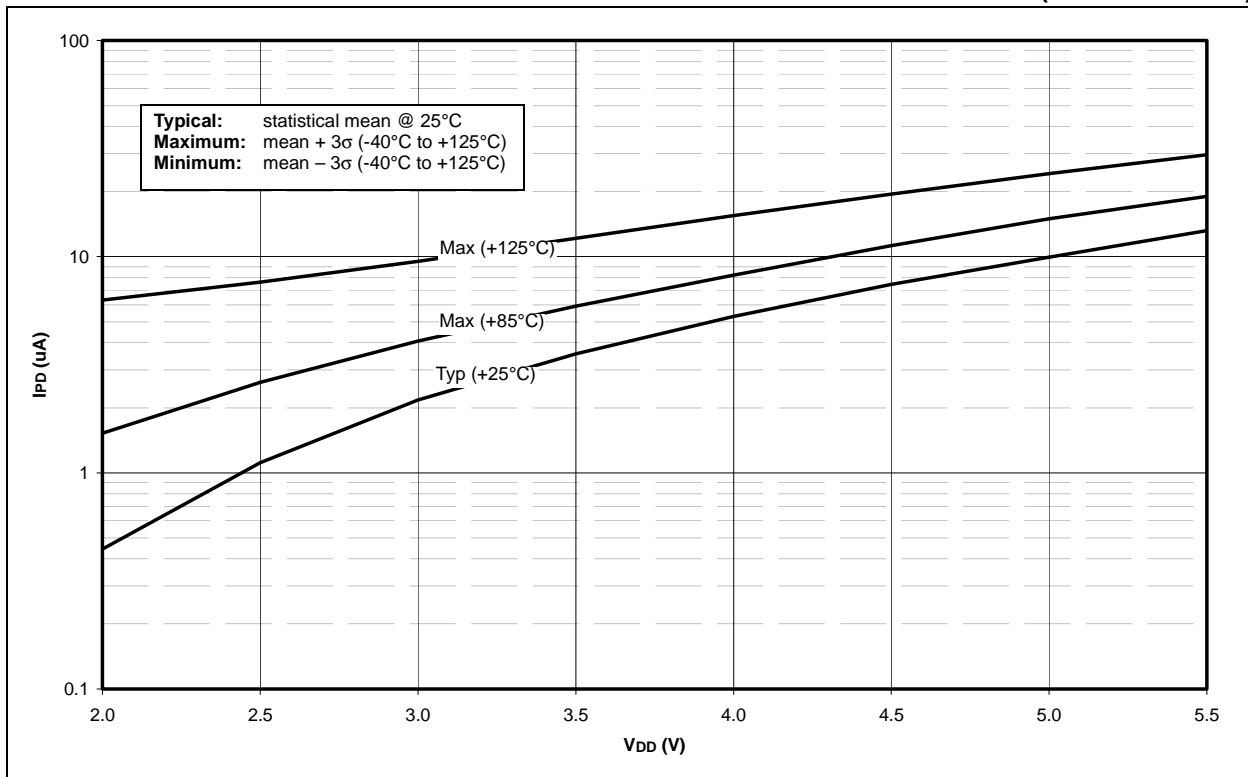


FIGURE 18-13: ΔI_{BOR} vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE

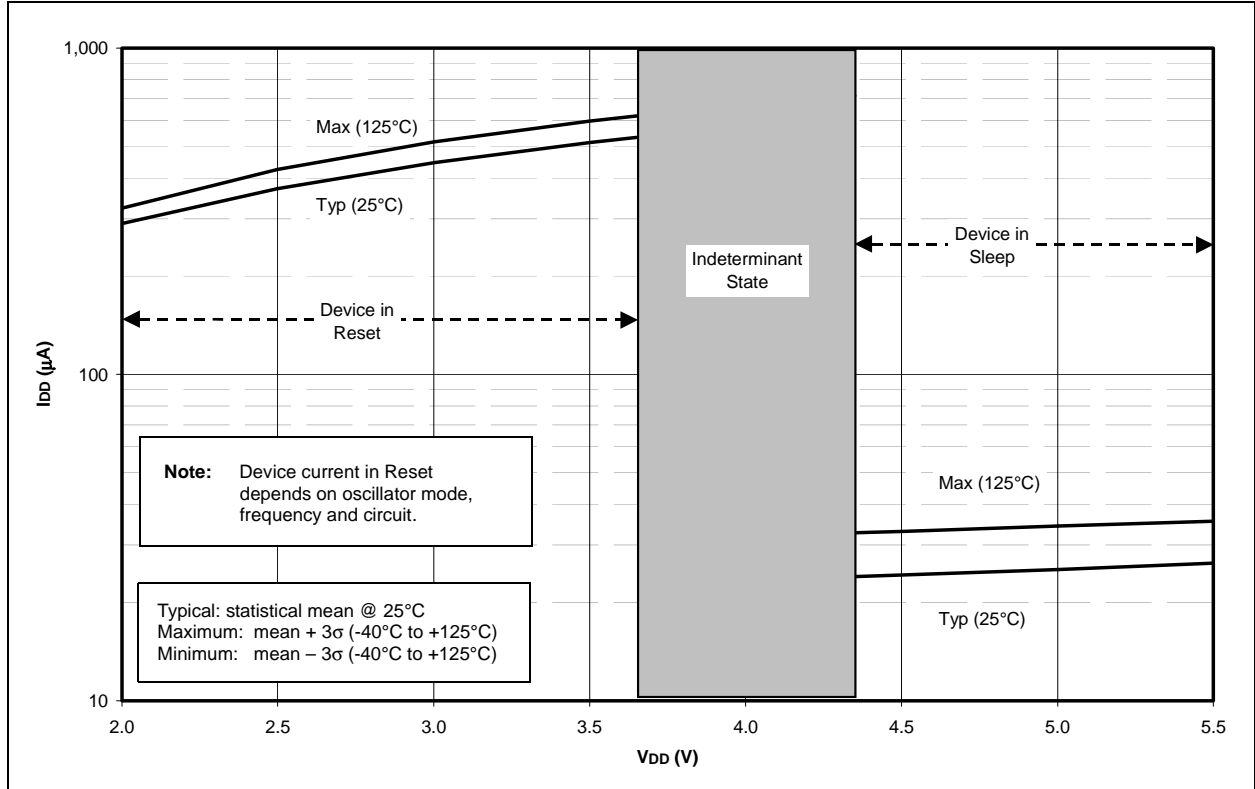
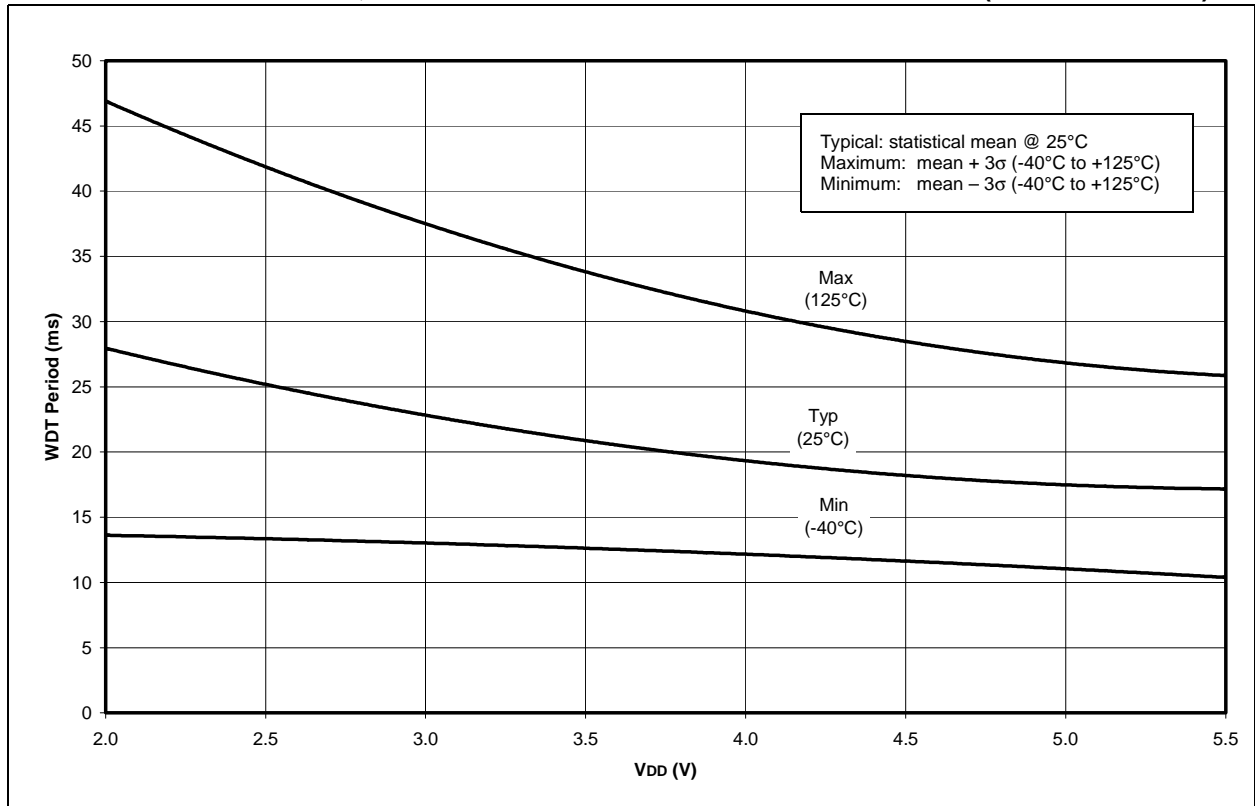


FIGURE 18-14: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM WDT PERIOD vs. V_{DD} (-40°C TO +125°C)



PIC16F87XA

FIGURE 18-15: AVERAGE WDT PERIOD vs. V_{DD} OVER TEMPERATURE (-40°C TO +125°C)

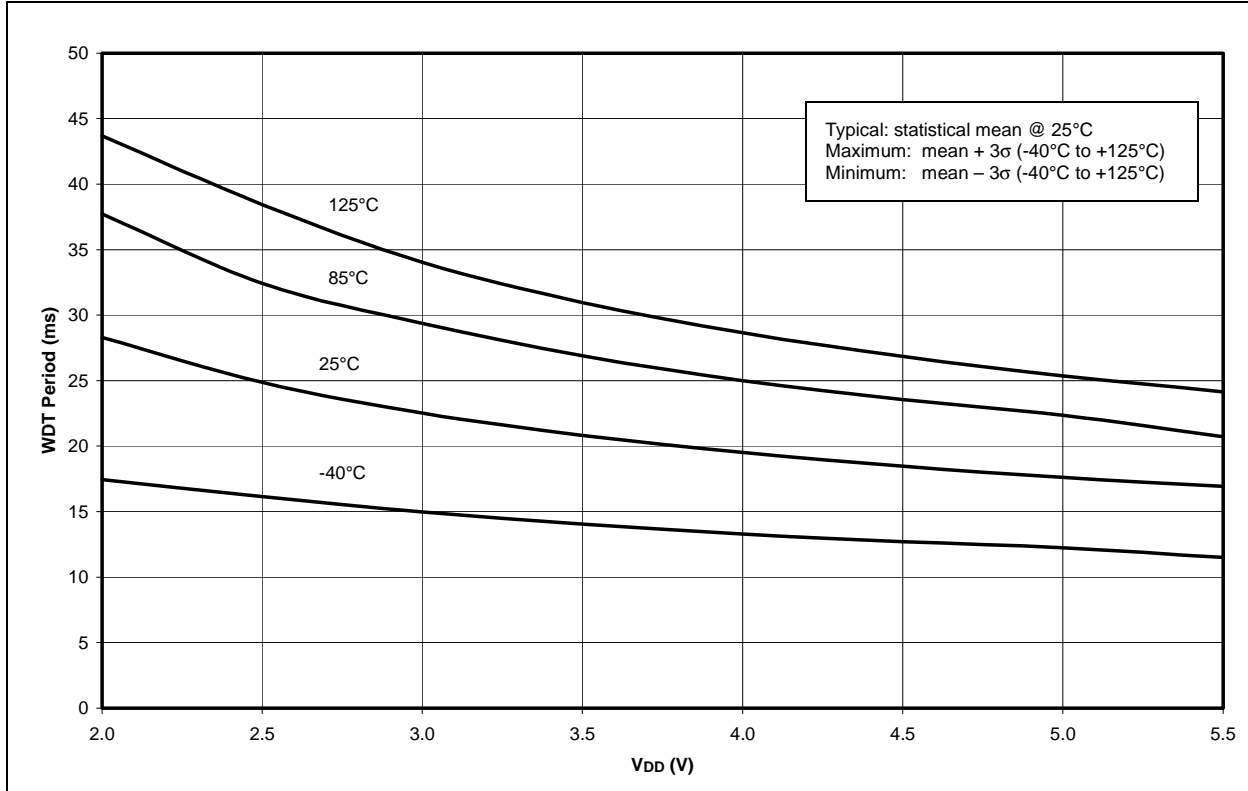


FIGURE 18-16: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OH} vs. I_{OH} (V_{DD} = 5V, -40°C TO +125°C)

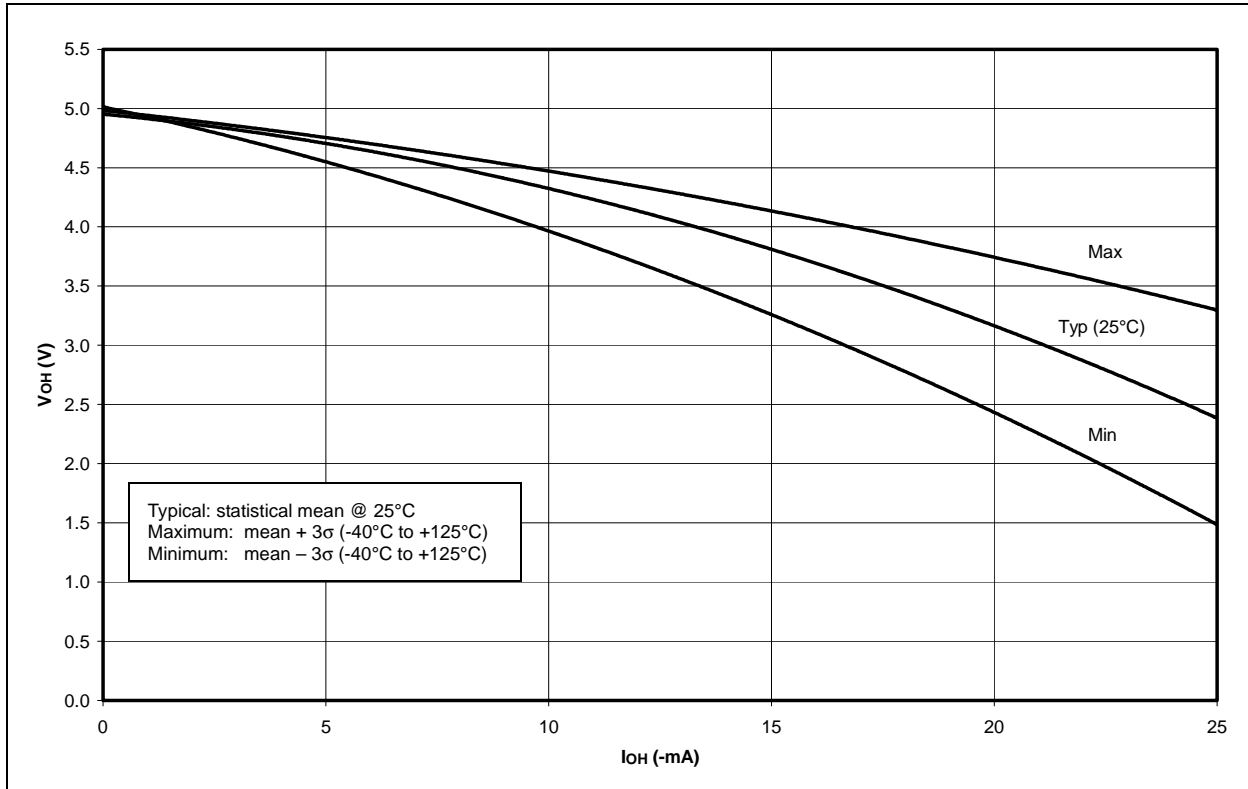


FIGURE 18-17: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OH} vs. I_{OH} ($V_{DD} = 3V$, $-40^{\circ}C$ TO $+125^{\circ}C$)

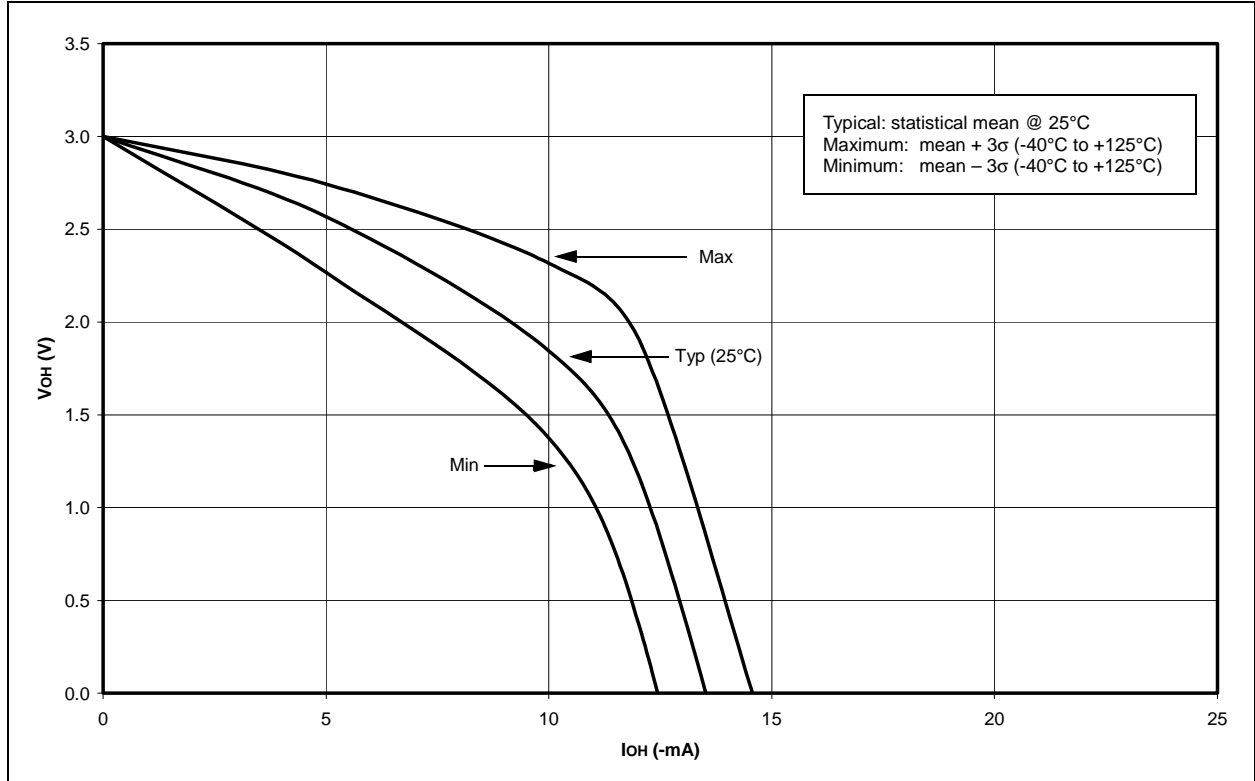
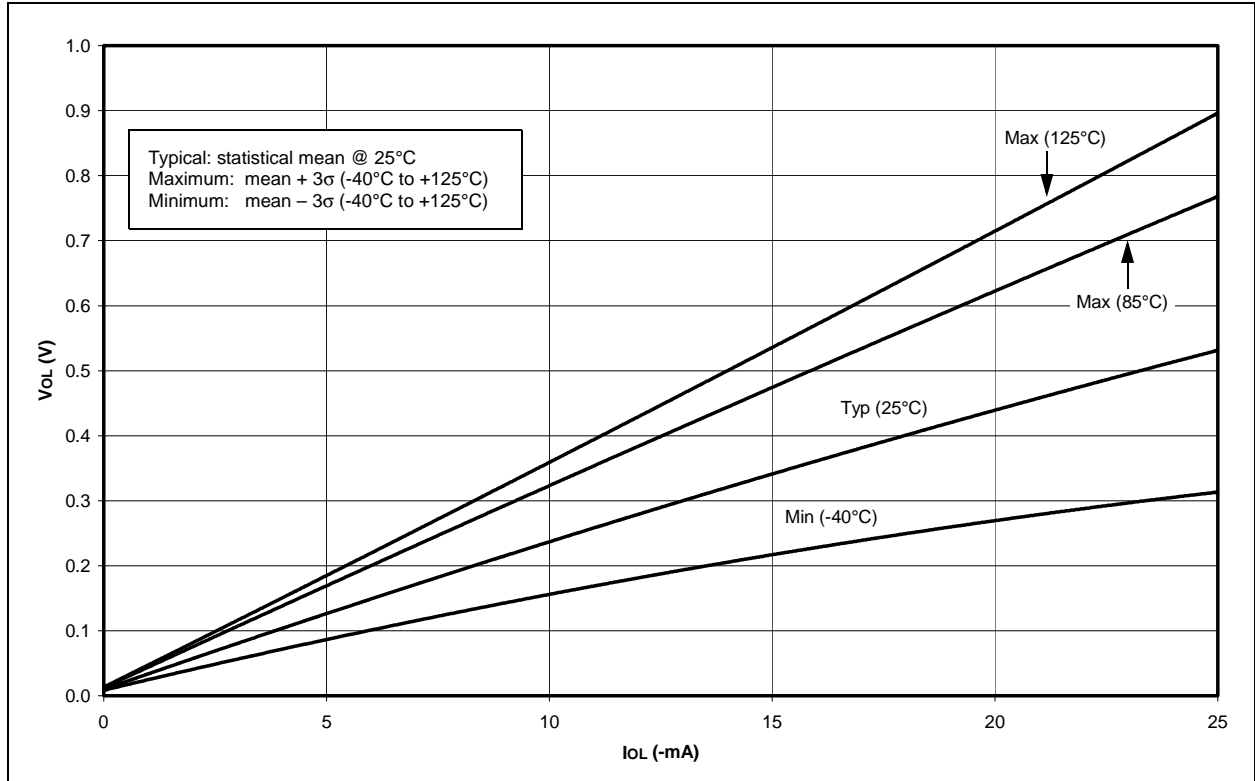


FIGURE 18-18: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OL} vs. I_{OL} ($V_{DD} = 5V$, $-40^{\circ}C$ TO $+125^{\circ}C$)



PIC16F87XA

FIGURE 18-19: TYPICAL, MINIMUM AND MAXIMUM V_{OL} vs. I_{OL} ($V_{DD} = 3V$, $-40^{\circ}C$ TO $+125^{\circ}C$)

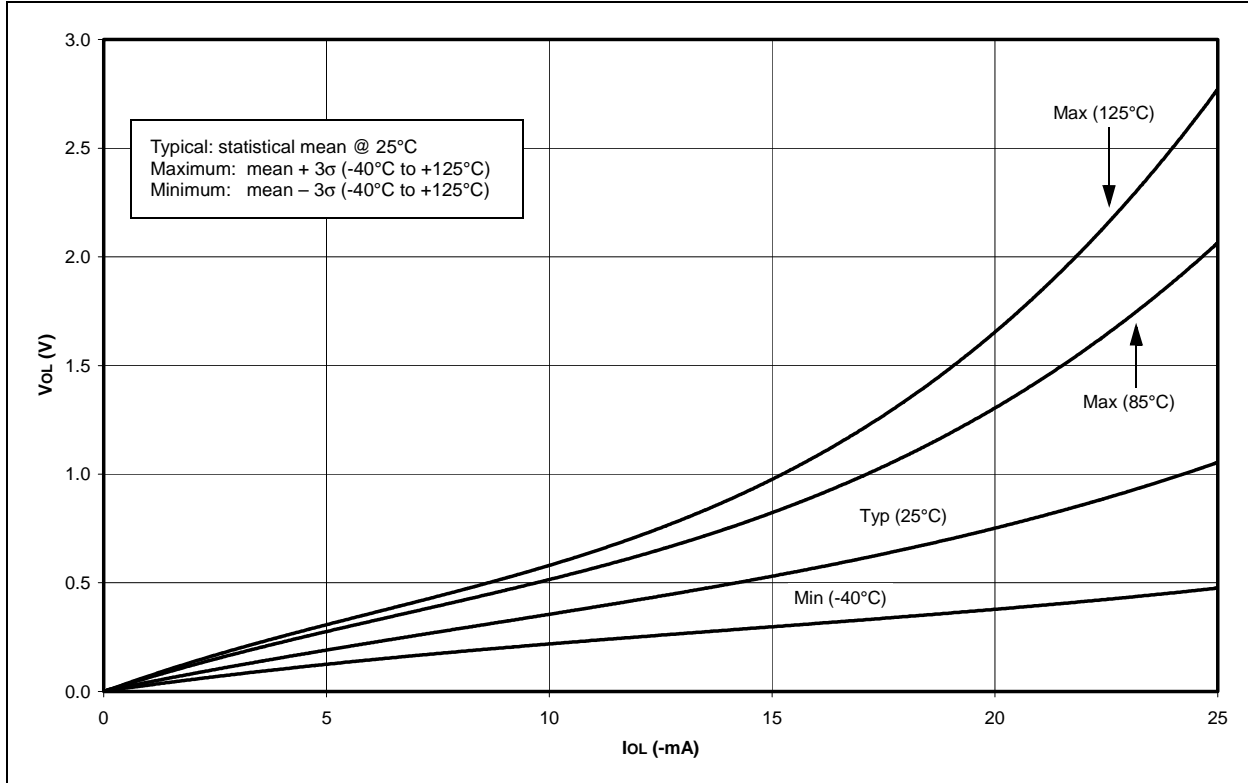


FIGURE 18-20: MINIMUM AND MAXIMUM V_{IN} vs. V_{DD} (TTL INPUT, $-40^{\circ}C$ TO $+125^{\circ}C$)

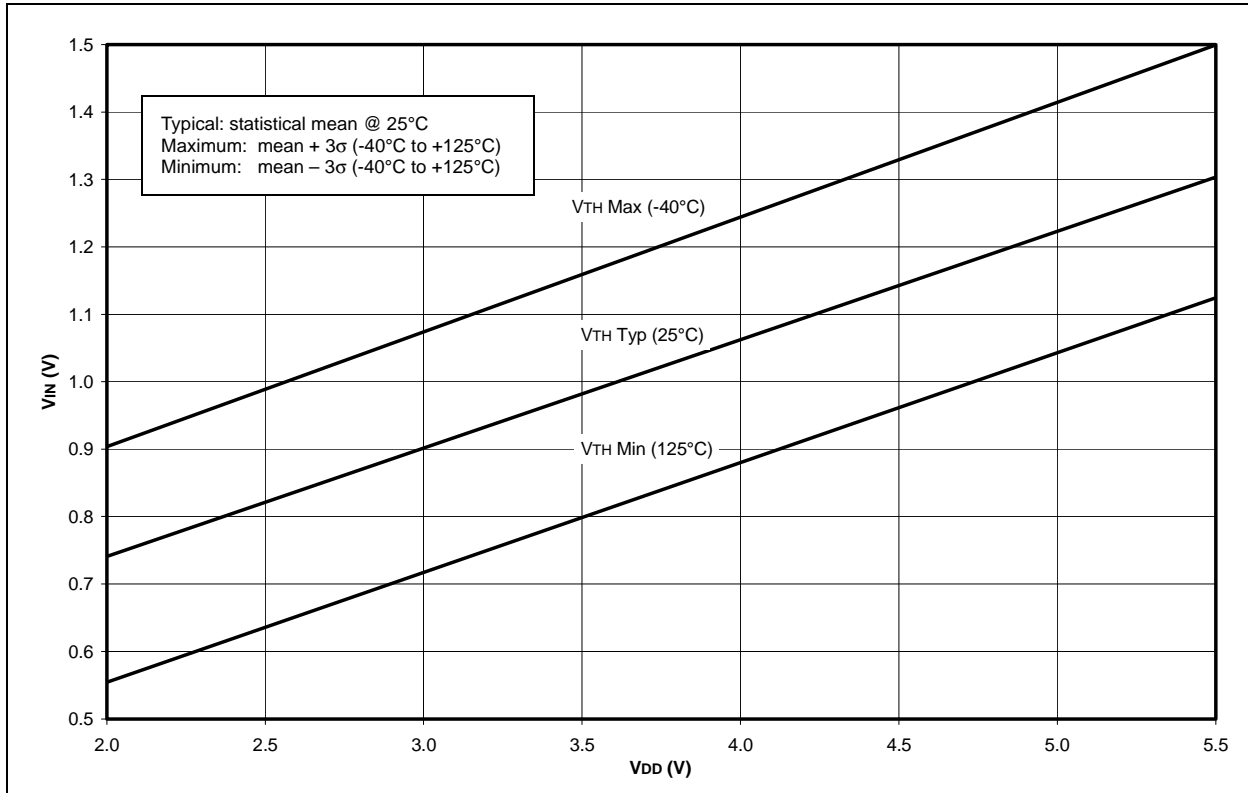


FIGURE 18-21: MINIMUM AND MAXIMUM V_{IN} vs. V_{DD} (ST INPUT, -40°C TO $+125^{\circ}\text{C}$)

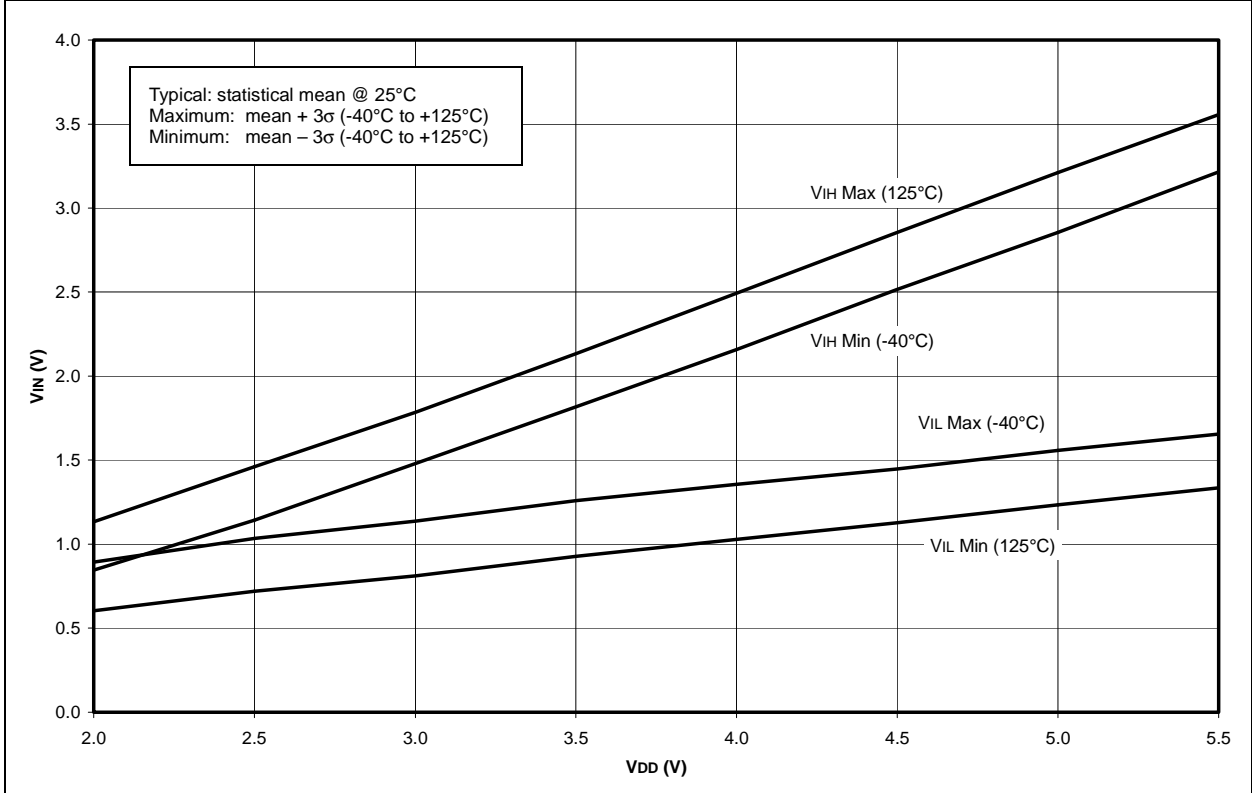
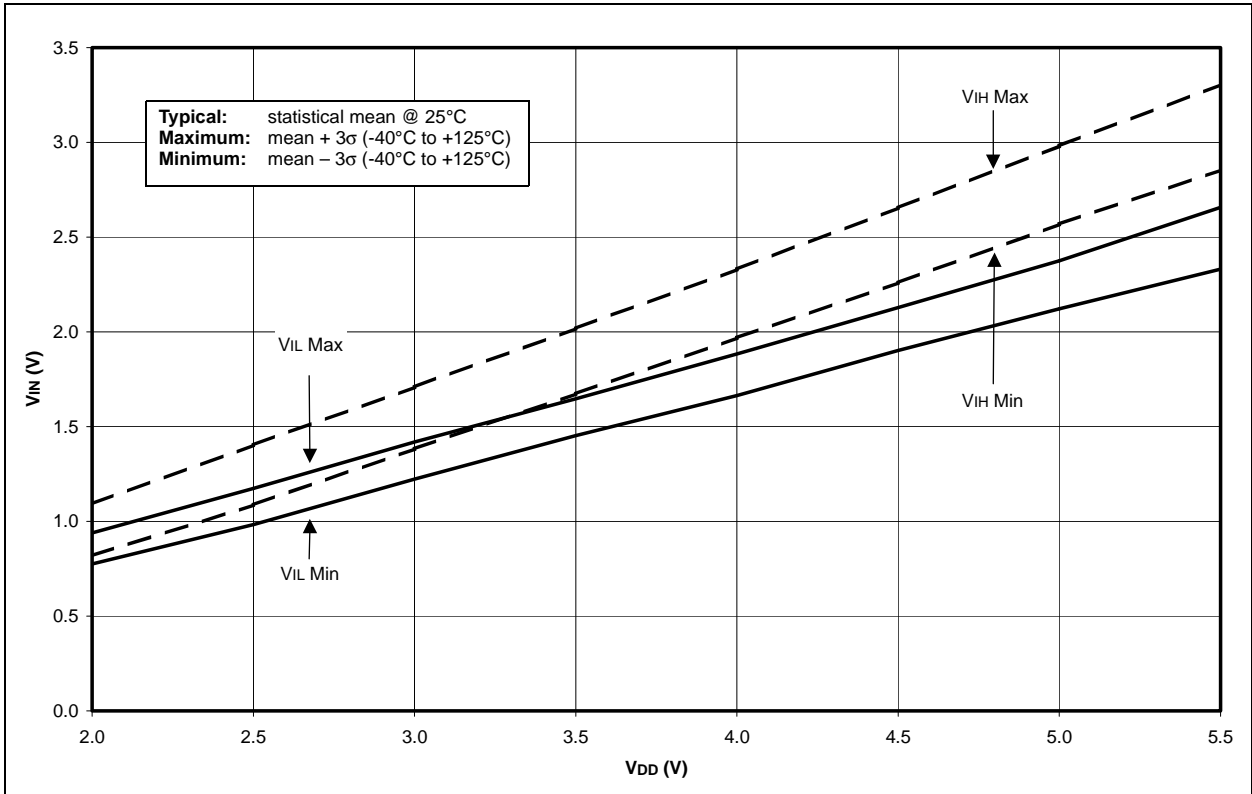


FIGURE 18-22: MINIMUM AND MAXIMUM V_{IN} vs. V_{DD} (I^2C INPUT, -40°C TO $+125^{\circ}\text{C}$)



PIC16F87XA

FIGURE 18-23: A/D NONLINEARITY vs. VREFH (VDD = VREFH, -40°C TO +125°C)

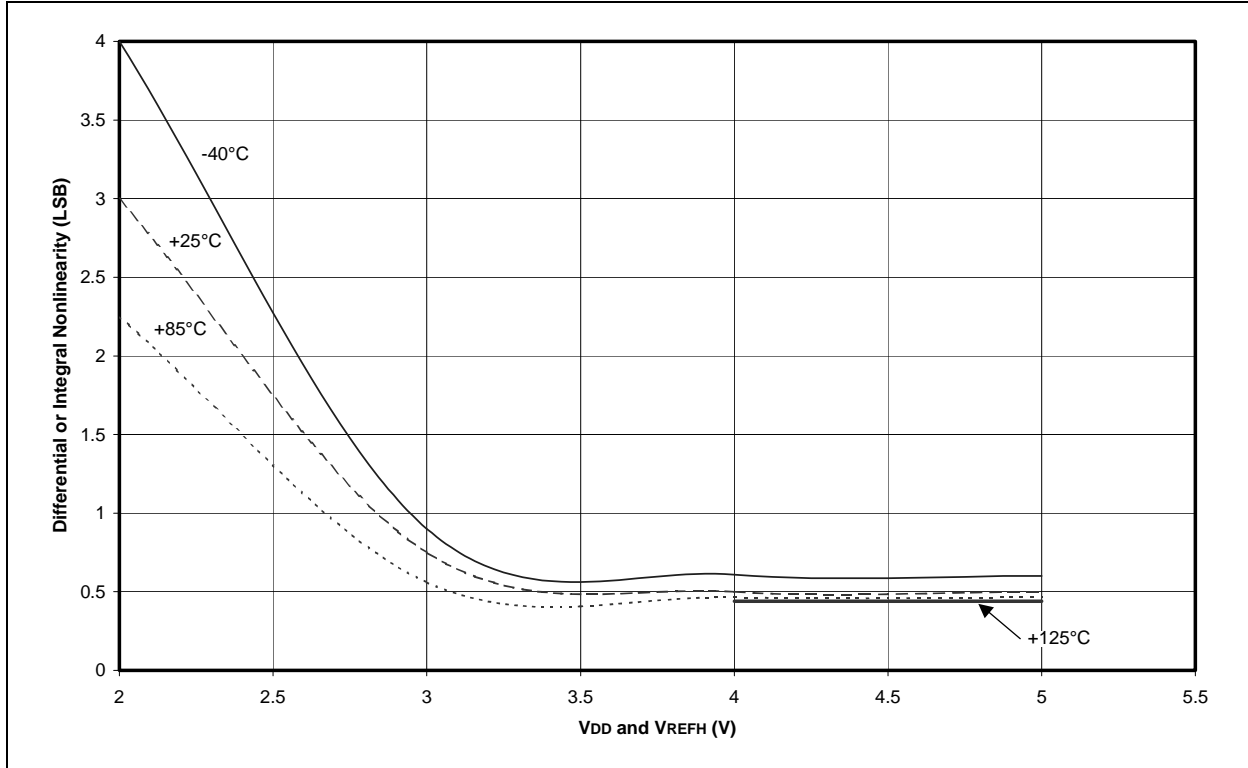
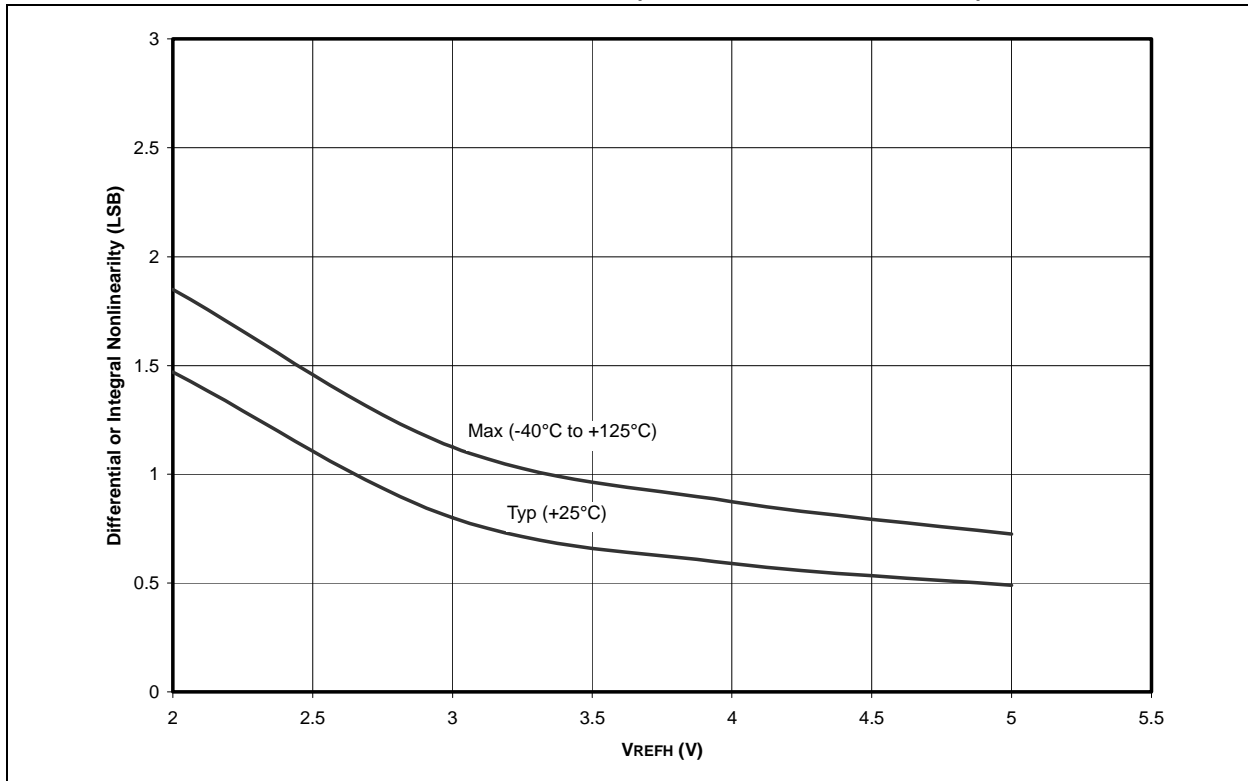


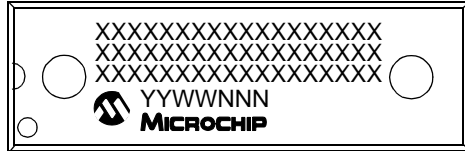
FIGURE 18-24: A/D NONLINEARITY vs. VREFH (VDD = 5V, -40°C TO +125°C)



19.0 PACKAGING INFORMATION

19.1 Package Marking Information

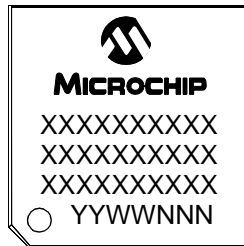
40-Lead PDIP



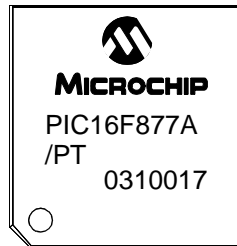
Example



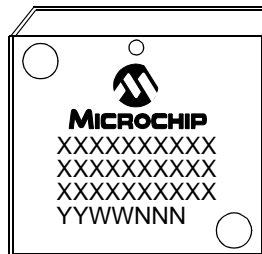
44-Lead TQFP



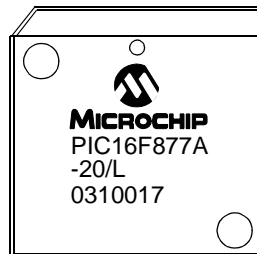
Example



44-Lead PLCC



Example



Legend:	XX...X	Customer specific information*
	Y	Year code (last digit of calendar year)
	YY	Year code (last 2 digits of calendar year)
	WW	Week code (week of January 1 is week '01')
	NNN	Alphanumeric traceability code

Note: In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line thus limiting the number of available characters for customer specific information.

* Standard PICmicro device marking consists of Microchip part number, year code, week code, and traceability code. For PICmicro device marking beyond this, certain price adders apply. Please check with your Microchip Sales Office. For QTP devices, any special marking adders are included in QTP price.

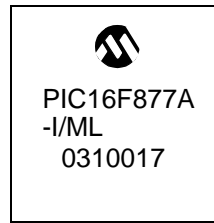
PIC16F87XA

Package Marking Information (Cont'd)

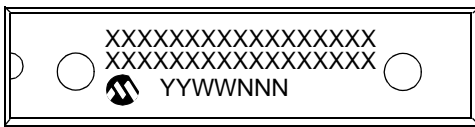
44-Lead QFN



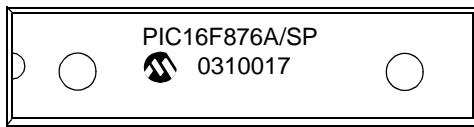
Example



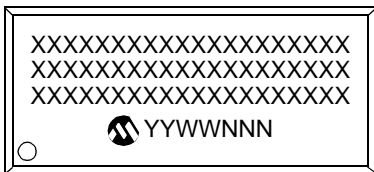
28-Lead PDIP (Skinny DIP)



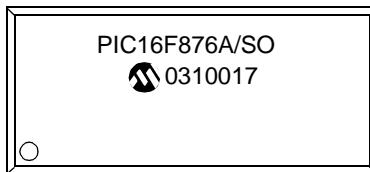
Example



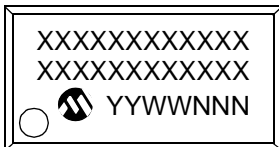
28-Lead SOIC



Example



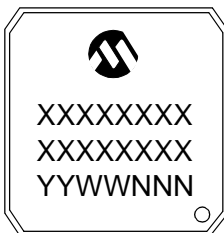
28-Lead SSOP



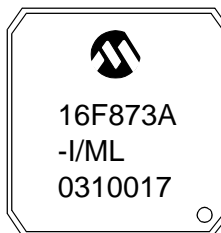
Example



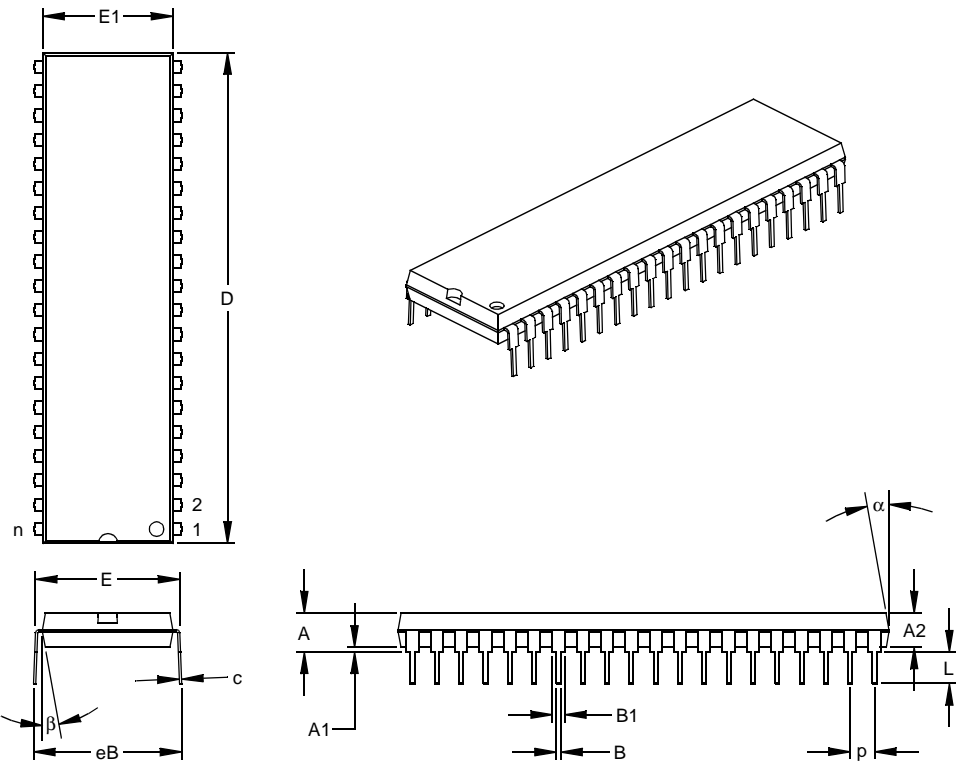
28-Lead QFN



Example



40-Lead Plastic Dual In-line (P) – 600 mil (PDIP)



Units		INCHES*			MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		40			40	
Pitch	p		.100			2.54	
Top to Seating Plane	A	.160	.175	.190	4.06	4.45	4.83
Molded Package Thickness	A2	.140	.150	.160	3.56	3.81	4.06
Base to Seating Plane	A1	.015			0.38		
Shoulder to Shoulder Width	E	.595	.600	.625	15.11	15.24	15.88
Molded Package Width	E1	.530	.545	.560	13.46	13.84	14.22
Overall Length	D	2.045	2.058	2.065	51.94	52.26	52.45
Tip to Seating Plane	L	.120	.130	.135	3.05	3.30	3.43
Lead Thickness	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
Upper Lead Width	B1	.030	.050	.070	0.76	1.27	1.78
Lower Lead Width	B	.014	.018	.022	0.36	0.46	0.56
Overall Row Spacing	§ eB	.620	.650	.680	15.75	16.51	17.27
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter

§ Significant Characteristic

Notes:

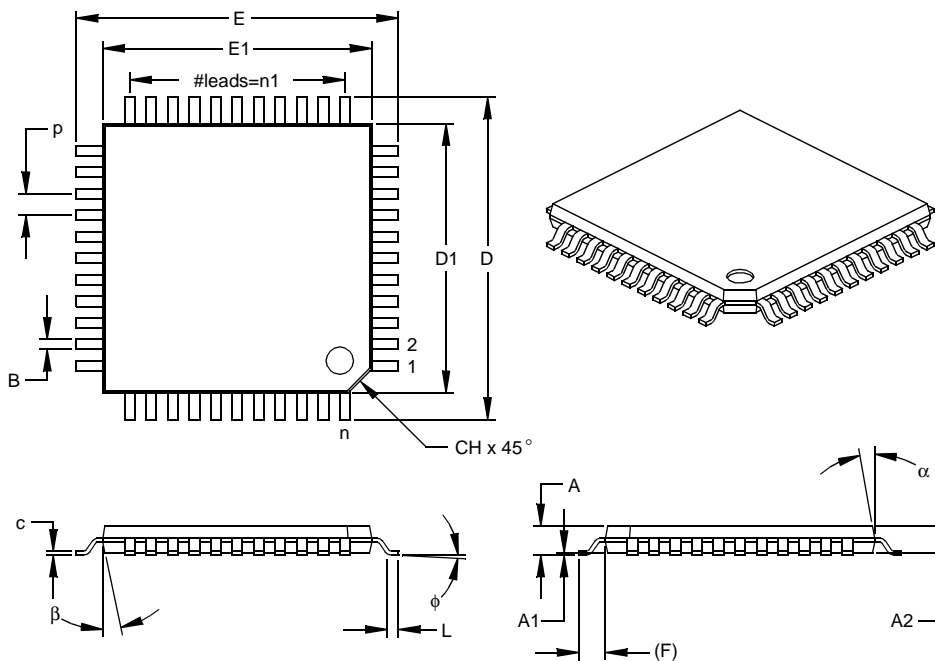
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MO-011

Drawing No. C04-016

PIC16F87XA

44-Lead Plastic Thin Quad Flatpack (PT) 10x10x1 mm Body, 1.0/0.10 mm Lead Form (TQFP)



Dimension Limits	Units	INCHES			MILLIMETERS*		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		44			44	
Pitch	p		.031			0.80	
Pins per Side	n1		11			11	
Overall Height	A	.039	.043	.047	1.00	1.10	1.20
Molded Package Thickness	A2	.037	.039	.041	0.95	1.00	1.05
Standoff §	A1	.002	.004	.006	0.05	0.10	0.15
Foot Length	L	.018	.024	.030	0.45	0.60	0.75
Footprint (Reference)	(F)		.039		1.00		
Foot Angle	ϕ	0	3.5	7	0	3.5	7
Overall Width	E	.463	.472	.482	11.75	12.00	12.25
Overall Length	D	.463	.472	.482	11.75	12.00	12.25
Molded Package Width	E1	.390	.394	.398	9.90	10.00	10.10
Molded Package Length	D1	.390	.394	.398	9.90	10.00	10.10
Lead Thickness	c	.004	.006	.008	0.09	0.15	0.20
Lead Width	B	.012	.015	.017	0.30	0.38	0.44
Pin 1 Corner Chamfer	CH	.025	.035	.045	0.64	0.89	1.14
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter

§ Significant Characteristic

Notes:

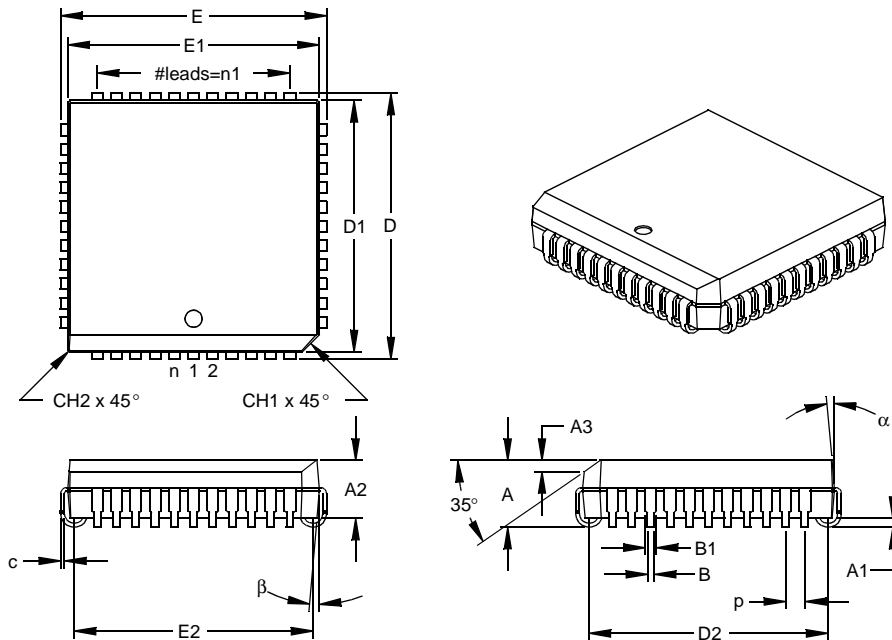
Dimensions D1 and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed

.010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MS-026

Drawing No. C04-076

44-Lead Plastic Leaded Chip Carrier (L) – Square (PLCC)



Dimension	Units	INCHES*			MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		44			44	
Pitch	p		.050			1.27	
Pins per Side	n1		11			11	
Overall Height	A	.165	.173	.180	4.19	4.39	4.57
Molded Package Thickness	A2	.145	.153	.160	3.68	3.87	4.06
Standoff §	A1	.020	.028	.035	0.51	0.71	0.89
Side 1 Chamfer Height	A3	.024	.029	.034	0.61	0.74	0.86
Corner Chamfer 1	CH1	.040	.045	.050	1.02	1.14	1.27
Corner Chamfer (others)	CH2	.000	.005	.010	0.00	0.13	0.25
Overall Width	E	.685	.690	.695	17.40	17.53	17.65
Overall Length	D	.685	.690	.695	17.40	17.53	17.65
Molded Package Width	E1	.650	.653	.656	16.51	16.59	16.66
Molded Package Length	D1	.650	.653	.656	16.51	16.59	16.66
Footprint Width	E2	.590	.620	.630	14.99	15.75	16.00
Footprint Length	D2	.590	.620	.630	14.99	15.75	16.00
Lead Thickness	c	.008	.011	.013	0.20	0.27	0.33
Upper Lead Width	B1	.026	.029	.032	0.66	0.74	0.81
Lower Lead Width	B	.013	.020	.021	0.33	0.51	0.53
Mold Draft Angle Top	α	0	5	10	0	5	10
Mold Draft Angle Bottom	β	0	5	10	0	5	10

* Controlling Parameter

§ Significant Characteristic

Notes:

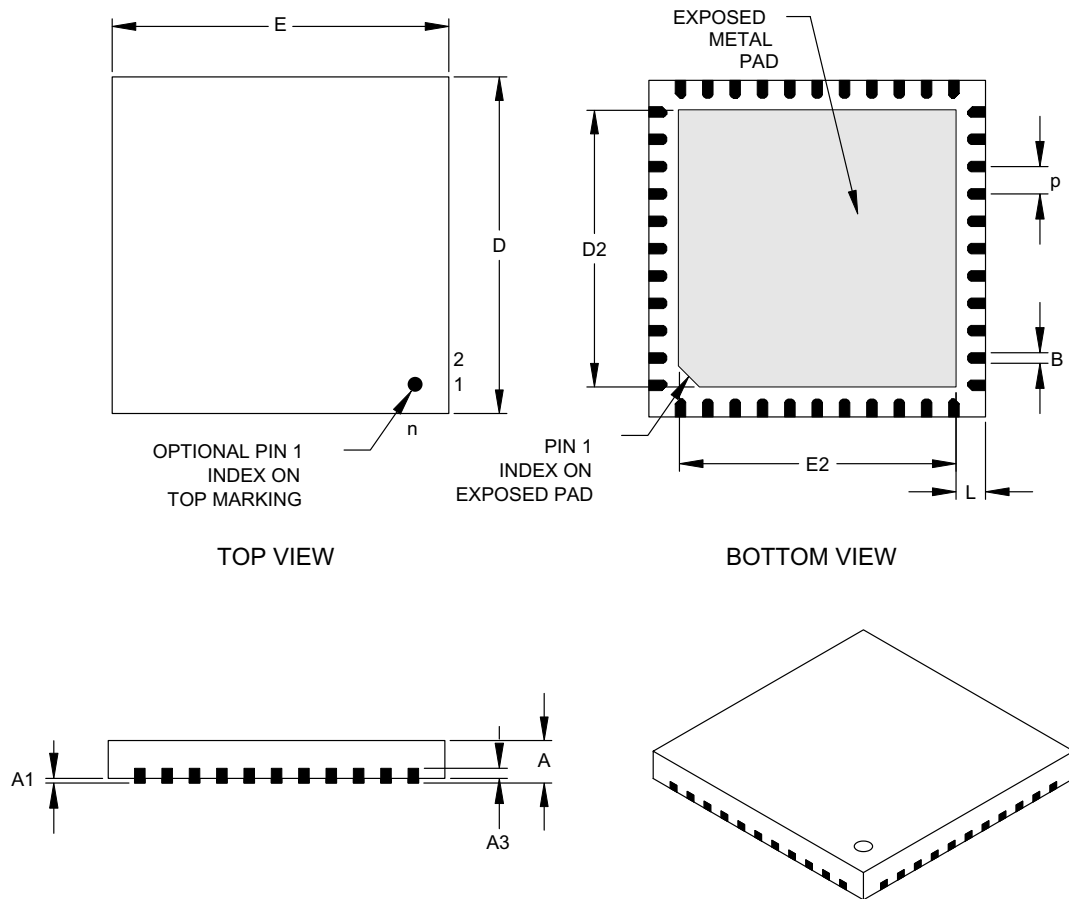
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MO-047

Drawing No. C04-048

PIC16F87XA

44-Lead Plastic Quad Flat No Lead Package (ML) 8x8 mm Body (QFN)



Units		INCHES			MILLIMETERS*		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		44			44	
Pitch	p	.026 BSC			0.65 BSC		
Overall Height	A	.031	.035	.039	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	.000	.001	.002	0	0.02	0.05
Base Thickness	A3	.010 REF			0.25 REF		
Overall Width	E	.315 BSC			8.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	.262	.268	.274	6.65	6.80	6.95
Overall Length	D	.315 BSC			8.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	.262	.268	.274	6.65	6.80	6.95
Lead Width	B	.012	.013	.013	0.30	0.33	0.35
Lead Length	L	.014	.016	.018	0.35	0.40	0.45

*Controlling Parameter

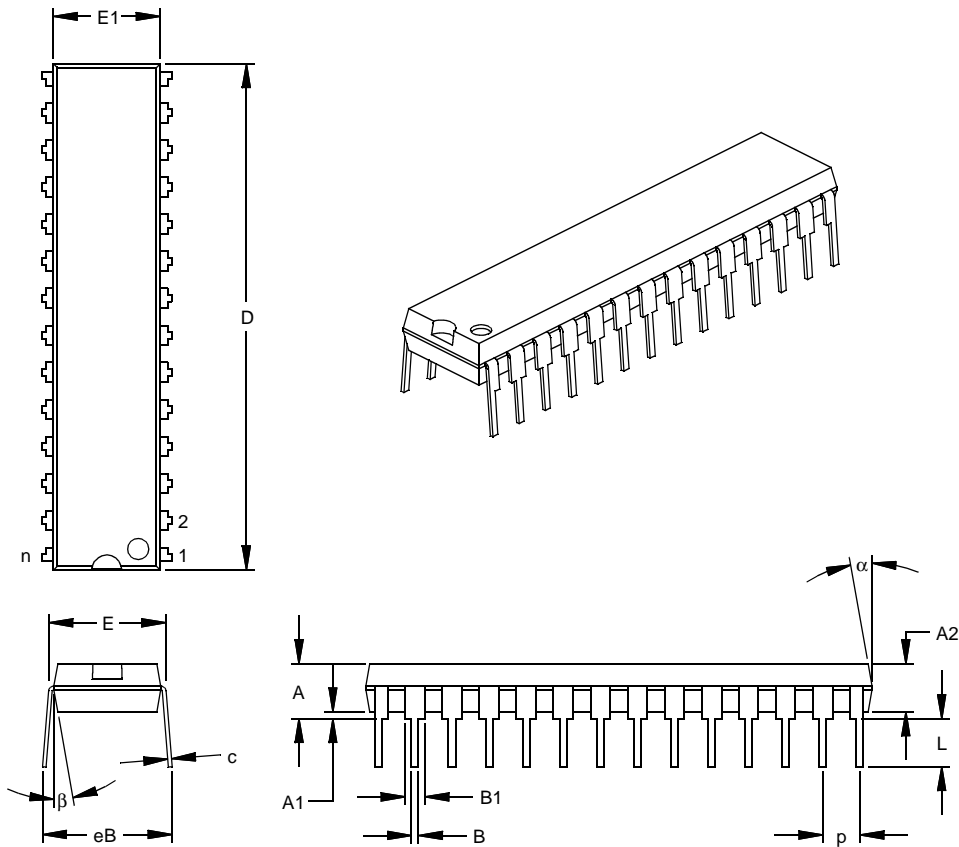
Notes:

Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC equivalent: M0-220

Drawing No. C04-103

28-Lead Skinny Plastic Dual In-line (SP) – 300 mil (PDIP)



Dimension Limits	Units	INCHES*			MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		28			28	
Pitch	p		.100			2.54	
Top to Seating Plane	A	.140	.150	.160	3.56	3.81	4.06
Molded Package Thickness	A2	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
Base to Seating Plane	A1	.015			0.38		
Shoulder to Shoulder Width	E	.300	.310	.325	7.62	7.87	8.26
Molded Package Width	E1	.275	.285	.295	6.99	7.24	7.49
Overall Length	D	1.345	1.365	1.385	34.16	34.67	35.18
Tip to Seating Plane	L	.125	.130	.135	3.18	3.30	3.43
Lead Thickness	c	.008	.012	.015	0.20	0.29	0.38
Upper Lead Width	B1	.040	.053	.065	1.02	1.33	1.65
Lower Lead Width	B	.016	.019	.022	0.41	0.48	0.56
Overall Row Spacing	§ eB	.320	.350	.430	8.13	8.89	10.92
Mold Draft Angle Top	α	5	10	15	5	10	15
Mold Draft Angle Bottom	β	5	10	15	5	10	15

* Controlling Parameter

§ Significant Characteristic

Notes:

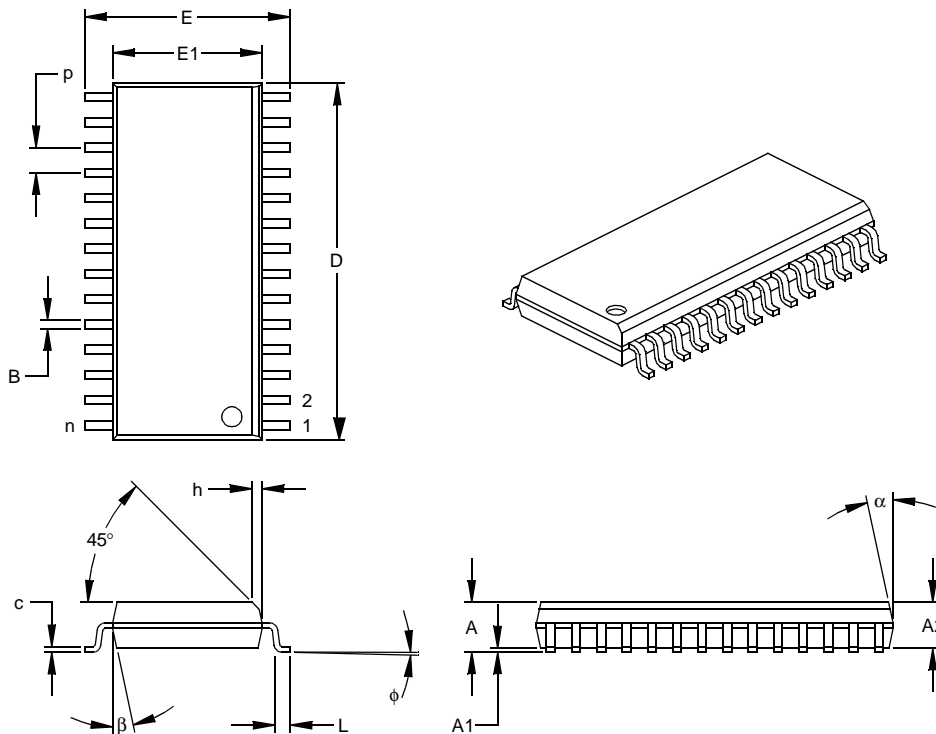
Dimension D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MO-095

Drawing No. C04-070

PIC16F87XA

28-Lead Plastic Small Outline (SO) – Wide, 300 mil (SOIC)



Dimension Limits	Units	INCHES*			MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n		28			28	
Pitch	p		.050			1.27	
Overall Height	A	.093	.099	.104	2.36	2.50	2.64
Molded Package Thickness	A2	.088	.091	.094	2.24	2.31	2.39
Standoff §	A1	.004	.008	.012	0.10	0.20	0.30
Overall Width	E	.394	.407	.420	10.01	10.34	10.67
Molded Package Width	E1	.288	.295	.299	7.32	7.49	7.59
Overall Length	D	.695	.704	.712	17.65	17.87	18.08
Chamfer Distance	h	.010	.020	.029	0.25	0.50	0.74
Foot Length	L	.016	.033	.050	0.41	0.84	1.27
Foot Angle Top	φ	0	4	8	0	4	8
Lead Thickness	c	.009	.011	.013	0.23	0.28	0.33
Lead Width	B	.014	.017	.020	0.36	0.42	0.51
Mold Draft Angle Top	α	0	12	15	0	12	15
Mold Draft Angle Bottom	β	0	12	15	0	12	15

* Controlling Parameter
 § Significant Characteristic

Notes:

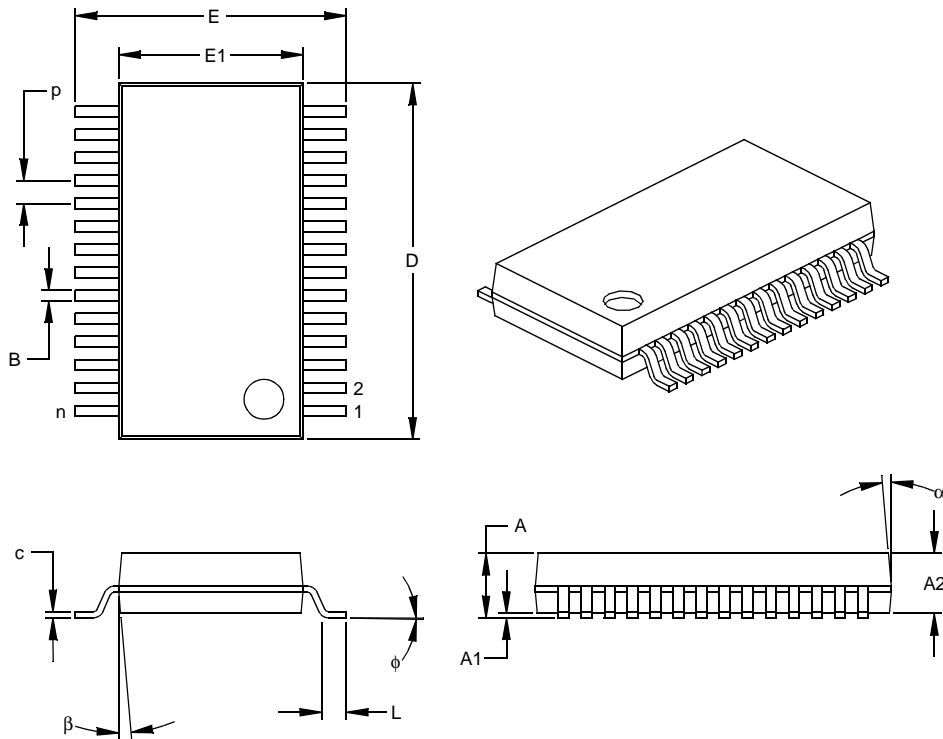
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MS-013

Drawing No. C04-052

PIC16F87XA

28-Lead Plastic Shrink Small Outline (SS) – 209 mil, 5.30 mm (SSOP)



Dimension Limits	Units	INCHES			MILLIMETERS*		
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n			28			28
Pitch	p		.026			0.65	
Overall Height	A	.068	.073	.078	1.73	1.85	1.98
Molded Package Thickness	A2	.064	.068	.072	1.63	1.73	1.83
Standoff §	A1	.002	.006	.010	0.05	0.15	0.25
Overall Width	E	.299	.309	.319	7.59	7.85	8.10
Molded Package Width	E1	.201	.207	.212	5.11	5.25	5.38
Overall Length	D	.396	.402	.407	10.06	10.20	10.34
Foot Length	L	.022	.030	.037	0.56	0.75	0.94
Lead Thickness	c	.004	.007	.010	0.10	0.18	0.25
Foot Angle	φ	0	4	8	0.00	101.60	203.20
Lead Width	B	.010	.013	.015	0.25	0.32	0.38
Mold Draft Angle Top	α	0	5	10	0	5	10
Mold Draft Angle Bottom	β	0	5	10	0	5	10

* Controlling Parameter
 § Significant Characteristic

Notes:

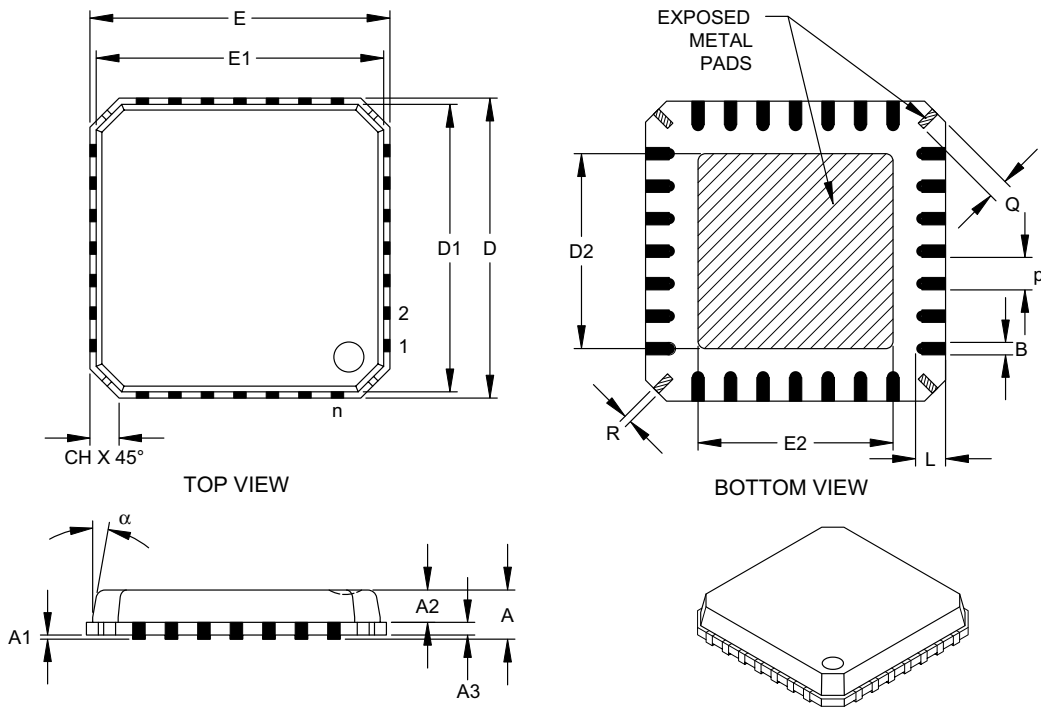
Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC Equivalent: MS-150

Drawing No. C04-073

PIC16F87XA

28-Lead Plastic Quad Flat No Lead Package (ML) 6x6 mm Body, Punch Singulated (QFN)



		Units	INCHES			MILLIMETERS*		
Dimension Limits			MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
Number of Pins	n			28			28	
Pitch	p		.026 BSC			0.65 BSC		
Overall Height	A			.033	.039		0.85	1.00
Molded Package Thickness	A2			.026	.031		0.65	0.80
Standoff	A1		.000	.0004	.002	0.00	0.01	0.05
Base Thickness	A3			.008 REF			0.20 REF	
Overall Width	E			.236 BSC			6.00 BSC	
Molded Package Width	E1			.226 BSC			5.75 BSC	
Exposed Pad Width	E2		.140	.146	.152	3.55	3.70	3.85
Overall Length	D			.236 BSC			6.00 BSC	
Molded Package Length	D1			.226 BSC			5.75 BSC	
Exposed Pad Length	D2		.140	.146	.152	3.55	3.70	3.85
Lead Width	B		.009	.011	.014	0.23	0.28	0.35
Lead Length	L		.020	.024	.030	0.50	0.60	0.75
Tie Bar Width	R		.005	.007	.010	0.13	0.17	0.23
Tie Bar Length	Q		.012	.016	.026	0.30	0.40	0.65
Chamfer	CH		.009	.017	.024	0.24	0.42	0.60
Mold Draft Angle Top	α				12°			12°

*Controlling Parameter

Notes:

Dimensions D and E1 do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed .010" (0.254mm) per side.

JEDEC equivalent: mMO-220

Drawing No. C04-114

APPENDIX A: REVISION HISTORY

Revision A (November 2001)

Original data sheet for PIC16F87XA devices. The devices presented are enhanced versions of the PIC16F87X microcontrollers discussed in the "PIC16F87X Data Sheet" (DS30292).

Revision B (October 2003)

This revision includes the DC and AC Characteristics Graphs and Tables. The Electrical Specifications in **Section 17.0 "Electrical Characteristics"** have been updated and there have been minor corrections to the data sheet text.

APPENDIX B: DEVICE DIFFERENCES

The differences between the devices in this data sheet are listed in Table B-1.

TABLE B-1: DIFFERENCES BETWEEN DEVICES IN THE PIC16F87XA FAMILY

	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Slave Port	No	Yes	No	Yes
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

PIC16F87XA

APPENDIX C: CONVERSION CONSIDERATIONS

Considerations for converting from previous versions of devices to the ones listed in this data sheet are listed in Table C-1.

TABLE C-1: CONVERSION CONSIDERATIONS

Characteristic	PIC16C7X	PIC16F87X	PIC16F87XA
Pins	28/40	28/40	28/40
Timers	3	3	3
Interrupts	11 or 12	13 or 14	14 or 15
Communication	PSP, USART, SSP (SPI, I ² C Slave)	PSP, USART, SSP (SPI, I ² C Master/Slave)	PSP, USART, SSP (SPI, I ² C Master/Slave)
Frequency	20 MHz	20 MHz	20 MHz
Voltage	2.5V-5.5V	2.2V-5.5V	2.0V-5.5V
A/D	8-bit, 4 conversion clock selects	10-bit, 4 conversion clock selects	10-bit, 7 conversion clock selects
CCP	2	2	2
Comparator	—	—	2
Comparator Voltage Reference	—	—	Yes
Program Memory	4K, 8K EPROM	4K, 8K Flash (Erase/Write on single-word)	4K, 8K Flash (Erase/Write on four-word blocks)
RAM	192, 368 bytes	192, 368 bytes	192, 368 bytes
EEPROM Data	None	128, 256 bytes	128, 256 bytes
Code Protection	On/Off	Segmented, starting at end of program memory	On/Off
Program Memory Write Protection	—	On/Off	Segmented, starting at beginning of program memory
Other	—	In-Circuit Debugger, Low-Voltage Programming	In-Circuit Debugger, Low-Voltage Programming

INDEX

A

A/D	127
Acquisition Requirements	130
ADCON0 Register	127
ADCON1 Register	127
ADIF Bit	129
ADRESH Register	127
ADRESL Register	127
Analog Port Pins	49, 51
Associated Registers and Bits	133
Calculating Acquisition Time	130
Configuring Analog Port Pins	131
Configuring the Interrupt	129
Configuring the Module	129
Conversion Clock	131
Conversions	132
Converter Characteristics	194
Effects of a Reset	133
GO/DONE Bit	129
Internal Sampling Switch (R _{ss}) Impedance	130
Operation During Sleep	133
Result Registers	132
Source Impedance	130
A/D Conversion Requirements	195
Absolute Maximum Ratings	173
ACKSTAT	101
ADCON0 Register	19
ADCON1 Register	20
Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter. See USART.	
ADRESH Register	19
ADRESL Register	20
Analog-to-Digital Converter. See A/D.	
Application Notes	
AN552 (Implementing Wake-up on Key Stroke)	44
AN556 (Implementing a Table Read)	30
Assembler	
MPASM Assembler	167
Asynchronous Reception	
Associated Registers	118, 120
Asynchronous Transmission	
Associated Registers	116

B

Banking, Data Memory	16, 22
Baud Rate Generator	97
Associated Registers	113
BCLIF	28
BF	101
Block Diagrams	
A/D	129
Analog Input Model	130, 139
Baud Rate Generator	97
Capture Mode Operation	65
Comparator I/O Operating Modes	136
Comparator Output	138
Comparator Voltage Reference	142
Compare Mode Operation	66
Crystal/Ceramic Resonator Operation (HS, XT or LP Osc Configuration)	145
External Clock Input Operation (HS, XT or LP Osc Configuration)	145

Interrupt Logic	153
MSSP (I ² C Mode)	80
MSSP (SPI Mode)	71
On-Chip Reset Circuit	147
PIC16F873A/PIC16F876A Architecture	6
PIC16F874A/PIC16F877A Architecture	7
PORTC	
Peripheral Output Override (RC2:0, RC7:5) Pins	46
Peripheral Output Override (RC4:3) Pins	46
PORTD (in I/O Port Mode)	48
PORTD and PORTE (Parallel Slave Port)	51
PORTE (In I/O Port Mode)	49
RA3:RA0 Pins	41
RA4/T0CKI Pin	42
RA5 Pin	42
RB3:RB0 Pins	44
RB7:RB4 Pins	44
RC Oscillator Mode	146
Recommended MCLR Circuit	148
Simplified PWM Mode	67
Timer0/WDT Prescaler	53
Timer1	58
Timer2	61
USART Receive	117, 119
USART Transmit	115
Watchdog Timer	155
BOR. See Brown-out Reset.	
BRG. See Baud Rate Generator.	
BRGH Bit	113
Brown-out Reset (BOR)	143, 147, 148, 149, 150
BOR Status (BOR Bit)	29
Bus Collision During a Repeated Start Condition	108
Bus Collision During a Start Condition	106
Bus Collision During a Stop Condition	109
Bus Collision Interrupt Flag bit, BCLIF	28

C

C Compilers	
MPLAB C17	168
MPLAB C18	168
MPLAB C30	168
Capture/Compare/PWM (CCP)	63
Associated Registers	
Capture, Compare and Timer1	68
PWM and Timer2	69
Capture Mode	65
CCP1IF	65
Prescaler	65
CCP Timer Resources	63
Compare	
Special Event Trigger Output of CCP1	66
Special Event Trigger Output of CCP2	66
Compare Mode	66
Software Interrupt Mode	66
Special Event Trigger	66
Interaction of Two CCP Modules (table)	63
PWM Mode	67
Duty Cycle	67
Example Frequencies/Resolutions (table)	68
PWM Period	67
Special Event Trigger and A/D Conversions	66

PIC16F87XA

Capture/Compare/PWM Requirements (CCP1 and CCP2)	186
CCP. See Capture/Compare/PWM.	
CCP1CON Register	19
CCP2CON Register	19
CCPR1H Register	19, 63
CCPR1L Register	19, 63
CCPR2H Register	19, 63
CCPR2L Register	19, 63
CCPxM0 Bit	64
CCPxM1 Bit	64
CCPxM2 Bit	64
CCPxM3 Bit	64
CCPxX Bit	64
CCPxY Bit	64
CLKO and I/O Timing Requirements	183
CMCON Register	20
Code Examples	
Call of a Subroutine in Page 1 from Page 0	30
Indirect Addressing	31
Initializing PORTA	41
Loading the SSPBUF (SSPSR) Register	74
Reading Data EEPROM	35
Reading Flash Program Memory	36
Saving Status, W and PCLATH Registers in RAM	154
Writing to Data EEPROM	35
Writing to Flash Program Memory	38
Code Protection	143, 157
Comparator Module	135
Analog Input Connection	
Considerations	139
Associated Registers	140
Configuration	136
Effects of a Reset	139
Interrupts	138
Operation	137
Operation During Sleep	139
Outputs	137
Reference	137
Response Time	137
Comparator Specifications	180
Comparator Voltage Reference	141
Associated Registers	142
Computed GOTO	30
Configuration Bits	143
Configuration Word	144
Conversion Considerations	220
CVRCON Register	20
D	
Data EEPROM and Flash Program Memory	
EEADR Register	33
EEADRH Register	33
EECON1 Register	33
EECON2 Register	33
EEDATA Register	33
EEDATH Register	33
Data EEPROM Memory	
Associated Registers	39
EEADR Register	33
EEADRH Register	33
EECON1 Register	33
EECON2 Register	33
Operation During Code-Protect	39
Protection Against Spurious Writes	39
Reading	35
Write Complete Flag Bit (EEIF)	33
Writing	35
Data Memory	16
Bank Select (RP1:RP0 Bits)	16, 22
General Purpose Registers	16
Register File Map	17, 18
Special Function Registers	19
DC and AC Characteristics Graphs and Tables	197
DC Characteristics	175–179
Demonstration Boards	
PICDEM 1	170
PICDEM 17	170
PICDEM 18R PIC18C601/801	171
PICDEM 2 Plus	170
PICDEM 3 PIC16C92X	170
PICDEM 4	170
PICDEM LIN PIC16C43X	171
PICDEM USB PIC16C7X5	171
PICDEM.net Internet/Ethernet	170
Development Support	167
Device Differences	219
Device Overview	5
Direct Addressing	31
E	
EEADR Register	21, 33
EEADRH Register	21, 33
EECON1 Register	21, 33
EECON2 Register	21, 33
EEDATA Register	21
EEDATH Register	21
Electrical Characteristics	173
Errata	4
Evaluation and Programming Tools	171
External Clock Timing Requirements	182
External Interrupt Input (RB0/INT). See Interrupt Sources.	
External Reference Signal	137
F	
Firmware Instructions	159
Flash Program Memory	
Associated Registers	39
EECON1 Register	33
EECON2 Register	33
Reading	36
Writing	37
FSR Register	19, 20, 31
G	
General Call Address Support	94

I

I/O Ports	41
I ² C Bus Data Requirements	192
I ² C Bus Start/Stop Bits Requirements	191
I ² C Mode	
Registers	80
I ² C Mode	80
ACK Pulse	84, 85
Acknowledge Sequence Timing	104
Baud Rate Generator	97
Bus Collision	
Repeated Start Condition	108
Start Condition	106
Stop Condition	109
Clock Arbitration	98
Effect of a Reset	105
General Call Address Support	94
Master Mode	95
Operation	96
Repeated Start Timing	100
Master Mode Reception	101
Master Mode Start Condition	99
Master Mode Transmission	101
Multi-Master Communication, Bus Collision and Arbitration	105
Multi-Master Mode	105
Read/Write Bit Information (R/W Bit)	84, 85
Serial Clock (RC3/SCK/SCL)	85
Slave Mode	84
Addressing	84
Reception	85
Transmission	85
Sleep Operation	105
Stop Condition Timing	104
ID Locations	143, 157
In-Circuit Debugger	143, 157
Resources	157
In-Circuit Serial Programming (ICSP)	143, 158
INDF Register	19, 20, 31
Indirect Addressing	31
FSR Register	16
Instruction Format	159
Instruction Set	159
ADDLW	161
ADDWF	161
ANDLW	161
ANDWF	161
BCF	161
BSF	161
BTFSC	161
BTFSS	161
CALL	162
CLRF	162
CLRWF	162
CLRWDI	162
COMF	162
DECF	162
DECFSZ	163
GOTO	163
INCF	163
INCFSSZ	163
IORLW	163
IORWF	163
RETURN	164
RLF	164

RRF	164
SLEEP	164
SUBLW	164
SUBWF	164
SWAPF	165
XORLW	165
XORWF	165
Summary Table	160
INT Interrupt (RB0/INT). See Interrupt Sources.	
INTCON Register	24
GIE Bit	24
INTE Bit	24
INTF Bit	24
PEIE Bit	24
RBIE Bit	24
RBIF Bit	24, 44
TMR0IE Bit	24
TMR0IF Bit	24
Inter-Integrated Circuit. See I ² C.	
Internal Reference Signal	137
Internal Sampling Switch (Rss) Impedance	130
Interrupt Sources	143, 153
Interrupt-on-Change (RB7:RB4)	44
RB0/INT Pin, External	9, 11, 154
TMR0 Overflow	154
USART Receive/Transmit Complete	111
Interrupts	
Bus Collision Interrupt	28
Synchronous Serial Port Interrupt	26
Interrupts, Context Saving During	154
Interrupts, Enable Bits	
Global Interrupt Enable (GIE Bit)	24, 153
Interrupt-on-Change (RB7:RB4) Enable (RBIE Bit)	24, 154
Peripheral Interrupt Enable (PEIE Bit)	24
RB0/INT Enable (INTE Bit)	24
TMR0 Overflow Enable (TMR0IE Bit)	24
Interrupts, Flag Bits	
Interrupt-on-Change (RB7:RB4) Flag (RBIF Bit)	24, 44, 154
RB0/INT Flag (INTF Bit)	24
TMR0 Overflow Flag (TMR0IF Bit)	24, 154

L

Loading of PC	30
Low-Voltage ICSP Programming	158
Low-Voltage In-Circuit Serial Programming	143

M

Master Clear (MCLR)	8
MCLR Reset, Normal Operation	147, 149, 150
MCLR Reset, Sleep	147, 149, 150
Master Synchronous Serial Port (MSSP). See MSSP.	
MCLR	148
MCLR/VPP	10
Memory Organization	15
Data EEPROM Memory	33
Data Memory	16
Flash Program Memory	33
Program Memory	15
MPLAB ASM30 Assembler, Linker, Librarian	168
MPLAB ICD 2 In-Circuit Debugger	169
MPLAB ICE 2000 High-Performance Universal In-Circuit Emulator	169

PIC16F87XA

MPLAB ICE 4000 High-Performance Universal		
In-Circuit Emulator	169	
MPLAB Integrated Development		
Environment Software	167	
MPLINK Object Linker/MPLIB Object Librarian	168	
MSSP	71	
I ² C Mode. See I ² C.		
SPI Mode	71	
SPI Mode. See SPI.		
MSSP Module		
Clock Stretching	90	
Clock Synchronization and the CKP Bit	91	
Control Registers (General)	71	
Operation	84	
Overview	71	
SPI Master Mode	76	
SPI Slave Mode	77	
SSPBUF	76	
SSPSR	76	
Multi-Master Mode	105	
O		
Opcode Field Descriptions	159	
OPTION_REG Register	23	
INTEDG Bit	23	
PS2:PS0 Bits	23	
PSA Bit	23	
RBPU Bit	23	
T0CS Bit	23	
T0SE Bit	23	
OSC1/CLKI Pin	8, 10	
OSC2/CLKO Pin	8, 10	
Oscillator Configuration		
HS	145, 149	
LP	145, 149	
RC	145, 146, 149	
XT	145, 149	
Oscillator Selection	143	
Oscillator Start-up Timer (OST)	143, 148	
Oscillator, WDT	155	
Oscillators		
Capacitor Selection	146	
Ceramic Resonator Selection	145	
Crystal and Ceramic Resonators	145	
RC	146	
P		
Package Information		
Marking	209	
Packaging Information	209	
Paging, Program Memory	30	
Parallel Slave Port (PSP)	13, 48, 51	
Associated Registers	52	
RE0/ \overline{RD} /AN5 Pin	49, 51	
RE1/ \overline{WR} /AN6 Pin	49, 51	
RE2/CS/AN7 Pin	49, 51	
Select (PSPMODE Bit)	48, 49, 50, 51	
Parallel Slave Port Requirements		
(PIC16F874A/ 877A Only)	187	
PCL Register	19, 20, 30	
PCLATH Register	19, 20, 30	
PCON Register	20, 29, 149	
BOR Bit	29	
POR Bit	29	
PIC16F87XA Product Identification System	231	
PICkit 1 Flash Starter Kit	171	
PICSTART Plus Development Programmer	169	
PIE1 Register	20, 25	
PIE2 Register	20, 27	
Pinout Descriptions		
PIC16F873A/PIC16F876A	8	
PIR1 Register	19, 26	
PIR2 Register	19, 28	
POP	30	
POR. See Power-on Reset.		
PORTA	8, 10	
Associated Registers	43	
Functions	43	
PORTA Register	19, 41	
TRISA Register	41	
PORTB	9, 11	
Associated Registers	45	
Functions	45	
PORTB Register	19, 44	
Pull-up Enable (\overline{RBPU} Bit)	23	
RB0/INT Edge Select (INTEDG Bit)	23	
RB0/INT Pin, External	9, 11, 154	
RB7:RB4 Interrupt-on-Change	154	
RB7:RB4 Interrupt-on-Change Enable		
(RBIE Bit)	24, 154	
RB7:RB4 Interrupt-on-Change Flag		
(RBIF Bit)	24, 44, 154	
TRISB Register	21, 44	
PORTB Register	21	
PORTC	9, 12	
Associated Registers	47	
Functions	47	
PORTC Register	19, 46	
RC3/SCK/SCL Pin	85	
RC6/TX/CK Pin	112	
RC7/RX/DT Pin	112, 113	
TRISC Register	46, 111	
PORTD	13, 51	
Associated Registers	48	
Functions	48	
Parallel Slave Port (PSP) Function	48	
PORTD Register	19, 48	
TRISD Register	48	
PORTE	13	
Analog Port Pins	49, 51	
Associated Registers	50	
Functions	49	
Input Buffer Full Status (IBF Bit)	50	
Input Buffer Overflow (IBOV Bit)	50	
Output Buffer Full Status (OBF Bit)	50	
PORTE Register	19, 49	
PSP Mode Select (PSPMODE Bit)	48, 49, 50, 51	
RE0/ \overline{RD} /AN5 Pin	49, 51	
RE1/ \overline{WR} /AN6 Pin	49, 51	
RE2/CS/AN7 Pin	49, 51	
TRISE Register	49	
Postscaler, WDT		
Assignment (PSA Bit)	23	
Rate Select (PS2:PS0 Bits)	23	
Power-down Mode. See Sleep.		
Power-on Reset (\overline{POR})	143, 147, 148, 149, 150	
POR Status (\overline{POR} Bit)	29	
Power Control (PCON) Register	149	
Power-down (PD Bit)	22, 147	
Power-up Timer (PWRT)	143	
Time-out (\overline{TO} Bit)	22, 147	

PIC16F87XA

Power-up Timer (PWRT)	148	RE0/ \overline{RD} /AN5 Pin	13
PR2 Register	20, 61	RE1/ \overline{WR} /AN6 Pin	13
Prescaler, Timer0		RE2/ \overline{CS} /AN7 Pin	13
Assignment (PSA Bit)	23	Read-Modify-Write Operations	159
Rate Select (PS2:PS0 Bits)	23	Register File	16
PRO MATE II Universal Device Programmer	169	Register File Map (PIC16F873A/874A)	18
Program Counter		Register File Map (PIC16F876A/877A)	17
Reset Conditions	149	Registers	
Program Memory	15	ADCON0 (A/D Control 0)	127
Interrupt Vector	15	ADCON1 (A/D Control 1)	128
Paging	30	CCP1CON/CCP2CON (CCP Control 1 and CCP Control 2)	64
Program Memory Map and Stack (PIC16F873A/874A)	15	CMCON (Comparator Control)	135
Program Memory Map and Stack (PIC16F876A/877A)	15	CVRCON (Comparator Voltage Reference Control)	141
Reset Vector	15	EECON1 (EEPROM Control 1)	34
Program Verification	157	FSR	31
Programming Pin (VPP)	8	INTCON	24
Programming, Device Instructions	159	OPTION_REG	23, 54
PSP. See Parallel Slave Port.		PCON (Power Control)	29
Pulse Width Modulation. See Capture/Compare/PWM, PWM Mode.		PIE1 (Peripheral Interrupt Enable 1)	25
PUSH	30	PIE2 (Peripheral Interrupt Enable 2)	27
R		PIR1 (Peripheral Interrupt Request 1)	26
RA0/AN0 Pin	8, 10	PIR2 (Peripheral Interrupt Request 2)	28
RA1/AN1 Pin	8, 10	RCSTA (Receive Status and Control)	112
RA2/AN2/ $\overline{V}/\overline{REF}/\overline{CVREF}$ Pin	8, 10	Special Function, Summary	19
RA3/AN3/ $\overline{V}/\overline{REF}+$ Pin	8, 10	SSPCON (MSSP Control 1, I ² C Mode)	82
RA4/T0CKI/C1OUT Pin	8, 10	SSPCON (MSSP Control 1, SPI Mode)	73
RA5/AN4/ $\overline{SS}/\overline{C2OUT}$ Pin	8, 10	SSPCON2 (MSSP Control 2, I ² C Mode)	83
RAM. See Data Memory.		SSPSTAT (MSSP Status, I ² C Mode)	81
RB0/INT Pin	9, 11	SSPSTAT (MSSP Status, SPI Mode)	72
RB1 Pin	9, 11	Status	22
RB2 Pin	9, 11	T1CON (Timer1 Control)	57
RB3/PGM Pin	9, 11	T2CON (Timer2 Control)	61
RB4 Pin	9, 11	TRISE Register	50
RB5 Pin	9, 11	TXSTA (Transmit Status and Control)	111
RB6/PGC Pin	9, 11	Reset	143, 147
RB7/PGD Pin	9, 11	Brown-out Reset (BOR). See Brown-out Reset (BOR).	
RC0/T1OSO/T1CKI Pin	9, 12	MCLR Reset. See MCLR.	
RC1/T1OSI/CCP2 Pin	9, 12	Power-on Reset (POR). See Power-on Reset (POR).	
RC2/CCP1 Pin	9, 12	Reset Conditions for PCON Register	149
RC3/SCK/SCL Pin	9, 12	Reset Conditions for Program Counter	149
RC4/SDI/SDA Pin	9, 12	Reset Conditions for Status Register	149
RC5/SDO Pin	9, 12	WDT Reset. See Watchdog Timer (WDT).	
RC6/TX/CK Pin	9, 12	Reset, Watchdog Timer, Oscillator Start-up Timer, Power-up Timer and Brown-out Reset	
RC7/RX/DT Pin	9, 12	Requirements	184
RCREG Register	19	Revision History	219
RCSTA Register	19	S	
ADDEN Bit	112	SCI. See USART.	
CREN Bit	112	SCK	71
FERR Bit	112	SDI	71
OERR Bit	112	SDO	71
RX9 Bit	112	Serial Clock, SCK	71
RX9D Bit	112	Serial Communication Interface. See USART.	
SPEN Bit	111, 112	Serial Data In, SDI	71
SREN Bit	112	Serial Data Out, SDO	71
RD0/PSP0 Pin	13	Serial Peripheral Interface. See SPI.	
RD1/PSP1 Pin	13	Slave Select Synchronization	77
RD2/PSP2 Pin	13	Slave Select, \overline{SS}	71
RD3/PSP3 Pin	13	Sleep	143, 147, 156
RD4/PSP4 Pin	13	Software Simulator (MPLAB SIM)	168
RD5/PSP5 Pin	13	Software Simulator (MPLAB SIM30)	168
RD6/PSP6 Pin	13	SPBRG Register	20
RD7/PSP7 Pin	13	Special Features of the CPU	143

PIC16F87XA

Special Function Registers	19	Timer0	53
Special Function Registers (SFRs)	19	Associated Registers	55
Speed, Operating	1	Clock Source Edge Select (T0SE Bit)	23
SPI Mode	71, 77	Clock Source Select (T0CS Bit)	23
Associated Registers	79	External Clock	54
Bus Mode Compatibility	79	Interrupt	53
Effects of a Reset	79	Overflow Enable (TMR0IE Bit)	24
Enabling SPI I/O	75	Overflow Flag (TMR0IF Bit)	24, 154
Master Mode	76	Overflow Interrupt	154
Master/Slave Connection	75	Prescaler	54
Serial Clock	71	T0CKI	54
Serial Data In	71	Timer0 and Timer1 External Clock Requirements	185
Serial Data Out	71	Timer1	57
Slave Select	71	Associated Registers	60
Slave Select Synchronization	77	Asynchronous Counter Mode	59
Sleep Operation	79	Reading and Writing to	59
SPI Clock	76	Counter Operation	58
Typical Connection	75	Operation in Timer Mode	58
SPI Mode Requirements	190	Oscillator	59
SS	71	Capacitor Selection	59
SSP		Prescaler	60
SPI Master/Slave Connection	75	Resetting of Timer1 Registers	60
SSPAD Register	20	Resetting Timer1 Using a CCP Trigger Output	59
SSPBUF Register	19	Synchronized Counter Mode	58
SSPCON Register	19	TMR1H	59
SSPCON2 Register	20	TMR1L	59
SSPIF	26	Timer2	61
SSPOV	101	Associated Registers	62
SSPSTAT Register	20	Output	62
R/W Bit	84, 85	Postscaler	61
Stack	30	Prescaler	61
Overflows	30	Prescaler and Postscaler	62
Underflow	30	Timing Diagrams	
Status Register		A/D Conversion	195
C Bit	22	Acknowledge Sequence	104
DC Bit	22	Asynchronous Master Transmission	116
IRP Bit	22	Asynchronous Master Transmission	
PD Bit	22, 147	(Back to Back)	116
RP1:RP0 Bits	22	Asynchronous Reception	118
TO Bit	22, 147	Asynchronous Reception with	
Z Bit	22	Address Byte First	120
Synchronous Master Reception		Asynchronous Reception with	
Associated Registers	123	Address Detect	120
Synchronous Master Transmission		Baud Rate Generator with Clock Arbitration	98
Associated Registers	122	BRG Reset Due to SDA Arbitration During	
Synchronous Serial Port Interrupt	26	Start Condition	107
Synchronous Slave Reception		Brown-out Reset	184
Associated Registers	125	Bus Collision During a Repeated	
Synchronous Slave Transmission		Start Condition (Case 1)	108
Associated Registers	125	Bus Collision During Repeated	
T		Start Condition (Case 2)	108
T1CKPS0 Bit	57	Bus Collision During Start Condition	
T1CKPS1 Bit	57	(SCL = 0)	107
T1CON Register	19	Bus Collision During Start Condition	
T1OSCEN Bit	57	(SDA Only)	106
T1SYNC Bit	57	Bus Collision During Stop Condition	
T2CKPS0 Bit	61	(Case 1)	109
T2CKPS1 Bit	61	Bus Collision During Stop Condition	
T2CON Register	19	(Case 2)	109
TAD	131	Bus Collision for Transmit and Acknowledge	105
Time-out Sequence	148	Capture/Compare/PWM (CCP1 and CCP2)	186
		CLKO and I/O	183
		Clock Synchronization	91
		External Clock	182
		First Start Bit	99

I ² C Bus Data	191	TRISB Register	20
I ² C Bus Start/Stop Bits	190	TRISC Register	20
I ² C Master Mode (Reception, 7-bit Address)	103	TRISD Register	20
I ² C Master Mode (Transmission, 7 or 10-bit Address)	102	TRISE Register	20
I ² C Slave Mode (Transmission, 10-bit Address)	89	IBF Bit	50
I ² C Slave Mode (Transmission, 7-bit Address)	87	IBOV Bit	50
I ² C Slave Mode with SEN = 1 (Reception, 10-bit Address)	93	OBF Bit	50
I ² C Slave Mode with SEN = 0 (Reception, 10-bit Address)	88	PSPMODE Bit	48, 49, 50, 51
I ² C Slave Mode with SEN = 0 (Reception, 7-bit Address)	86	TXREG Register	19
I ² C Slave Mode with SEN = 1 (Reception, 7-bit Address)	92	TXSTA Register	20
Parallel Slave Port (PIC16F874A/877A Only)	187	BRGH Bit	111
Parallel Slave Port (PSP) Read	52	CSRC Bit	111
Parallel Slave Port (PSP) Write	52	SYNC Bit	111
Repeat Start Condition	100	TRMT Bit	111
Reset, Watchdog Timer, Start-up Timer and Power-up Timer	184	TX9 Bit	111
Slave Mode General Call Address Sequence (7 or 10-bit Address Mode)	94	TX9D Bit	111
Slave Synchronization	77	TXEN Bit	111
Slow Rise Time ($\overline{\text{MCLR}}$ Tied to V _{DD} via RC Network)	152	U	
SPI Master Mode (CKE = 0, SMP = 0)	188	USART	111
SPI Master Mode (CKE = 1, SMP = 1)	188	Address Detect Enable (ADDEN Bit)	112
SPI Mode (Master Mode)	76	Asynchronous Mode	115
SPI Mode (Slave Mode with CKE = 0)	78	Asynchronous Receive (9-bit Mode)	119
SPI Mode (Slave Mode with CKE = 1)	78	Asynchronous Receive with Address Detect. See Asynchronous Receive (9-bit Mode).	
SPI Slave Mode (CKE = 0)	189	Asynchronous Receiver	117
SPI Slave Mode (CKE = 1)	189	Asynchronous Reception	118
Stop Condition Receive or Transmit Mode	104	Asynchronous Transmitter	115
Synchronous Reception (Master Mode, SREN)	124	Baud Rate Generator (BRG)	113
Synchronous Transmission	122	Baud Rate Formula	113
Synchronous Transmission (Through TXEN)	122	Baud Rates, Asynchronous Mode (BRGH = 0)	114
Time-out Sequence on Power-up ($\overline{\text{MCLR}}$ Not Tied to V _{DD})		Baud Rates, Asynchronous Mode (BRGH = 1)	114
Case 1	152	High Baud Rate Select (BRGH Bit)	111
Case 2	152	Sampling	113
Time-out Sequence on Power-up ($\overline{\text{MCLR}}$ Tied to V _{DD} via RC Network)	151	Clock Source Select (CSRC Bit)	111
Timer0 and Timer1 External Clock	185	Continuous Receive Enable (CREN Bit)	112
USART Synchronous Receive (Master/Slave)	193	Framing Error (FERR Bit)	112
USART Synchronous Transmission (Master/Slave)	193	Mode Select (SYNC Bit)	111
Wake-up from Sleep via Interrupt	157	Overrun Error (OERR Bit)	112
Timing Parameter Symbolology	181	Receive Data, 9th Bit (RX9D Bit)	112
TMR0 Register	19	Receive Enable, 9-bit (RX9 Bit)	112
TMR1CS Bit	57	Serial Port Enable (SPEN Bit)	111, 112
TMR1H Register	19	Single Receive Enable (SREN Bit)	112
TMR1L Register	19	Synchronous Master Mode	121
TMR1ON Bit	57	Synchronous Master Reception	123
TMR2 Register	19	Synchronous Master Transmission	121
TMR2ON Bit	61	Synchronous Slave Mode	124
TMRO Register	21	Synchronous Slave Reception	125
TOUTPS0 Bit	61	Synchronous Slave Transmit	124
TOUTPS1 Bit	61	Transmit Data, 9th Bit (TX9D)	111
TOUTPS2 Bit	61	Transmit Enable (TXEN Bit)	111
TOUTPS3 Bit	61	Transmit Enable, 9-bit (TX9 Bit)	111
TRISA Register	20	Transmit Shift Register Status (TRMT Bit)	111
		USART Synchronous Receive Requirements	193
		V	
		VDD Pin	9, 13
		Voltage Reference Specifications	180
		VSS Pin	9, 13

PIC16F87XA

W

Wake-up from Sleep	143, 156
Interrupts	149, 150
MCLR Reset	150
WDT Reset	150
Wake-up Using Interrupts	156
Watchdog Timer	
Register Summary	155
Watchdog Timer (WDT)	143, 155
Enable (WDTE Bit)	155
Postscaler. See Postscaler, WDT.	
Programming Considerations	155
RC Oscillator	155
Time-out Period	155
WDT Reset, Normal Operation	147, 149, 150
WDT Reset, Sleep	147, 149, 150
WCOL	99, 101, 104
WCOL Status Flag	99
WWW, On-Line Support	4

ON-LINE SUPPORT

Microchip provides on-line support on the Microchip World Wide Web site.

The web site is used by Microchip as a means to make files and information easily available to customers. To view the site, the user must have access to the Internet and a web browser, such as Netscape® or Microsoft® Internet Explorer. Files are also available for FTP download from our FTP site.

Connecting to the Microchip Internet Web Site

The Microchip web site is available at the following URL:

www.microchip.com

The file transfer site is available by using an FTP service to connect to:

<ftp://ftp.microchip.com>

The web site and file transfer site provide a variety of services. Users may download files for the latest Development Tools, Data Sheets, Application Notes, User's Guides, Articles and Sample Programs. A variety of Microchip specific business information is also available, including listings of Microchip sales offices, distributors and factory representatives. Other data available for consideration is:

- Latest Microchip Press Releases
- Technical Support Section with Frequently Asked Questions
- Design Tips
- Device Errata
- Job Postings
- Microchip Consultant Program Member Listing
- Links to other useful web sites related to Microchip Products
- Conferences for products, Development Systems, technical information and more
- Listing of seminars and events

SYSTEMS INFORMATION AND UPGRADE HOT LINE

The Systems Information and Upgrade Line provides system users a listing of the latest versions of all of Microchip's development systems software products. Plus, this line provides information on how customers can receive the most current upgrade kits. The Hot Line Numbers are:

1-800-755-2345 for U.S. and most of Canada, and

1-480-792-7302 for the rest of the world.

042003

PIC16F87XA

READER RESPONSE

It is our intention to provide you with the best documentation possible to ensure successful use of your Microchip product. If you wish to provide your comments on organization, clarity, subject matter, and ways in which our documentation can better serve you, please FAX your comments to the Technical Publications Manager at (480) 792-4150.

Please list the following information, and use this outline to provide us with your comments about this document.

To: Technical Publications Manager
RE: Reader Response
From: Name _____
Company _____
Address _____
City / State / ZIP / Country _____
Telephone: (_____) _____ - _____ FAX: (_____) _____ - _____

Application (optional):

Would you like a reply? ___Y ___N

Device: PIC16F87XA

Literature Number: DS39582B

Questions:

1. What are the best features of this document?

2. How does this document meet your hardware and software development needs?

3. Do you find the organization of this document easy to follow? If not, why?

4. What additions to the document do you think would enhance the structure and subject?

5. What deletions from the document could be made without affecting the overall usefulness?

6. Is there any incorrect or misleading information (what and where)?

7. How would you improve this document?

PIC16F87XA PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

To order or obtain information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

<u>PART NO.</u>	<u>X</u>	<u>/XX</u>	<u>XXX</u>
Device	Temperature Range	Package	Pattern
Device	PIC16F87XA ⁽¹⁾ , PIC16F87XAT ⁽²⁾ ; V _{DD} range 4.0V to 5.5V PIC16LF87XA ⁽¹⁾ , PIC16LF87XAT ⁽²⁾ ; V _{DD} range 2.0V to 5.5V		
Temperature Range	I	=	-40°C to +85°C (Industrial)
Package	ML	=	QFN (Metal Lead Frame)
	PT	=	TQFP (Thin Quad Flatpack)
	SO	=	SOIC
	SP	=	Skinny Plastic DIP
	P	=	PDIP
	L	=	PLCC
	S	=	SSOP

Examples:

- a) PIC16F873A-I/P 301 = Industrial temp., PDIP package, normal V_{DD} limits, QTP pattern #301.
- b) PIC16LF876A-I/SO = Industrial temp., SOIC package, Extended V_{DD} limits.
- c) PIC16F877A-I/P = Industrial temp., PDIP package, 10 MHz, normal V_{DD} limits.

Note 1: F = CMOS Flash
LF = Low-Power CMOS Flash

Note 2: T = in tape and reel - SOIC, PLCC, TQFP packages only



WORLDWIDE SALES AND SERVICE

AMERICAS

Corporate Office

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7200
Fax: 480-792-7277
Technical Support: 480-792-7627
Web Address: <http://www.microchip.com>

Atlanta

3780 Mansell Road, Suite 130
Alpharetta, GA 30022
Tel: 770-640-0034
Fax: 770-640-0307

Boston

2 Lan Drive, Suite 120
Westford, MA 01886
Tel: 978-692-3848
Fax: 978-692-3821

Chicago

333 Pierce Road, Suite 180
Itasca, IL 60143
Tel: 630-285-0071
Fax: 630-285-0075

Dallas

4570 Westgrove Drive, Suite 160
Addison, TX 75001
Tel: 972-818-7423
Fax: 972-818-2924

Detroit

Tri-Atria Office Building
32255 Northwestern Highway, Suite 190
Farmington Hills, MI 48334
Tel: 248-538-2250
Fax: 248-538-2260

Kokomo

2767 S. Albright Road
Kokomo, IN 46902
Tel: 765-864-8360
Fax: 765-864-8387

Los Angeles

18201 Von Karman, Suite 1090
Irvine, CA 92612
Tel: 949-263-1888
Fax: 949-263-1338

Phoenix

2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 480-792-7966
Fax: 480-792-4338

San Jose

2107 North First Street, Suite 590
San Jose, CA 95131
Tel: 408-436-7950
Fax: 408-436-7955

Toronto

6285 Northam Drive, Suite 108
Mississauga, Ontario L4V 1X5, Canada
Tel: 905-673-0699
Fax: 905-673-6509

ASIA/PACIFIC

Australia

Suite 22, 41 Rawson Street
Epping 2121, NSW
Australia
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

China - Beijing

Unit 915
Bei Hai Wan Tai Bldg.
No. 6 Chaoyangmen Beidajie
Beijing, 100027, No. China
Tel: 86-10-85282100
Fax: 86-10-85282104

China - Chengdu

Rm. 2401-2402, 24th Floor,
Ming Xing Financial Tower
No. 88 TIDU Street
Chengdu 610016, China
Tel: 86-28-86766200
Fax: 86-28-86766599

China - Fuzhou

Unit 28F, World Trade Plaza
No. 71 Wusi Road
Fuzhou 350001, China
Tel: 86-591-7503506
Fax: 86-591-7503521

China - Hong Kong SAR

Unit 901-6, Tower 2, Metroplaza
223 Hing Fong Road
Kwai Fong, N.T., Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

China - Shanghai

Room 701, Bldg. B
Far East International Plaza
No. 317 Xian Xia Road
Shanghai, 200051
Tel: 86-21-6275-5700
Fax: 86-21-6275-5060

China - Shenzhen

Rm. 1812, 18/F, Building A, United Plaza
No. 5022 Binhe Road, Futian District
Shenzhen 518033, China
Tel: 86-755-82901380
Fax: 86-755-8295-1393

China - Shunde

Room 401, Hongjian Building
No. 2 Fengxiangnan Road, Ronggui Town
Shunde City, Guangdong 528303, China
Tel: 86-765-8395507 Fax: 86-765-8395571

China - Qingdao

Rm. B505A, Fullhope Plaza,
No. 12 Hong Kong Central Rd.
Qingdao 266071, China
Tel: 86-532-5027355 Fax: 86-532-5027205

India

Divyasree Chambers
1 Floor, Wing A (A3/A4)
No. 11, O'Shaughnessy Road
Bangalore, 560 025, India
Tel: 91-80-2290061 Fax: 91-80-2290062

Japan

Benex S-1 6F
3-18-20, Shinyokohama
Kohoku-Ku, Yokohama-shi
Kanagawa, 222-0033, Japan
Tel: 81-45-471-6166 Fax: 81-45-471-6122

Korea

168-1, Youngbo Bldg. 3 Floor
Samsung-Dong, Kangnam-Ku
Seoul, Korea 135-882
Tel: 82-2-554-7200 Fax: 82-2-558-5932 or
82-2-558-5934

Singapore

200 Middle Road
#07-02 Prime Centre
Singapore, 188980
Tel: 65-6334-8870 Fax: 65-6334-8850

Taiwan

Kaohsiung Branch
30F - 1 No. 8
Min Chuan 2nd Road
Kaohsiung 806, Taiwan
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

Taiwan

Taiwan Branch
11F-3, No. 207
Tung Hua North Road
Taipei, 105, Taiwan
Tel: 886-2-2717-7175 Fax: 886-2-2545-0139

EUROPE

Austria

Durisolstrasse 2
A-4600 Wels
Austria
Tel: 43-7242-2244-399
Fax: 43-7242-2244-393

Denmark

Regus Business Centre
Lautrup høj 1-3
Ballerup DK-2750 Denmark
Tel: 45-4420-9895 Fax: 45-4420-9910

France

Parc d'Activite du Moulin de Massy
43 Rue du Saule Trapu
Batiment A - 1er Etage
91300 Massy, France
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

Germany

Steinheilstrasse 10
D-85737 Ismaning, Germany
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

Italy

Via Quasimodo, 12
20025 Legnano (MI)
Milan, Italy
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

Netherlands

P. A. De Biesbosch 14
NL-5152 SC Drunen, Netherlands
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

United Kingdom

505 Eskdale Road
Winnersh Triangle
Wokingham
Berkshire, England RG41 5TU
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

07/28/03