



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“REGISTRADOR DE TEMPERATURA CON dsPIC”

MATERIA DE GRADUACIÓN:

· **Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
“ELECTRONICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL”**

Presentado por:

**JENNY GADVAY BARZALLO
NATHALI SANCHEZ CHAVEZ**

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

AGRADECIMIENTO

A la ESPOL por la formación académica recibida en nuestra vida universitaria.

A los buenos ingenieros por los conocimientos, el apoyo y la amistad impartida en todos estos años de estudio.

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este proyecto.

A los verdaderos amigos, que comparten las herramientas y el conocimiento.

Y un agradecimiento especial a todos aquellos que de uno u otro modo nos brindan las oportunidades de aprender.

DEDICATORIA

A Dios, ser supremo que guía
nuestras vidas.

A nuestros padres, ejemplo de
vida, que con sus enseñanzas
hicieron posible el presente
trabajo.

A nuestros hermanos quienes con
su apoyo incondicional siempre
han sido motivo de alegrías.

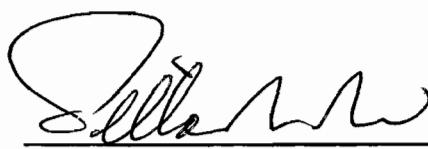
A los sinceros amigos quienes
con su ayuda desinteresada nos
brindan su amistad verdadera.

Jenny y Nathali

TRIBUNAL DE GRADUACION



ING. CARLOS VALDIVIESO
PROF. DE LA MATERIA



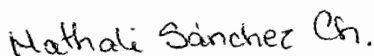
ING. HUGO VILLAVICENCIO
DELEGADO DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”
(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



JÉNNY GADVAY B.



NATHALI SANCHEZ CH.

ABREVIATURAS

dsPIC	Microcontrolador de Microchip con soporte para procesamiento de señales.
PIC	Microcontrolador de Microchip
Bit	Unidad de medida de información equivalente a la elección entre dos posibilidades igualmente probables.
Hz	Hertzios.
MSPS	Millones de muestras por segundo
PWM	Modulación de ancho de pulso
USB	Bus serial universal
V	Voltio
Vdc	Voltaje de corriente continua.
Watt	Vatio
°F	Grados Fahrenheit.
°K	Grados Kelvin.
°C	Grados Centígrados.

RESUMEN

Hoy en día la mayoría de los medidores, de cualquier clase, realizan las mediciones y las despliegan en tiempo real, es decir, el dato mostrado en la pantalla corresponde a la medición hecha en ese instante con un pequeño retraso. Sin embargo, en ocasiones, se requiere saber el comportamiento de la variable medida a lo largo de un tiempo, es decir, se requiere llevar un registro de los valores medidos. En este trabajo se presenta, el diseño e implementación de un registrador de datos de temperatura; este tiene como elemento central a un microcontrolador en nuestro caso es el dsPic 30F4011; el cual, a su vez contiene entradas Analógico-Digital (ADC). Con la ayuda de estas entradas se toman muestras de un sensor de temperatura basado en el C.I. LM35 y de una PT100. Estas muestras se almacenan en la memoria interna eeprom del microcontrolador junto con la hora en que se registro dicho dato, esta última, es tomada de un reloj (C.I.) de tiempo real. El registrador cuenta con una interfaz serie RS-232; por este medio, el registrador se puede comunicar con una computadora, u otro dispositivo. El registrador de temperatura fue implementado y probado, comunicándolo con una computadora, de manera satisfactoria. El registrador de datos, por las capacidades que tiene, abre una gama muy grande de posibilidades de aplicaciones.

INDICE DE IMAGENES

Figura1.1 Esquema del Registrador de Temperatura.....	4
Fig.2.1 Modelos de Registradores de Temperatura.....	2
Fig.2.2 LM35.....	10
Fig.2.2 PT100.....	11
Fig. 3.2 Transmisión de Datos.....	12
Fig. 3.3 Configuración del Max 232.....	12
Fig. 3.4 Conector USB.....	13
Fig. 3.5 PICKit.....	13
Fig.4.1 Conexión directa del lm35 hacia el dsPic.....	21
Fig.4.2 Circuito acondicionador del lm35 hacia el dsPic.....	23
Fig.4.3 Acondicionamiento del lm35.....	24
fig.4.4 Conexión de pt100 de 3 hilos.	12

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
INDICE GENERAL.....	1
ABREVIATURAS.....	1
INDICE DE FIGURAS.....	2
INTRODUCCION.....	3
CONCLUSIONES.....	33
RECOMENDACIONES.....	34

CAPITULO I

INTRODUCCION.....	1
1. ANTECEDENTES	2
1.1 Objetivos del proyecto.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Identificación de la problemática.....	4
1.3 Especificaciones del Sistema.....	4
1.4 Tecnología utilizada.....	5

1.4.1 Introducción a la Familia dsPIC 30F4011.....	5
1.5 Lenguaje de programación.....	6
1.6 Tarjeta dsPIC30F4011.....	6
1.7 Reprogramación.....	6

CAPITULO II

2 FUNDAMENTO TEORICO.....	7
2.1 Registradores de Temperatura.....	7
2.1.1 Características Generales de un Registrador de Temperatura.....	8
2.2 Sensores de Temperatura.....	9
2.2.1 Sensor de Temperatura LM35.....	9
2.2.1.1 Descripción General.....	10
2.2.1.2 Características Principales.....	10
2.2.2 Sensor de Temperatura PT100.....	11
2.3 Introducción y conversión de Temperatura.....	13
2.3.1 Temperatura.....	13
2.3.2 Grado Centígrado o Celsius (°C).....	14

2.3.3 Grado Fahrenheit (°F).....	14
2.3.4 Grado Kelvin (°K).....	15
2.3.5 Conversión de Temperatura.....	16
2.3.5.1 Temperaturas de fusión y ebullición.....	16
2.3.5.2 Conversión de unidad	16

CAPITULO III

3. DETALLES DEL DISEÑO DEL REGISTRADOR DE TEMPERATURA.

3.1 Diseño Del Registrador De Temperatura.....	17
3.2 Transmisión De Datos.....	19
3.3 Configuración Del Max 232.....	20
3.4 Consideraciones de diseño y limitaciones.....	21
3.5 Reprogramación.....	21

CAPITULO IV

4. ACONDICIONAMIENTO Y CONEXIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA.

4.1 Acondicionamiento De Señal Del Lm35.....	23
4.2 Conexión De Pt100 Con Tres Hilos.....	25
4.2.1 Circuitos Acondicionadores De Pt100.....	25
4.2.1.1 Transformar Magnitud Física En Magnitud Eléctrica.....	26
4.2.1.2 Transformar la magnitud eléctrica de ohmios a Voltios.....	26
4.2.1.3 Por último ajustar la señal al conversor A/D del micro.....	26
4.2.2 Transformación de la Magnitud Física a Magnitud Eléctrica.....	27
4.2.3 Transformación de la Magnitud Eléctrica.....	27
4.2.4 Ajustar la Señal al Conversor A/D del Microcontrolador.....	29

INTRODUCCION

El Proyecto presentado en esta tesis forma parte de la materia de graduación "Microcontroladores Avanzados" y consiste en el "Diseño de un Registrador de temperatura con dsPIC.

El dsPic es un microcontrolador de la empresa Microchip, el cual es un dispositivo con una maquinaria DSP que tiene un costo relativamente bajo en comparación con otros de características similares.

Otra de las varias ventajas es que se encuentra diseñado para el control de motores ya que cuenta con 6 canales PWM.

El capítulo I, expone los objetivos y se describe la tecnología utilizada de los dsPics.

En el capítulo II, se analiza los fundamentos teóricos de los registradores de temperatura y su funcionamiento.

En el capítulo III, se describe los detalles de la fabricación de la tarjeta del controlador del registrador de temperatura, la programación de las configuraciones del dsPIC 30F4011, y la comunicación serial.

En el capítulo IV, se muestra las pruebas realizadas en los diferentes programas y los gráficos del proyecto.

Finalmente se muestran las conclusiones, recomendaciones del proyecto.

CAPITULO I

OBJETIVOS Y TECNOLOGIA UTILIZADA DEL dsPIC

1. ANTECEDENTES

1.1 Objetivos del proyecto

1.1.1 Objetivo general

Profundizar el estudio de los microcontroladores para procesamiento de las señales conocidas sean estas analógicas o digitales con el dsPIC orientado a la aplicación con sensores de temperatura.

Conocer el puerto serial USB (Universal Serial Bus), sus características, aplicaciones, ventajas y desventajas para la adquisición de datos y control de dispositivos en el área industrial.

Desarrollar aplicaciones en las cuales se requiera el intercambio de información entre una aplicación desarrollada en Visual Basic y un dispositivo externo al ordenador.

Ampliar los conocimientos en la programación orientadas a eventos como lo es Mikrobasic y Visual Basic para afianzar conocimientos utilizando el max232 que es necesario para la comunicación vía puerto serial.

Por lo tanto, dependiendo del tipo de sensor que el usuario elija podrá observar los cambios de temperatura, guardar los datos y enviarlos a una PC, donde le permite obtener la información que se almacena en una hoja de excel y realizar el respectivo análisis de dichos datos por medio de una curva de temperatura respecto al tiempo.

1.3 Especificaciones del Sistema

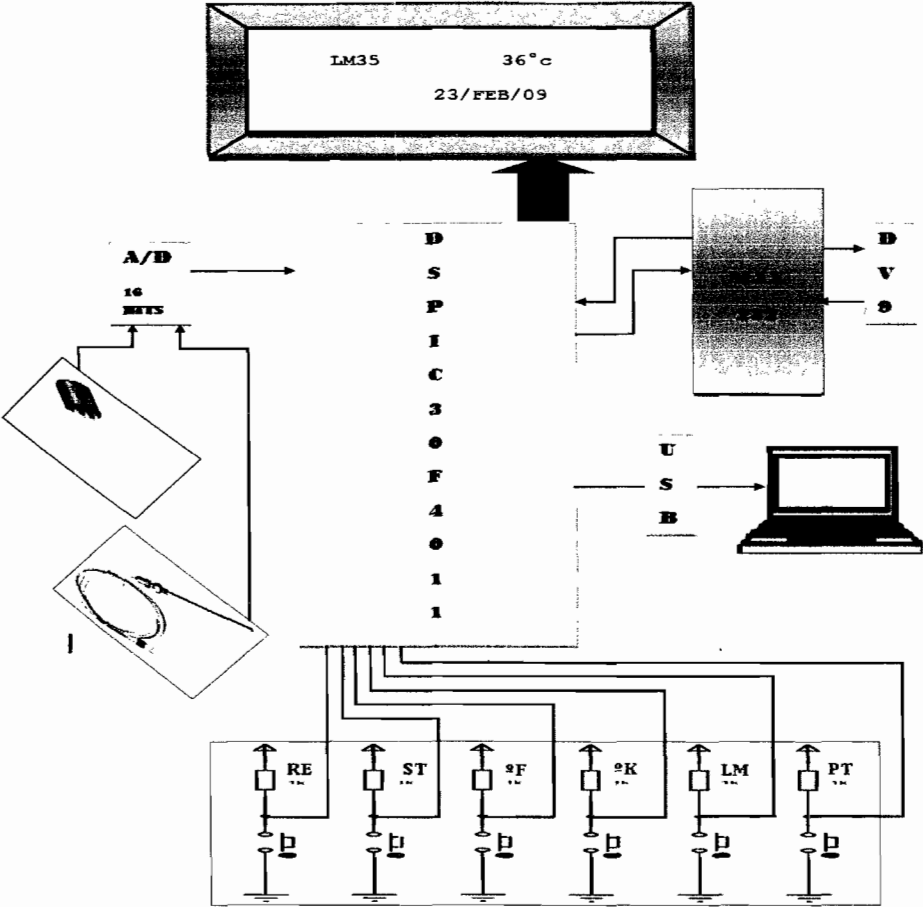
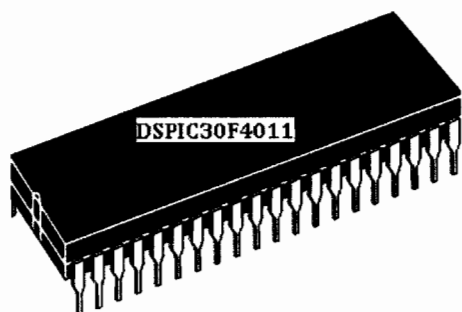


Figura1.1 Esquema del Registrador de Temperatura

1.4 TECNOLOGÍA UTILIZADA.

1.4.1 Introducción a la Familia microcontroladores dsPIC 30F



Atributo	Valor
Reloj de frecuencia máx.	30MHZ
Puertos E/S	30
Bytes de mem. de IntProg	48 Kb
Mem. de IntProg tipo Word	Flash
Encapsulado	40DIP
Bytes de RAM int.	2 k
Int EEPROM bytes	1024
Temporizadores nº x puntas	5x16
E/S en serie	2xUART/SPI/I ² C/CAN
Características	ADC 9 can., PWM 6 can.
Tensión de suministro	+2.5 → +5.5V

1.5 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación utilizado fue el compilador MikroBasic de la compañía MikroElektronika, para microcontroladores Microchip dsPIC 30/33 y PIC 24. Es una herramienta muy útil con instrucciones sencillas y de fácil comprensión para el programador.

1.6 Tarjeta dsPIC30F4011

La tarjeta del dsPic que contiene el Microchip dsPIC30F4011 con un diseño específico que permite la lectura de los dos sensores y la manipulación de estos por medio de botoneras que permiten escoger entre los dos sensores.

También se puede observar en la pantalla lcd las lecturas que se está registrando en ese momento en grados centígrados y convertirla tanto a grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), como a grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) por medio de botoneras.

1.7 Reprogramación

La reprogramación de la tarjeta controladora del Registrador de Temperatura se hace por medio de un conector que va hacia el Microchip PicKit 2 permitiendo hacer cambios al código con mucha facilidad.

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEORICO DE LOS REGISTRADORES DE TEMPERATURA Y SU FUNCIONAMIENTO

2.FUNDAMENTO TEORICO

2.1 REGISTRADOR DE TEMPERATURA

Los registradores de Temperatura son herramientas muy útiles los cuales se utilizan para el almacenaje de temperatura en diversidad de aplicaciones, como invernaderos, almacenes, transporte de alimentos, camiones refrigerados, containers, museos, equipos de refrigeración y zonas climatizadas. Mide y almacena lecturas de temperatura por lo general en rangos de medición de -40 a +90°C. El registrador de temperatura está diseñado con sensores de alta precisión.

Los registradores de temperatura realizan mediciones de alta precisión, rápida respuesta y estabilidad. Se utilizan para la medición y almacenamiento de temperatura. Con estos registradores se pueden monitorizar los valores de temperatura durante largos períodos de tiempo. Las lecturas se almacenan en el aparato y se descargan fácilmente en el PC a través del USB. La pantalla LCD muestra las lecturas actuales de temperatura, hora y fecha.

El usuario interactúa con el registrador, programando el dispositivo o descargando los datos registrados, a través de un puerto en serie o USB en un PC.

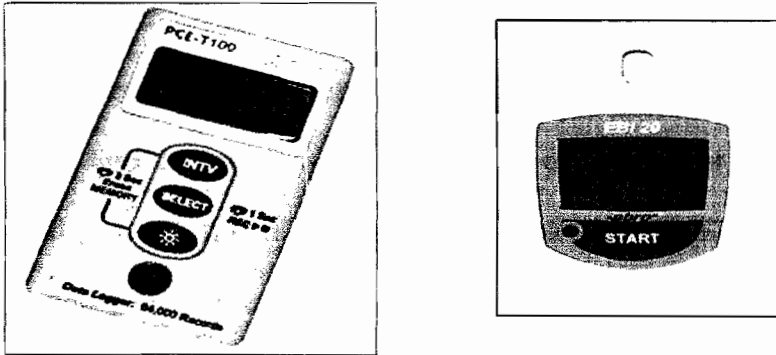


Fig.2.1 Modelos de Registradores de Temperatura

2.1.1 Características Generales de un Registrador de Temperatura

- Memoria de almacenamiento.
- Pantalla LCD en la que se muestra fácilmente la información.
- Selección de diferentes ciclos de medición desde 1 segundo hasta 24 h.
- Intervalo de muestreo seleccionable.
- Unidad de medición seleccionable, °C o °F.
- Descarga de los datos almacenados en su PC a través del USB.
- Software de análisis para visionar gráficos con los datos descargados.

necesita calibración externa, posee sólo tres terminales, permite el sensado remoto y es de bajo costo.

2.2.1.1 Descripción General

- El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a $+150^{\circ}\text{C}$.
- La salida es lineal y equivale a $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ por lo tanto:
 - ❑ $+1500\text{mV} = 150^{\circ}\text{C}$
 - ❑ $+250\text{mV} = 25^{\circ}\text{C}$
 - ❑ $-550\text{mV} = -55^{\circ}\text{C}$

2.2.1.2 Características Principales

- Factor de escala : $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ (garantizado entre $9,8$ y $10,2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$)
- Rango de utilización : $-55^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$
- Precisión de : $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso)
- No linealidad : $\sim 0,5^{\circ}\text{C}$ (peor caso)
- Calibrado directamente en $^{\circ}$ Celsius
- Exactitud garantizada 0.5°C (a $+25^{\circ}\text{C}$)
- Conveniente para aplicaciones remotas
- Bajo costo debido al ajuste del wafer-level
- Opera entre 4 y 30 volts de alimentación

2.2.2 SENSOR DE TEMPERATURA PT100

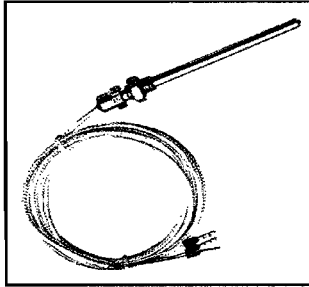


Fig.2.2 PT100

Este tipo de sensor se encuentra dentro de los clasificados como resistivos, el cual tiene la particularidad de variar su resistencia eléctrica según el efecto físico que se desea medir. El sensor que se estudió para el desarrollo de este registrador es un RTD, ya que son utilizados en las industrias para medición continua de temperatura.

Además dado que solamente es una resistencia no necesita cables conductores ni conectores especiales como son las termocuplas, siendo apto para la medición de temperatura en sectores alejados del instrumento, a un costo menor.

La principal característica de estos sensores es que la dependencia de la resistencia en función de la temperatura se puede considerar lineal en el rango de las temperaturas de funcionamiento, además presentan una gran estabilidad a largo plazo, alta repetitividad y exactitud en el caso del platino.

El material que forma el conductor (platino), posee un coeficiente de temperatura de resistencia α , el cual determina la variación de la resistencia del conductor por cada grado que cambia su temperatura según la siguiente ecuación:

$$R_t = R_0(1 + \alpha T)$$

Donde:

R_0 = resistencia en Ω (ohm) a 0°C

R_t = resistencia en Ω (ohm) a $t^\circ\text{C}$

T = temperatura actual.

α = coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre 0°C y 100°C es de $0.00385 \frac{\Omega}{\Omega \cdot ^\circ\text{C}}$ en la escala Práctica de Temperaturas Internacionales (IPTS-68).

A continuación se despliegan las características del Platino comparadas con otros materiales:

Metal	Resistividad $\mu\Omega/\text{cm}$	Coficiente de t° $\Omega/\Omega, ^\circ\text{C}$	Intervalo útil de temp $^\circ\text{C}$	Resist a 0°C Ω	Precisión $^\circ\text{C}$
Platino	9.83	0.003850	-200 a 950	25, 100, 130	0.01
Niquel	6.38	0.0063 a 0.0066	-15 a 300	100	0.50
Cobre	1.56	0.00425	-200 a 120	10	0.10

El platino es el elemento más indicado para la fabricación de sensores de temperatura por resistencia, ya que, como se desprende de la tabla anterior posee:

1. Alto coeficiente de temperatura.
2. Alta resistividad, lo que permite una mayor variación de resistencia por °C.
3. Relación lineal resistencia – temperatura.
4. Rigidez y ductibilidad lo que facilita el proceso de fabricación de la sonda de resistencia.
5. Estabilidad de sus características durante su vida útil.

2.3 INTRODUCCION Y CONVERSIÓN DE TEMPERATURA.

2.3.1 TEMPERATURA

La temperatura es una propiedad física la cual se refiere a las nociones comunes de frío o calor, sin embargo su significado formal es más complejo, a menudo el calor o el frío percibido por las personas está mas relacionado a ciertas sensaciones térmicas, que con la temperatura real. Esencialmente, la temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos.

La temperatura está íntimamente relacionada con la energía interna de un sistema: a mayor temperatura mayor será la energía interna.

La temperatura es una propiedad intensiva es decir que no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto.

Grado Centígrado o Celsius (°C)

El grado Celsius, representado como °C, es la unidad creada por Anders Celsius en 1742 para su escala de temperatura. Se tomó como base para el kelvin y es la unidad más utilizada internacionalmente para las temperaturas que rondan la ordinaria y en ciencia popular y divulgación (en contextos técnicos se prefiere el kelvin). Es una de las unidades derivadas del Sistema Internacional de Unidades. En la actualidad se define a partir del kelvin del siguiente modo:

2.3.2 Grado Fahrenheit (°F)

El grado Fahrenheit (representado como °F) es la unidad de temperatura propuesta por Gabriel Fahrenheit en 1724, cuya escala fija es el cero y el cien en las temperaturas de congelación y evaporación del cloruro amónico en agua. El método de definición es similar al utilizado para el grado Celsius, aunque éste se define con la congelación y ebullición del agua.

Colocando el termómetro en una mezcla de sal de amonio o agua salada, hielo y agua, encontré un punto sobre la escala al cual llamé cero. Un segundo punto lo obtuve de la misma manera, si la mezcla se usa sin sal. Denotando este punto como 30. Un tercer punto, designado como 96, fue obtenido colocando el termómetro en la boca para adquirir el calor del cuerpo humano.

2.3.3 Grado Kelvin (°K)

La escala centígrada de temperaturas establece que, a la presión de una atmósfera, el punto de congelación del agua corresponde a cero grados, y el de ebullición a cien. Pero se trata de una escala arbitraria, razón por la que existen temperaturas inferiores a cero grados en escala centígrada.

En física, y en la ciencia en general, interesaba disponer de una escala absoluta de temperaturas en la que los cero grados correspondieran a la temperatura más baja posible desde un punto de vista termodinámico. Por esta razón se estableció la escala Kelvin, que tiene su inicio en el cero absoluto (273 grados centígrados bajo cero). En la escala kelvin no puede haber temperaturas negativas, y su valor se obtiene sumando 273 a la temperatura en grados centígrados.

2.3.4 Conversión de Temperatura

2.3.4.1 Temperaturas de fusión y ebullición del agua a 1 atm de presión atmosférica

	fusión	ebullición
ESCALA KELVIN	273,15 K	373,15 K
ESCALA CELSIUS	0 °C	100 °C
ESCALA FAHRENHEIT	32 °F	212 °F

2.3.4.2 Conversión de unidad

De	A	Fórmula
<u>Fahrenheit</u>	<u>Celsius</u>	$C = (F - 32)/1.8$
<u>Celsius</u>	<u>Fahrenheit</u>	$F = (1.8)C + 32$
<u>Fahrenheit</u>	<u>Kelvin</u>	$K = (F + 459,67)/1.8$
<u>Kelvin</u>	<u>Fahrenheit</u>	$F = \frac{9}{5}K - 459,67$
<u>Celsius</u>	<u>Kelvin</u>	$K = C + 273$

CAPITULO III

DETALLES DEL DISEÑO, CONFIGURACION Y PROGRAMACION DE LA TARJETA CONTROLADOR DEL REGISTRADOR DE TEMPERATURA.

3.1 DISEÑO DEL REGISTRADOR DE TEMPERATURA CON dsPIC.

El diseño y construcción de este registrador, se llevó a cabo dada la necesidad con la que cuentan ciertos procesos de llevar un registro continuo de temperatura para sus diferentes y respectivas aplicaciones.

El registrador se diseño de manera muy versátil para ser ubicado en cualquier lugar donde se desea sensar la temperatura, este registrador cuenta con dos canales de entrada donde es posible conectar los sensores de temperatura del tipo LM35 y PT100.

El control del registrador se realizó con un microcontrolador dsPic 30F4011, el cual contiene un convertidor Analógico/Digital (ADC), con ayuda de este ADC se toman muestras del voltaje de salida del circuito LM35 y de la PT100. El LM35 es un sensor de temperatura que entrega un voltaje proporcional a la temperatura de su encapsulado, por lo que se puede utilizar para medir temperatura ambiente. En cuanto la PT100 es un sensor que entrega variación de su resistencia respecto a la temperatura para lo cual se acondicionó la señal.

Los valores de la temperatura medida por cada sensor son guardados a intervalos de 2 segundos, para poder registrar cualquier variación brusca de temperatura.

La capacidad de almacenamiento del registrador depende de los intervalos de tiempo en que se desee registrar la temperatura.

El registrador tiene la capacidad de comunicación con una computadora. Esto le permite enviar la información contenida en la memoria hacia el otro dispositivo, para que esta sea: procesada, analizada, desplegada y almacenada; de una manera más: rápida, precisa y ordenada; además en una computadora se pueden almacenar grandísimas cantidades de datos. Esta comunicación se puede realizar a través de varios medios, el registrador cuenta con: interfaz serie RS-232. Aquí cabe señalar que la interfaz serie siempre está activa, lo que quiere decir que: cada vez que es tomada una lectura, ésta es transmitida junto con la hora actual a través dicha interfaz.

Para saber la resolución del convertidor se debe saber el valor máximo que la entrada utiliza y la cantidad máxima de la salida en dígitos binarios.

$$\text{Resolución} = \frac{\text{Valor Analógico}}{2^{10}}$$

$$\text{Resolución} = \frac{5V}{1023}$$

$$\text{Resolución} = 0.0048875$$

3.2 TRANSMISION DE DATOS.

La comunicación permite a los demás componentes intercambiar información con una computadora cediendo el control a un software que realice otras tareas.

Esta operación utiliza el protocolo serial asincrónico embebido en el dsPIC30F4011 y utiliza el MAX232 para convertir los niveles de voltaje del microcontrolador al estándar RS232.

El dsPIC tiene 2 puertos seriales incluidos en su hardware, en la tarjeta se ha utilizado el puerto U1 como se muestra en la siguiente imagen. Para facilitar la conexión entre computador y el dsPIC se han desarrollado múltiples estándares que determinan todas las características físicas, eléctricas, mecánicas y funcionales de la conexión.

Posiblemente el más conocido y popular es el "Recomendado Estándar 232". El RS-232 es una norma para la conexión entre el dsPIC30F4011 y el computador. Para conectar el PC a un DSPIC por el puerto serie, se utilizan las señales TXD, RXD y GND. El PC utiliza la norma RS232, por lo que los niveles de tensión de las patillas están comprendidos entre +15 y -15 voltios.

Los microcontroladores normalmente trabajan con niveles TTL (0-5v), es necesario por tanto intercalar un circuito que adapte los niveles.

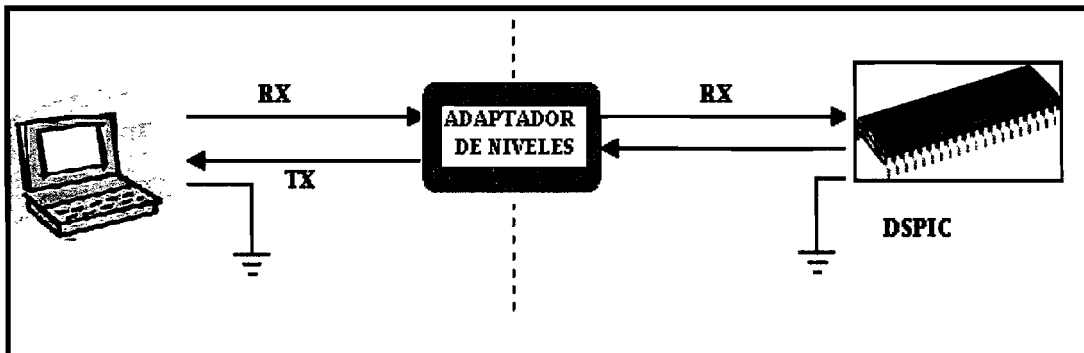


Fig. 3.2 Transmisión de Datos

3.3 CONFIGURACIÓN DEL MAX 232

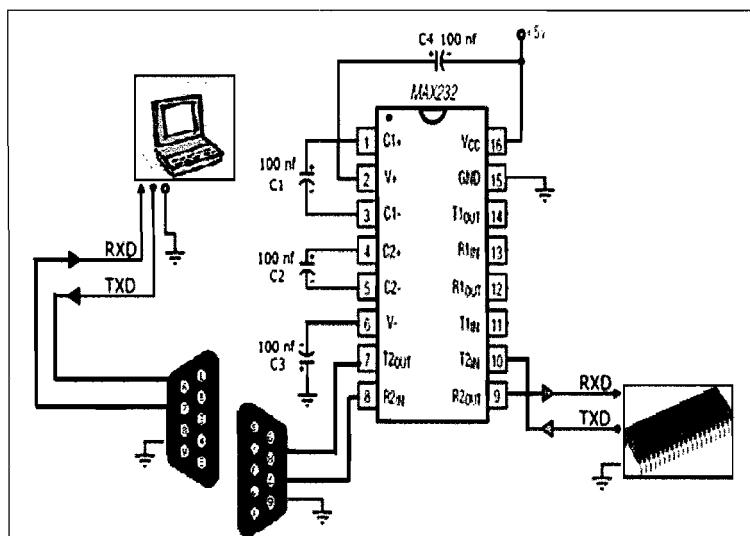


Fig. 3.3 Configuración del Max 232

3.4 Consideraciones de diseño y limitaciones

Para la comunicación con Visual Basic se incluyó en la tarjeta un puerto serial hembra por medio del cual se conectará al ordenador. Entre las limitaciones se distingue el hecho que necesita de un puerto serial en la computadora donde será conectada la tarjeta. Esto se considera una limitación debido a que las nuevas computadoras no incluyen puertos seriales, sin embargo este problema es fácilmente solucionable por medio de un adaptador USB serial como se muestra en la figura.



Fig. 3.4 Conector USB

3.5 Reprogramación

La reprogramación es un componente que no se utiliza durante la operación normal del sistema, pero tiene un papel muy importante durante la corrección de parámetros de funcionamiento y depuración de código.

Para este componente se utiliza la característica de los microcontroladores de Microchip que permite reprogramarlo en circuito por medio de la interfaz de programación ICSP y el Microchip PICKit™ 2 como herramienta de desarrollo de bajo costo.

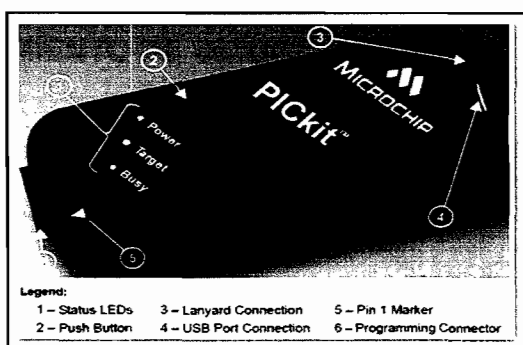


Fig. 3.5 PICKit

CAPITULO IV

ACONDICIONAMIENTO Y CONEXIÓN DE LOS SENSORES DE TEMPERATURA

4.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL DEL LM35

El LM35 es un componente muy fácil de utilizar pero nos da un rango de temperatura de 100 grados. En este cada incremento de un grado es un incremento de 10mv.

Existen dos opciones para acondicionar el LM35.

La primera puede ser conectando directamente sus pines. Se utiliza el modo diferencial la entrada analógica como se muestra a continuación.

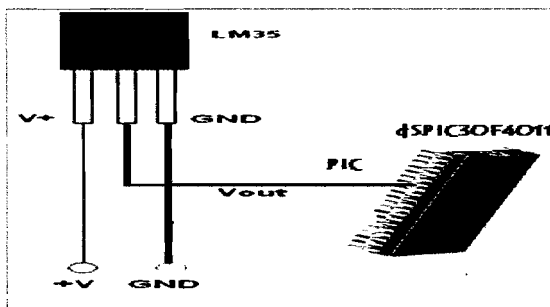


Fig.4.1 Conexión directa del lm35 hacia el dsPic

En el otro modo de acondicionar este sensor se Utiliza la entrada diferencial y alimentando con la línea de 5Vdc y se coloca una resistencia de 120K Ω , la cual sirve para evitar cortos.

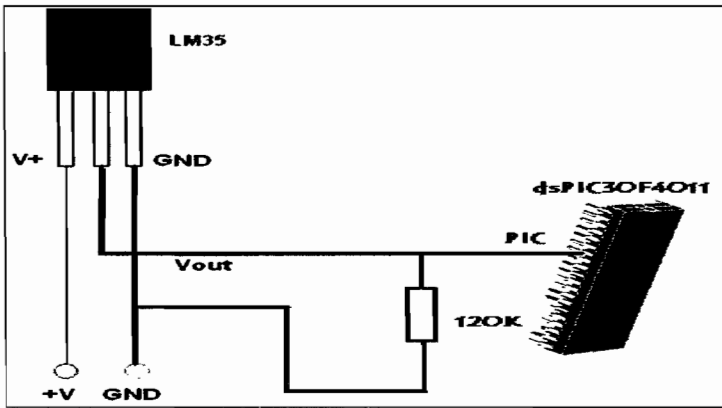


Fig.4.2 Circuito acondicionador del lm35 hacia el dsPic

En el circuito que se acondiciono para el registrador de temperatura se colocó una resistencia desde la salida del sensor, la cual un extremo va a GND y el otro a la señal del dsPic 30F4011. :

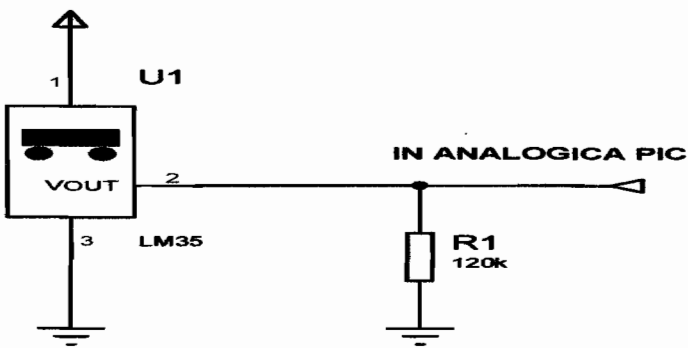


Fig.4.3 Acondicionamiento del lm35

4.2 CONEXIÓN DE PT100 CON TRES HILOS

Este tipo de conexionado resuelve el inconveniente del error generado por la resistencia interna de los cables y es el más común que se puede encontrar en las instalaciones. La única condición es que la resistencia interna de los tres cables debe ser la misma debido a que el sistema de medición por lo general utiliza un puente de Wheatstone mediante el cual se obtiene una tensión diferencial que puede ser acondicionada para llevar a cabo la medición. El tipo de conexión a 3 hilos anula la influencia de la longitud del cable (resistencia óhmica) en el resultado de medición, pues mide la resistencia entre el borne 2 y 3 para luego restar este valor a la medición de interés dada entre los bornes 1 y 2.

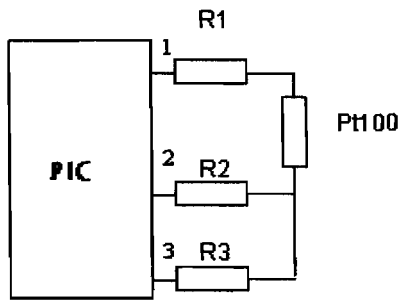
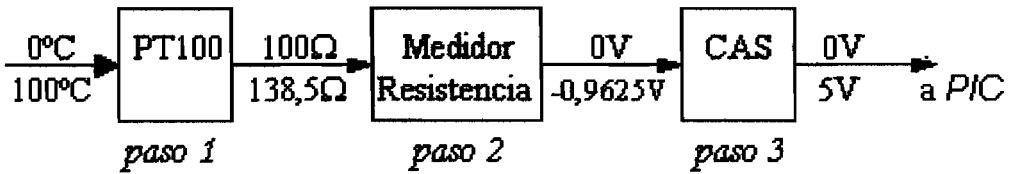


fig.4.4 Conexión de pt100 de 3 hilos.

4.2.1 CIRCUITOS ACONDICIONADORES DE PT100

La siguiente aplicación permite diseñar un circuito capaz de adaptar la señal ofrecida por un sensor de temperatura (PT-100) de tal manera que pueda ser aplicada a la entrada de un microcontrolador.

Este circuito estará realizando un proceso basado en 3 pasos tal y como muestra el siguiente esquema:



4.2.1.1 Transformar la magnitud física en magnitud eléctrica.

En este caso la transformación será de temperatura (°C) a resistencia (ohmios) y llevada a cabo a través de la PT100.

4.2.1.2 Transformar la magnitud eléctrica de ohmios a Voltios, ya que la lectura por parte del conversor A/D del micro va en función del voltaje en su entrada, y la PT100 ofrece como salida resistencia.

4.2.1.3 Por último ajustar la señal al conversor A/D del micro. de (0 <-> -0.9625), al rango del conversor A/D del micro (en nuestro caso)(0 <-> 5V.) así como ajustar el 0 (offset) de la lectura, para aprovechar todo el rango que nos ofrece el conversor A/D. Esta función del circuito se efectúa a través de un CAS (Circuito Acondicionador de señal).

4.2.2 TRANSFORMACIÓN DE LA MAGNITUD FÍSICA A MAGNITUD ELÉCTRICA.

Esta función es llevada a cabo por la PT-100. La PT-100 es una resistencia cuyo valor resistivo varía linealmente en función de la temperatura a la que está expuesta la misma y se caracteriza por su uso en entornos industriales y allí donde se requiera un control de la temperatura de líquidos.

El hecho de que parte del material con el que está fabricada sea platino y de que aparte, ofrezca un valor resistivo de 100 ohmios expuesta una temperatura de 0°C, hace que esta resistencia reciba de ahí el nombre de PT-100.

4.2.3 TRANSFORMACIÓN DE LA MAGNITUD ELECTRICA. (OHMIOS A VOLTIOS).

La magnitud eléctrica que leen los microcontroladores es el voltaje que se encuentra en sus entradas. Sabiendo esto, es fácil comprender la necesidad de transformar el valor resistivo que ofrece la PT-100 (ohmios) a voltios. Para realizar esta tarea haremos uso del siguiente circuito, que llamaremos "medidor de incremento de R" que se encarga de medir la diferencia de una resistencia (R_x) respecto a otra de referencia (R_{ref}), es decir, mediremos $R_x - R_{ref}$.

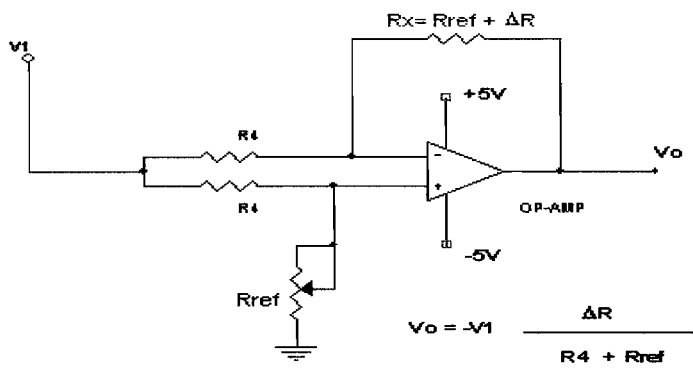


Fig. 4.3.2 "Medidor incremento de R"

En el caso particular de la PT-100 (R_x en el circuito) mediremos la diferencia entre el valor ohmico instantaneo de la PT100 y el valor ohmico de la PT100 a 0°C. Para ello R_{ref} tendrá un valor de 100 ohmios (valor ohmico de la PT100 a 0°C).

De esta manera podemos diseñar el circuito con los siguientes valores obteniendo la siguiente salida:

$R_4 = 100 \text{ ohm}$	$R_X = \text{PT100}$
$R_{ref} = 100 \text{ ohm}$	$V_i = 5 \text{ Volt}$

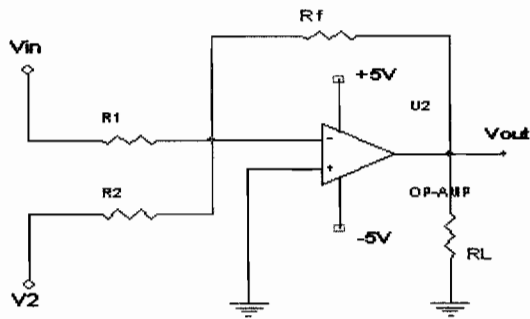
R4 y Rref tendrán una tolerancia del 1%, para mayor precisión del circuito.

En esta función lineal, deberemos calcular los valores para m y para b obteniendo los siguientes valores en función del voltage que tenemos a la entrada y el deseado a la salida:

V_o	$(0^\circ\text{C})=$	0	Volt
V_o	$(100^\circ\text{C})=$	-0.9625	Volt

4.2.4 AJUSTAR LA SEÑAL AL CONVERSOR A/D DEL MICROCONTROLADOR.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta a la hora de utilizar un microcontrolador es el de poder aprovechar todo el rango de entrada que nos ofrece, comúnmente comprendido entre los valores de 0 y 5V. Por lo tanto es necesario un circuito que nos adapte el rango de los valores que ofrece el sensor a los del microcontrolador. El Ajuste del 0, también es importante, para ajustar los fondos de escala que ofrece el sensor con los del microcontrolador. Estas dos funciones se pueden llevar a cabo a través de un CAS (Circuito acondicionador de Señal), como el circuito al que corresponde el siguiente esquema:



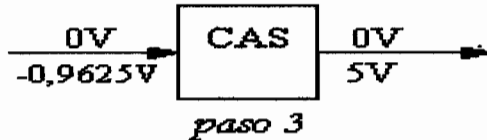
$$V_o = - \left[\frac{R_f}{R_1} \right] E_1 - \left[\frac{R_f}{R_2} \right] E_{od}$$

$$y = mx + b$$

Fig. 4.2.4 "CAS (Circuito Acondicionador de Señal)"

La salida del circuito que buscamos será del tipo:

$$y = mx + b$$



$$m = -5.195; b = 0;$$

Si el valor obtenido para (m) fuese positivo, debemos utilizar otro circuito, el cual se

Puede encontrar al final de esta hoja de aplicación.

La ecuación general de salida de este circuito es:

$$V_{out} = -(R_f/R_1)V_{in} - (R_f/R_2)V_2;$$

$$y = mx + b;$$

por lo tanto:

$$-(R_f/R_1)=m$$

$$-(R_f/R_2)V_2 = b$$

Sustituyendo en las formulas los valores previamente calculados de (m) y (b) obtenemos los siguiente valores para: R_f , R_2 y V_2 :

para: $m = -5.195$; $b = 0$;	
$R_f = 5.195 R_1$;	$V_2=0$;

Puesto que en este caso $(b) = 0$. R_2 puede adoptar cualquier valor de resistencia.

En nuestro caso se ha acoplado la pt100 en un medio puente de Wheatstone, luego se le ha acondicionado un circuito el cual consta de un opam ,LM318 , con el fin de realizar un seguidor de voltaje ,el cual se lo utiliza como circuito acoplador en aplicaciones analógicas y digitales, es decir, este circuito se

encarga de reproducir a la salida el voltaje de la entrada con una ganancia de corriente.

Y se muestra a continuación el acondicionamiento de la PT100 en el registrador de temperatura.

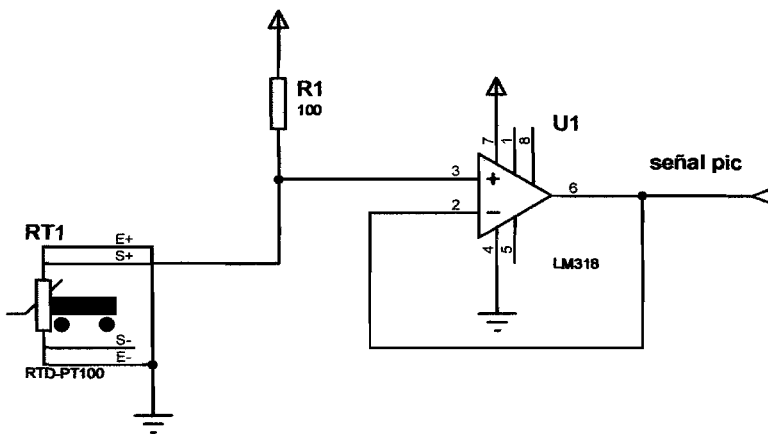


Fig4.2.4 Circuito acondicionador de pt100

CONCLUSIONES

Se logró implementar una tarjeta electrónica capaz de adquirir los datos para registros de temperatura, con esta tarjeta se logró obtener una solución económica y confiable para diferentes sensores de temperatura, que son aplicados en varios procesos industriales en donde se requiere un constante monitoreo de temperatura.

Debido a las características internas del dsPIC 30F4011, no fue necesario agregar módulos adicionales, tales como para la transferencias de datos mediante USB, logrando ahorro en la implementación de la tarjeta y que el PCB sea de menores dimensiones.

Se aplicaron las bases adquiridas y se mejoraron los conocimientos en lenguaje MikroBasic, que es un programador de alto nivel para desarrollar la programación del microcontrolador dsPIC 30F4011.

Para la transmisión de datos almacenados desde el dispositivo al computador se utiliza el estándar USB logrando de esta manera conocer este tipo de tecnología que hoy en la actualidad es muy útil y que en la industria puede ser en ciertos casos útil y además reducir costos.

Durante el desarrollo del proyecto se mejoraron los conocimientos adquiridos en electrónica tanto digital como análoga y se obtuvieron conocimiento de herramientas, en el desarrollo y diseño de PCB's mediante el software Ares.

RECOMENDACIONES

Se recomienda acoplar una memoria extra para poder almacenar más datos de temperatura si se desean registrar datos por periodos muy largos, ya que la memoria interna del dsPIC es muy limitada para registros continuos de temperatura.

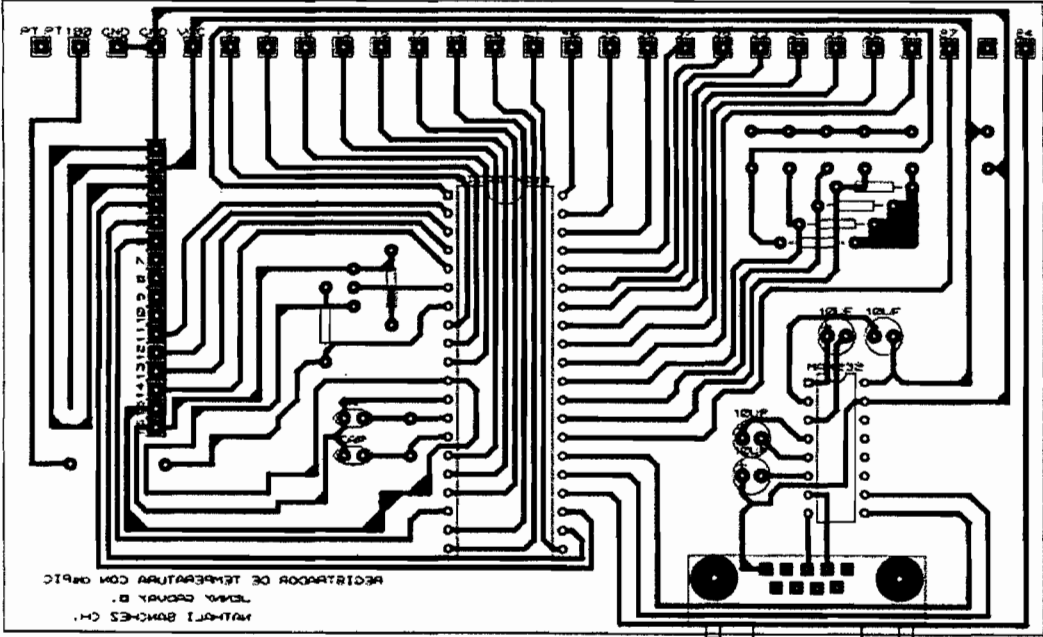
Es muy importante saber qué tipo de señal envía el sensor al dsPic, ya que el microcontrolador trabaja en un rango de 0 a 5V, y definir bien las entradas analógicas en el lenguaje de programación Mikrobasic.

Se recomienda tomar lo suficientes datos de temperatura versus tiempo para obtener la curva del sensor con el cual se está trabajando y así poder realizar el análisis respectivo y tomar las decisiones pertinentes.

ANEXOS

ANEXO A

Circuito completo de la tarjeta.



ANEXO B

Código de Programación de Lenguaje Mikrobasic

!*****

!* TITULO: REGISTRADOR DE TEMPERATURA CON dsPIC *

!* *

!* GRUPO : 05 *

!* AUTORES: NATHALI SANCHEZ - JENNY GADVAY *

!* REVISOR: ING. CARLOS VALDIVIEZO *

!* NOTA : ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE LITORAL *

!* : DERECHOS RESERVADOS *

!* *

!* FECHA : JUEVES 26 FEBREO 2009 *

!* VERSION: 1.0 *

!*****

program REGTEMP

!***** DECLARACION DE VARIABLES Y CONSTANTES *****

!*****VARIABLES PARA MEMORIA INTERNA EEPROM*****

DIM EEADDR AS LONGINT

DIM WRADDR AS LONGINT

DIM I AS WORD

DIM J AS WORD

DIM SENSOR AS BYTE

***** VARIABLES ANALOGICAS *****

DIM LM35 AS WORD 'ENTRADA ANALOGICA DEL SENSOR LM35

DIM PT100 AS FLOAT 'ENTRADA ANALOGICA DEL SENSOR PT100

*****GRADOS CENTIGRADOS *****

DIM LM AS FLOAT 'CONSTANTE 0.435 PARA CONVERSION EN °C PARA LM35

DIM PT AS FLOAT 'CONSTANTE 21.8 PARA CONVERSION EN °C PARA PT100

DIM CENLM AS FLOAT 'CONSTANTE OBTENCION DE °C PARA LM35

DIM CENPT AS FLOAT 'CONSTANTE OBTENCION DE °C PARA PT100

DIM TLM AS STRING[15] 'TEMP. LM35 PARA SER LEIDA EN LCD

DIM TPT AS STRING[15] 'TEMP. PT100 PARA SER LEIDA EN LCD

***** GRADOS FARHENHEIT *****

DIM FH AS FLOAT

DIM FAR AS FLOAT

DIM FHR AS WORD

DIM TFARLM AS FLOAT

DIM TFARPT AS FLOAT

DIM TXTFLM AS STRING[15]

DIM TXTFPT AS STRING[15]

DIM TXT AS STRING[15]

***** GRADOS KELVIN *****

DIM KV AS WORD

DIM KLLM AS WORD

DIM KELPT AS WORD

DIM TKLLM AS STRING[15]


```
DIM TKELPT AS STRING[15]
```

```
***** FUNCION ASCII CHAR*****
```

```
SUB FUNCTION ASCII(dim num as byte) as byte
```

```
SELECT CASE NUM
```

```
    CASE 0 RESULT = $30 'NUMERO 0 EN ASCII
```

```
    CASE 1 RESULT = $31 'NUMERO 1 EN ASCII
```

```
    CASE 2 RESULT = $32 'NUMERO 2 EN ASCII
```

```
    CASE 3 RESULT = $33 'NUMERO 3 EN ASCII
```

```
    CASE 4 RESULT = $34 'NUMERO 4 EN ASCII
```

```
    CASE 5 RESULT = $35 'NUMERO 5 EN ASCII
```

```
    CASE 6 RESULT = $36 'NUMERO 6 EN ASCII
```

```
    CASE 7 RESULT = $37 'NUMERO 7 EN ASCII
```

```
    CASE 8 RESULT = $38 'NUMERO 8 EN ASCII
```

```
    CASE 9 RESULT = $39 'NUMERO 9 EN ASCII
```

```
END SELECT
```

```
END SUB
```

```
***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
```

```
main:
```

```
ADPCFG = $FF8F      'CONFIGURACION DE ENTRADAS ANALOGICAS
```

```
UART_INIT(57600)   'INICIALIZANDO LA COMUNICACION POR UART
```

```
EEADDR = 0x7FFC20  'PARA LEER EN LA EEPROM
```

```
WRADDR = 0x7FFC30  'PARA ESCRIBIR EN LA EEPROM
```

```
LCD_INIT(PORTB, 3,2,1,0, PORTD,0,2,1) 'CONFIGURACION DE LOS PINES DE LA LCD
```

```
Lcd_CMD(LCD_CLEAR)      'LIMPIANDO PANTALLA LDC
```

```

LCD_CMD(LCD_CURSOR_OFF)      'CURSOR OFF

TRISE = $0000      'DECLARACION DEL PUERTO "E" COMO SALIDA
PORTE = $0000      'ENCERANDO EL PUERTO E

TRISB.4 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO B PIN 4 COMO ENTRADA ANALOGICA
TRISB.5 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO B PIN 5 COMO ENTRADA ANALOGICA
TRISB.6 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO B PIN 6 COMO ENTRADA ANALOGICA
TRISB.7 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO B PIN 7 COMO SALIDA
TRISB.8 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO B PIN 8 COMO SALIDA

TRISF.0 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO F PIN 0 COMO ENTRADA DIGITAL
TRISF.1 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO F PIN 1 COMO ENTRADA DIGITAL
TRISF.4 = 1      'CONFIGURANDO PUERTO F PIN 4 COMO ENTRADA DIGITAL

TRISE.1 = 0      'CONFIGURANDO PUERTO E PIN 1 COMO SALIDA

LCD_OUT(1,2, "REGISTRADOR DE")
LCD_OUT(2,1, "TEMP CON dsPIC")
DELAY_MS(2000)

DO
LOOP UNTIL PORTE.0 = 1

Lcd_CMD(LCD_CLEAR)      'LIMPIANDO PANTALLA LDC Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)
LCD_OUT(1,2, "ELEGIR SENSOR")

```

```
LCD_OUT(2,1, "1.LM35  2.PT100")
```

```
DELAY_MS(2000)
```

```
'Lcd_CMD(LCD_CLEAR)    'LIMPIANDO PANTALLA LDC Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)
```

```
***** LECTURAS DE TEMPERATURAS *****
```

```
***** ELIGIENDO EL SENSOR *****
```

```
DO
```

```
IF PORTB.7 = 1 THEN
```

```
LCD_CMD(LCD_CLEAR)    'LIMPIANDO PANTALLA LDC Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)
```

```
LCD_OUT(1,1,"UD. ELIGIO LM35")
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
LCD_CMD(LCD_CLEAR)    'LIMPIANDO PANTALLA LDC Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)
```

```
GOTO LM35
```

```
END IF
```

```
IF PORTB.8 = 1 THEN
```

```
LCD_CMD(LCD_CLEAR)    'LIMPIANDO PANTALLA LDC Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)
```

```
LCD_OUT(1,1,"UD. ELIGIO PT100")
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
LCD_CMD(LCD_CLEAR)    'LIMPIANDO PANTALLA LDC Lcd_Cmd(LCD_CLEAR)
```

```
GOTO PT100
```

```
END IF
```

```
LOOP UNTIL ((PORTB.7 = 1) OR (PORTB.8 = 1))
```

```
***** LECTURAS DEL SENSOR LM35 *****
```

```

LM35:

LM35 = Adc_Read(4)      'LEYENDO ENTRADA ANALOGICA DEL SENSOR LM35

LM = 0.435              'CONSTANTE PARA CONVERSION EN ºC

CENLM = LM35*LM        'CONVERSION DE GRADOS CENTIGRADOS

EEPROM_WRITE(WRADDR+I,CENLM)

WORDTOSTR (CENLM,TLM)

LCD_OUT(1,1,"LM35:")

LCD_OUT(1,7,TLM)       'MOSTRANDO EN LA LCD LECTURA DEL SENSOR LM35

LCD_CHR(1,14,223)     'MOSTRANDO CARACTER DE GRADOS (º)

LCD_OUT(1,15,"C")

LCD_OUT(2,1,"TIME:")

LCD_OUT(2,7,"27/02/2009")

DELAY_MS(1000)

Eeprom_Write(wrAddr, EEADDR)

'CENLM = EEPROM_READ(EEADDR)

UART_WRITE_TEXT(TLM)

UART_WRITE_CHAR(13)

UART_WRITE_CHAR(10)

***** CONVERSION DE ºC a ºF DEL SENSOR LM35 *****

***** GRADOS FARHENHEIT *****

IF PORTF.1 = 1 THEN

FH = 1.8              'CONSTANTE DE GRADOS FARHENHEIT

FHR = 32             'CONSTANTE DE GRADOS FARHENHEIT

FAR = CENLM*FH      'CONVERSION DE ºC a ºF

```

```
TFARLM = FAR + FHR      'TEMPERATURA EN °F
```

```
EEPROM_WRITE(WRADDR+I, TFARLM)
```

```
WORDTOSTR(TFARLM,TXTFLM)
```

```
LCD_OUT(1,7,TXTFLM)
```

```
LCD_CHR(1,14,223)
```

```
LCD_OUT(1,15,"F")
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
Eeprom_Write(wrAddr, EEADDR)
```

```
UART_WRITE_TEXT(TXTFLM)
```

```
UART_WRITE_CHAR(13)
```

```
UART_WRITE_CHAR(10)
```

```
END IF
```

```
***** CONVERSION DE °C a °K DEL SENSOR LM35 *****
```

```
***** GRADOS KELVIN *****
```

```
IF PORTF.4 = 1 THEN
```

```
KV = 273      'CONSTANTE DE GRADOS KELVIN
```

```
KELLM = CENLM + KV
```

```
EEPROM_WRITE(WRADDR+I,KELLM)
```

```
WORDTOSTR(KELLM,TKELLM)
```

```
LCD_OUT(1,7,TKELLM)
```

```
LCD_CHR(1,14,223)
```

```
LCD_OUT(1,15,"K")
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
Eeprom_Write(wrAddr, EEADDR)
```

UART_WRITE_TEXT(TXTFLM)

UART_WRITE_CHAR(13)

UART_WRITE_CHAR(10)

END IF

***** LED INDICADOR DE LECTURAS *****

PORTE.1 = 1

DELAY_MS (1000)

PORTE.1 = 0

DELAY_MS (1000)

GOTO LM35

***** LECTURAS DEL SENSOR PT100 *****

PT100:

PT100 = Adc_Read(6) 'LEYENDO ENTRADA ANALOGICA DEL SENSOR PT100

PT = 0.041 'CONSTANTE PARA CONVERSION EN ºC

CENPT = PT100*PT 'CONVERSION EN GRADOS CENTIGRADOS

EEPROM_WRITE(WRADDR+I,CENPT)

WORDTOSTR (CENPT,TPT)

LCD_OUT(1,1, "PT100:")

LCD_OUT(1,7,TPT) 'MOSTRANDO EN LA LCD LECTURA DEL SENSOR PT100

LCD_Chr(1,14,223)

LCD_OUT(1,15,"C")

LCD_OUT(2,1,"TIME:")

LCD_OUT(2,7,"27/02/2009")

DELAY_MS(1000)

```
UART_WRITE_TEXT(TPT)
```

```
UART_WRITE_CHAR(13)
```

```
UART_WRITE_CHAR(10)
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
***** GRADOS FARHENHEIT *****
```

```
IF PORTF.1 = 1 THEN
```

```
FH = 1.8      'CONSTANTE DE GRADOS FARHENHEIT
```

```
FHR = 32     'CONSTANTE DE GRADOS FARHENHEIT
```

```
***** CONVERSION DE °C a °F DEL SENSOR PT100 *****
```

```
FAR = CENPT*FH      'CONVERSION DE °C a °F
```

```
TFARPT = FAR+FHR    'TEMPERATURA EN °F
```

```
EEPROM_WRITE(WRADDR+I,TFARPT)
```

```
WORDTOSTR(TFARPT,TXTFPT)
```

```
Lcd_Out(1,7,TXTFPT)
```

```
LCD_Chr(1,14,223)
```

```
LCD_OUT(1,15,"F")
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
Eeprom_Write(wrAddr, EEADDR)
```

```
'CENLM = EEPROM_READ(EEADDR)
```

```
UART_WRITE_TEXT(TXTFPT)
```

```
UART_WRITE_CHAR(13)
```

```
UART_WRITE_CHAR(10)
```

```
END IF
```

```
***** GRADOS KELVIN *****
```

```
IF PORTF.4 = 1 THEN
```

```
KV = 273          'CONSTANTE DE GRADOS KELVIN
```

```
'***** CONVERSION DE °C a °K DEL SENSOR PT100 *****'
```

```
KELPT = CENPT+KV
```

```
EEPROM_WRITE(WRADDR+I,KELPT)
```

```
WORDTOSTR(KELPT,TKELPT)
```

```
LCD_OUT(1,7,TKELPT)
```

```
LCD_CHR(1,14,223)
```

```
LCD_OUT(1,15,"K")
```

```
DELAY_MS(1000)
```

```
Eeprom_Write(wrAddr, EEADDR)
```

```
'CENLM = EEPROM_READ(EEADDR)
```

```
UART_WRITE_TEXT(TKELPT)
```

```
UART_WRITE_CHAR(13)
```

```
UART_WRITE_CHAR(10)
```

```
END IF
```

```
'***** LED INDICADOR DE LECTURAS *****'
```

```
PORTE.1 = 1
```

```
DELAY_MS (1000)
```

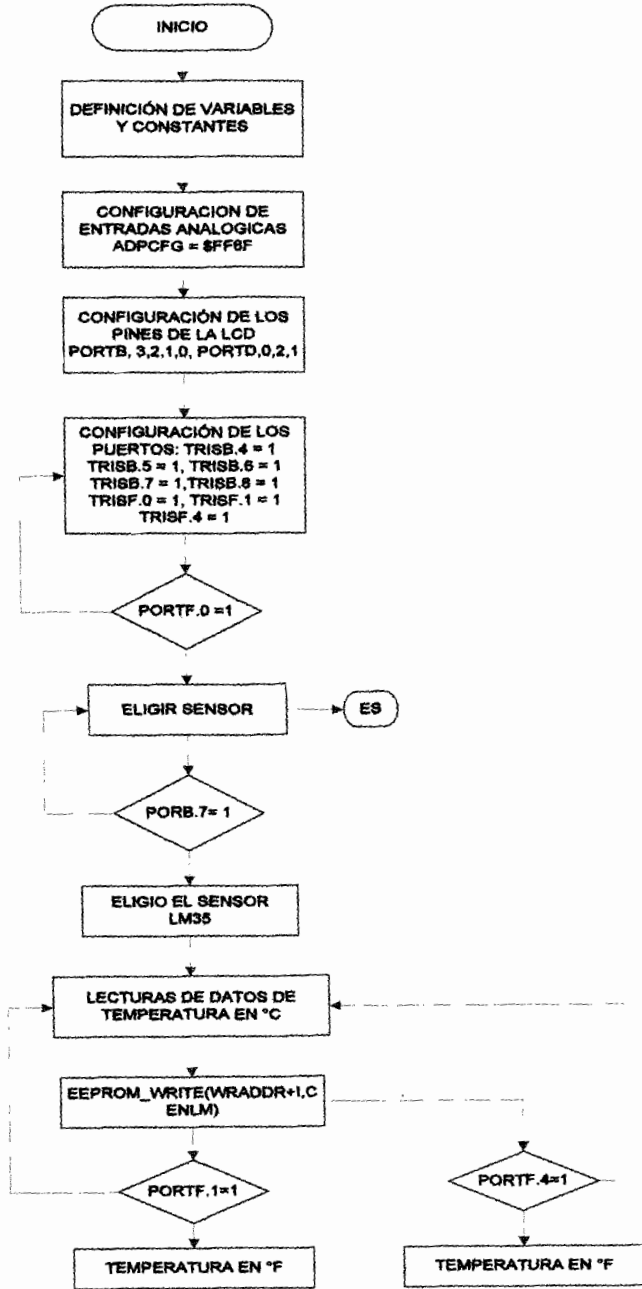
```
PORTE.1 = 0
```

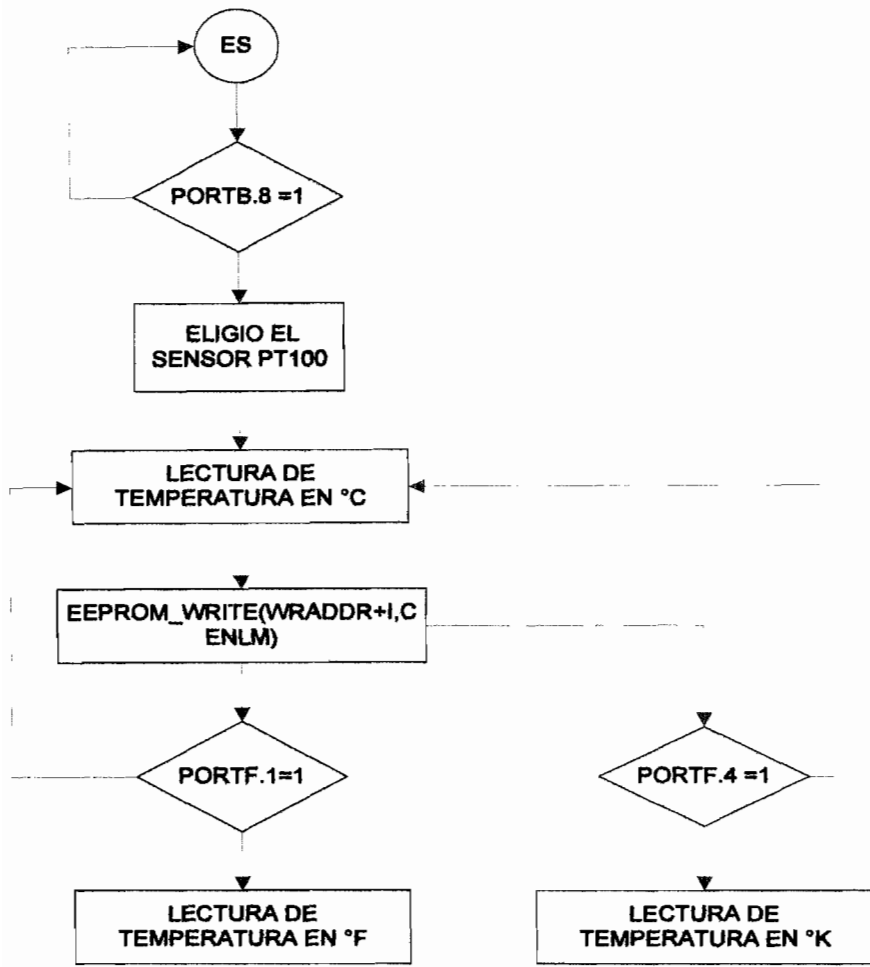
```
DELAY_MS (1000)
```

```
GOTO PT100
```

```
end.
```


DIAGRAMA DE FLUJO DEL REGISTRADOR DE TEMPERATURA CON dsPIC





ANEXOS C

Código de Visual Basic.

Option Explicit

Dim Cadena As String

Dim xTemperatura As String

Dim xdate As String

Dim xtime As String

Dim xArchivo As Integer

Dim xTemp

Private Sub btnAbrir_Click()

 If btnAbrir.Caption = "Abrir" Then

 If IsNumeric(txtPuerto.Text) Then

 'Establecemos el puerto

 serial.CommPort = txtPuerto.Text

 'Nos preparamos para capturar el error en caso de que el puerto no exista

 On Error GoTo lblPuertoNoExiste

 'Abrir el puerto serial

 serial.PortOpen = True

 On Error GoTo 0

 btnAbrir.Caption = "Cerrar"

 Else

 MsgBox "Escriba el NUMERO del puerto", vbCritical, "Error abriendo puerto serial"

 End If

Else

serial.PortOpen = False

btnAbrir.Caption = "Abrir"

End If

'Salimos del procedimiento

Exit Sub

lblPuertoNoExiste:

MsgBox "Ese puerto no existe. Por favor verifique el numero del puerto", vbCritical

End Sub

Private Sub Form_Load()

PrepararGrid

End Sub

Private Sub PrepararGrid()

'Solamente lo preparamos si el grid tiene datos

If grid.Rows > 1 Then

· 'Le ponemos una fila de cabecera

grid.FixedRows = 1

'Agregamos los titulos de la cabecera

grid.TextMatrix(0, 0) = "Fecha"

grid.TextMatrix(0, 1) = "Hora"

grid.TextMatrix(0, 2) = "Temp."

Else

serial.PortOpen = False

btnAbrir.Caption = "Abrir"

End If

'Salimos del procedimiento

Exit Sub

lblPuertoNoExiste:

MsgBox "Ese puerto no existe. Por favor verifique el numero del puerto", vbCritical

End Sub

Private Sub Form_Load()

PrepararGrid

End Sub

Private Sub PrepararGrid()

'Solamente lo preparamos si el grid tiene datos

If grid.Rows > 1 Then

· 'Le ponemos una fila de cabecera

grid.FixedRows = 1

'Agregamos los titulos de la cabecera

grid.TextMatrix(0, 0) = "Fecha"

grid.TextMatrix(0, 1) = "Hora"

grid.TextMatrix(0, 2) = "Temp."

```

'Establecemos la alineación de las columnas
grid.ColAlignment(0) = flexAlignLeftCenter
grid.ColAlignment(1) = flexAlignLeftCenter
grid.ColAlignment(2) = flexAlignRightCenter
End If
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
    If serial.InBufferCount > 0 Then
        Cadena = Cadena + serial.Input
        If InStr(1, Cadena, vbCrLf) > 0 Then
            xdate = CStr(Date)
            xtime = CStr(Time)
            xTemp = Split(Cadena, vbTab)
            xTemperatura = Replace(xTemp(0), vbCrLf, "")
            grid.AddItem xdate + vbTab + xtime + vbTab + xTemperatura + vbTab
            'Tempera.Text = Tempera.Text + xTemperatura + vbCrLf
            Cadena = ""
            xArchivo = FreeFile
            Open "record.txt" For Append As #xArchivo
            Write #xArchivo, xdate, xtime, xTemperatura
            Close #xArchivo
        End If
    End If
End Sub

```

```
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)
```

```
    If serial.PortOpen Then
```

```
        serial.PortOpen = False
```

```
        btnAbrir.Caption = "Cerrar"
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

ANEXO D

Datos obtenidos y grafico.

"25/02/2009","19:26:51"," 30"	"26/02/2009","4:36:54"," 36"
"25/02/2009","19:26:53"," 29"	"26/02/2009","4:36:57"," 36"
"25/02/2009","19:26:54"," 29"	"26/02/2009","4:37:01"," 37"
"25/02/2009","19:26:55"," 30"	"26/02/2009","4:37:04"," 36"
"25/02/2009","19:26:56"," 30"	"26/02/2009","4:37:07"," 35"
"25/02/2009","19:26:57"," 30"	"26/02/2009","4:37:11"," 34"
"25/02/2009","19:26:58"," 32"	"26/02/2009","4:37:14"," 33"
"25/02/2009","19:26:59"," 29"	"26/02/2009","4:37:17"," 33"
"25/02/2009","19:27:00"," 30"	"26/02/2009","4:37:21"," 34"
"25/02/2009","19:27:02"," 31"	"26/02/2009","4:37:24"," 36"
"25/02/2009","19:27:03"," 30"	"26/02/2009","4:37:27"," 36"
"25/02/2009","19:27:04"," 30"	"26/02/2009","4:37:31"," 35"
"25/02/2009","19:27:05"," 30"	"26/02/2009","4:37:34"," 36"
"25/02/2009","19:27:06"," 31"	"26/02/2009","4:37:37"," 35"
"25/02/2009","19:27:07"," 32"	"27/02/2009","13:13:46"," 35"
"25/02/2009","19:27:08"," 33"	"27/02/2009","13:13:49"," 36"
"25/02/2009","19:27:09"," 34"	"27/02/2009","13:13:52"," 36"
"25/02/2009","19:27:11"," 33"	"27/02/2009","13:13:56"," 41"
"25/02/2009","19:27:12"," 35"	"27/02/2009","13:13:59"," 42"
"25/02/2009","19:27:13"," 35"	"27/02/2009","13:14:02"," 41"
"25/02/2009","19:27:14"," 36"	"27/02/2009","13:14:06"," 41"
"25/02/2009","19:27:15"," 36"	"27/02/2009","13:14:09"," 41"
"25/02/2009","19:27:16"," 37"	"27/02/2009","13:14:12"," 41"
"25/02/2009","19:27:17"," 37"	"27/02/2009","13:14:15"," 41"
"25/02/2009","19:27:18"," 37"	"27/02/2009","13:14:19"," 42"
"25/02/2009","19:27:20"," 37"	"27/02/2009","13:14:45"," 42"
"25/02/2009","19:29:59"," 30"	"27/02/2009","13:14:48"," 41"

"25/02/2009","19:30:00"," 28"	"27/02/2009","13:14:52"," 39"
"25/02/2009","19:30:01"," 30"	"27/02/2009","13:14:55"," 37"
"25/02/2009","19:30:02"," 29"	"27/02/2009","13:14:58"," 37"
"25/02/2009","19:30:03"," 29"	"27/02/2009","13:59:19"," 33"
"25/02/2009","19:30:04"," 29"	"27/02/2009","13:59:36"," 34"
"25/02/2009","19:30:05"," 28"	"27/02/2009","14:00:12"," 35"
"25/02/2009","19:30:07"," 29"	"27/02/2009","14:00:15"," 35"
"25/02/2009","19:30:08"," 28"	"27/02/2009","14:01:15"," 36"
"25/02/2009","19:30:09"," 28"	"27/02/2009","14:01:28"," 37"
"25/02/2009","19:30:10"," 29"	"27/02/2009","14:01:31"," 36"
"25/02/2009","19:30:11"," 31"	"27/02/2009","14:01:41"," 37"
"25/02/2009","19:30:12"," 29"	"27/02/2009","14:01:44"," 36"
"25/02/2009","19:30:13"," 28"	"27/02/2009","14:01:48"," 40"
"25/02/2009","19:30:14"," 29"	"27/02/2009","14:01:51"," 39"
"25/02/2009","19:30:16"," 28"	"27/02/2009","14:02:04"," 41"
"25/02/2009","19:30:17"," 29"	"27/02/2009","14:02:07"," 42"
"25/02/2009","19:30:18"," 29"	"27/02/2009","14:02:11"," 45"
"25/02/2009","19:30:19"," 29"	"27/02/2009","14:02:14"," 43"
"25/02/2009","19:30:20"," 29"	"27/02/2009","14:02:17"," 43"
"25/02/2009","19:30:21"," 29"	"27/02/2009","14:02:21"," 45"
"25/02/2009","19:30:22"," 28"	"27/02/2009","14:02:24"," 50"
"25/02/2009","23:26:46"," 30"	"27/02/2009","14:02:27"," 47"
"25/02/2009","23:26:47"," 30"	"27/02/2009","14:02:31"," 48"
"25/02/2009","23:26:56"," 30"	"27/02/2009","14:02:34"," 48"
"25/02/2009","23:26:57"," 30"	"27/02/2009","14:02:37"," 48"
"25/02/2009","23:27:09"," 32"	"27/02/2009","14:02:40"," 47"
"25/02/2009","23:27:14"," 30"	"27/02/2009","14:02:44"," 45"
"26/02/2009","4:36:38"," 27"	"27/02/2009","14:02:47"," 47"
"26/02/2009","4:36:41"," 26"	"27/02/2009","14:02:50"," 46"
"26/02/2009","4:36:44"," 27"	"27/02/2009","14:02:54"," 50"
"26/02/2009","4:36:48"," 32"	"27/02/2009","14:02:57"," 60"



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

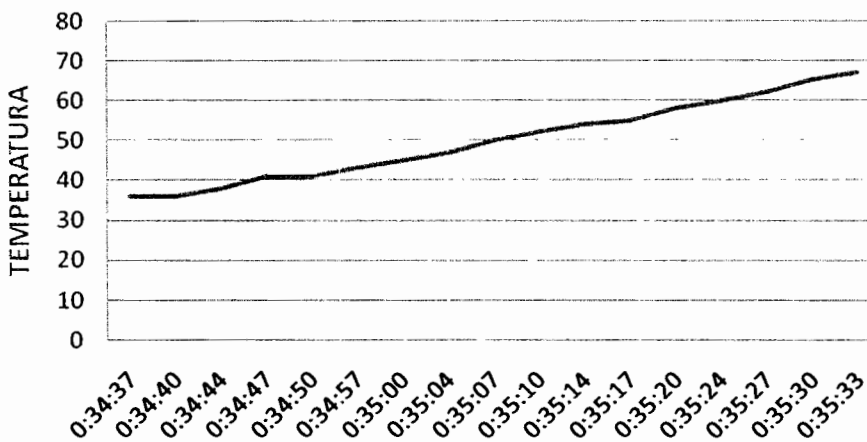
REGISTRADOR DE TEMPERATURA CON dsPIC

Fecha	Hora	Temp.
27/02/200	0:34:37	36
27/02/200	0:34:40	36
27/02/200	0:34:44	38
27/02/200	0:34:47	41
27/02/200	0:34:50	41
27/02/200	0:34:54	43
27/02/200	0:34:57	40
27/02/200	0:35:00	39
27/02/200	0:35:04	40
27/02/200	0:35:07	40
27/02/200	0:35:10	40
27/02/200	0:35:14	40
27/02/200	0:35:17	38

Nathali E. Sánchez Chávez
 Jenny D. Gadvaj Barzalo

Puerto Serial: 9

Temperatura vs. tiempo



ANEXO E

Detalle de costos de materiales de tarjeta controladora

TARJETA CONTROLADORA CON DSPIC

CANTIDAD	ELEMENTO	P. UNIT.	TOTAL
1	Construcción tarjeta PCB 10cm x11cm	11.95	11.95
1	Adaptador USB a serial	16.50	16.50
1	C.I. dsPic30F4011	12.00	12.00
2	C.I. MAX232	6.00	12.00
1	Cristal de 4 Mhz	2.00	2.00
4	Capacitor 22pF/25V	0.30	1.20
1	Pantalla LCD	10.00	10.00
6	Capacitor 1uF/ 25V	0.40	2.40
3	Leds	0.20	0.60
1	Bornera de 2 servicios	0.30	0.30
1	Conector hembra DB9	1.50	1.50
1	Conector macho DB9	1.00	1.00
2	Jumper	0.05	0.10
1	Resistencia de 110 Ω / $\frac{1}{2}$ W	0.05	0.05
1	Resistencia 1K Ω / $\frac{1}{2}$ W,	0.05	0.05
2	Jack	0.35	0.60
9	Resistencia 220 Ω / $\frac{1}{4}$ W,	0.05	0.45
1	Socket 8 pines	0.20	0.20
1	Socket 40 pines	0.50	0.50
2	Pulsador	0.30	0.30
8	Bases con tornillos	0.15	0.20
4	Tornillos separadores	0.30	1.20
1	PT100	40.00	40.00
2	LM35	4.50	9.00
20	Borneras	0.20	4.00
4m	Espagueti Térmico	1.25	5.00

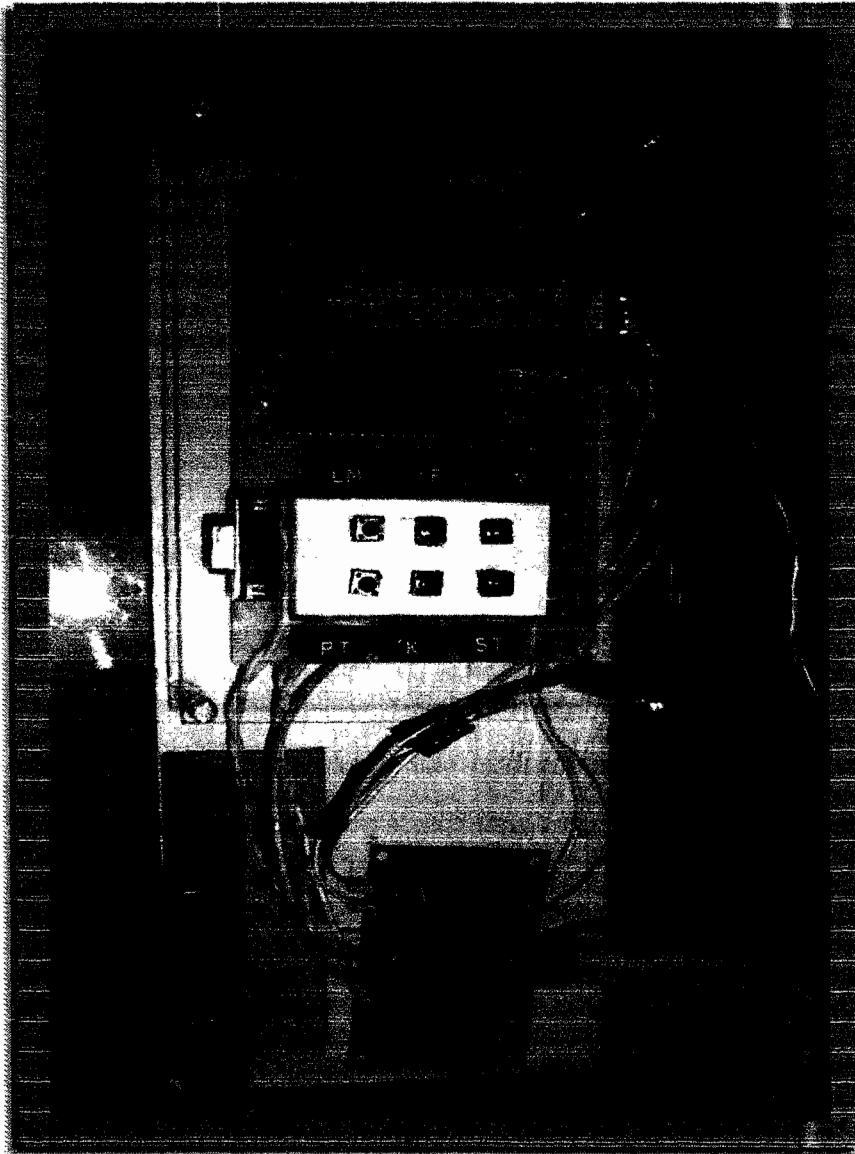
1	Tarjeta perforada 8*8	1.00	1.00
1	Tarjeta perforada 3*5	0.40	0.40
4	Juego de espadines	0.24	0.96
8	Botoneras	0.05	0.40
	TOTAL		\$ 135.86

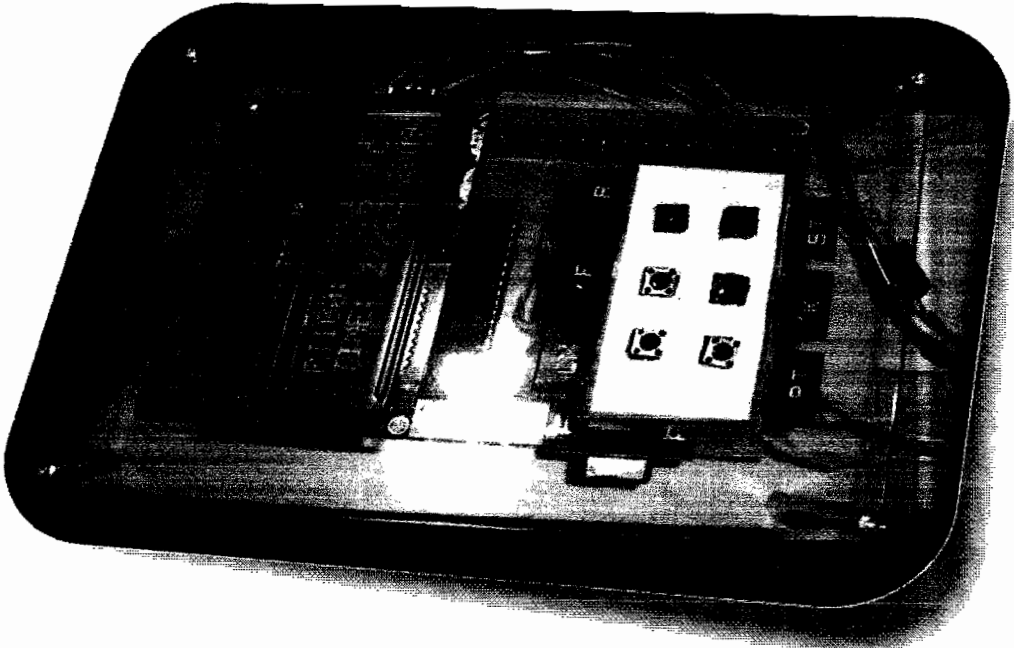
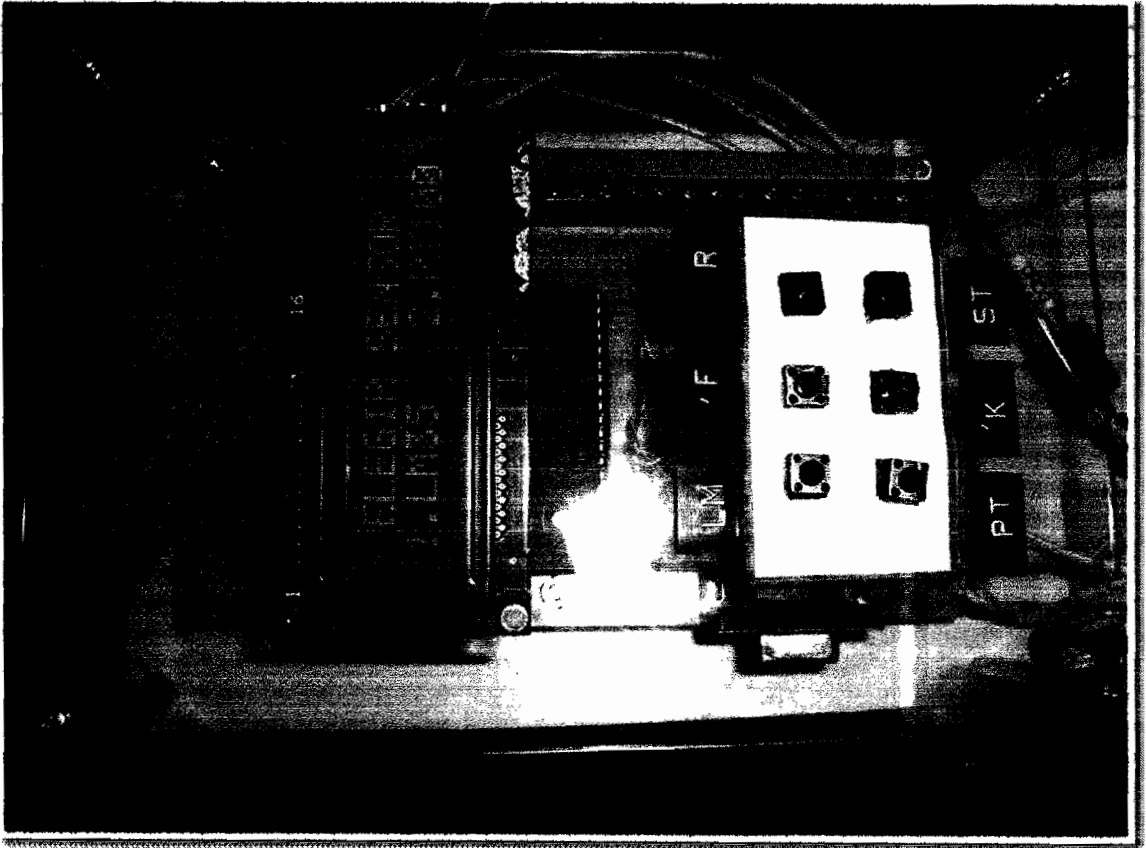
Detalle de costos de la estructura

UNIDAD,	ELEMENTO	P . UNITARIO	TOTAL
1	Canaletas plásticas	2.00	2.00
1	Plancha acrílico	12.00	12.00
1	Plancha madera	3.00	3.00
1	Tornillos, pernos, tuercas varias medidas	2.00	2.00
2	Cintas: aislante/ papel	1.00	2.00
1	Juego brocas	0.40	0.40
	TOTAL		\$ 23.40

ANEXO F

Fotos del Registrador de Temperatura con dsPIC

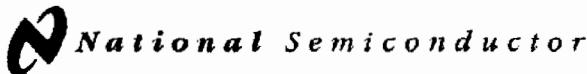






BIBLIOGRAFIA

1. Manual de usuario de MikroBasic.
2. Hoja de especificaciones del dsPIC30F4011.
3. Manual de referencia de la familia dsPIC30F.
4. Manual de usuario del Microchip PICkit 2
5. Hoja de datos del MAX232.
6. Hoja de especificaciones datos del LM35
7. Hoja de especificaciones datos del LM318
8. hoja de especificaciones de la PT100
9. Curso practico de electrónica industrial(Editorial Cedit)
10. www.microchip.com
11. <http://www.todopic.com.ar>
12. <http://www.control-technics.com/>
13. <http://www.schneiderj.net/Electronique/>
14. <http://www.forosdeelectronica.com/about21057.html>
15. <http://www.yoreparo.com/>
16. <http://www.microladder.com/>
17. <http://www.microladder.com/>
18. <http://www.unicrom.com/>
19. <http://micros.mforos.com/1149907/6037555-un-termostato/>



December 1994

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

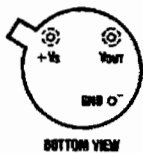
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+ 10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package *



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

TO-92
Plastic Package

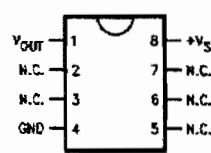


BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package

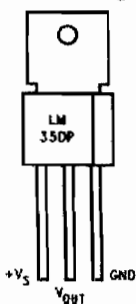


Top View

N.C. - No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

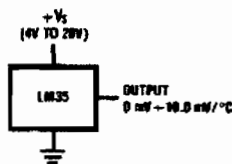
TO-202
Plastic Package



TL/H/5516-24

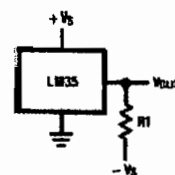
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



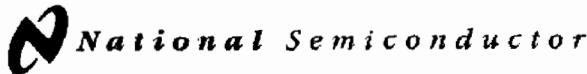
TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1.500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D
Precision Centigrade Temperature Sensors



December 1994

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



TL/H/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

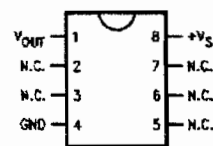
TO-92
Plastic Package



TL/H/5516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package



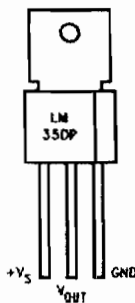
TL/H/5516-21

Top View

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

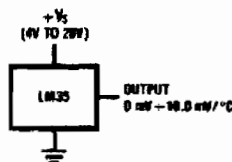
TO-202
Plastic Package



TL/H/5516-24

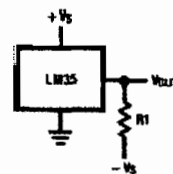
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1.500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX}	
(Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5	± 1.0	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{V/dc}$ and $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is $85^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+ 10.0$	$+ 9.8,$ $+ 10.2$		$+ 10.0$		$+ 9.8,$ $+ 10.2$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+ 0.39$		$+ 0.7$	$+ 0.39$		$+ 0.7$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

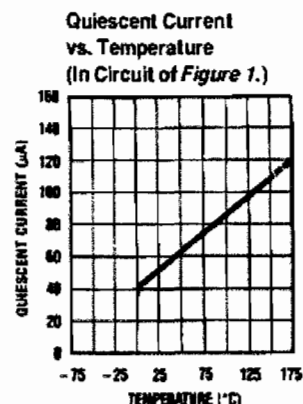
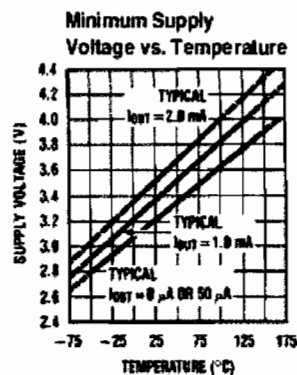
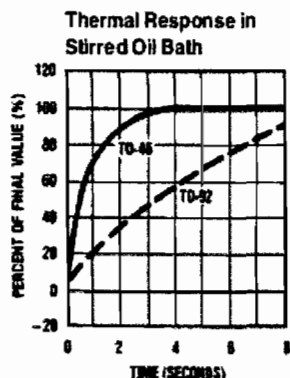
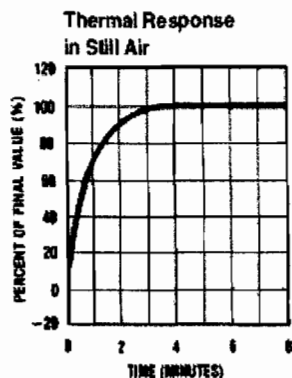
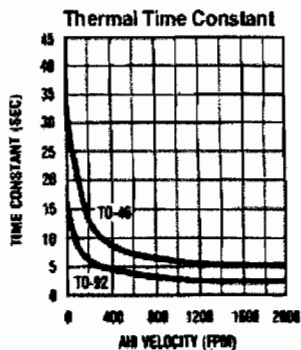
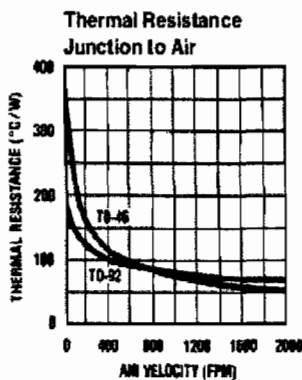
Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

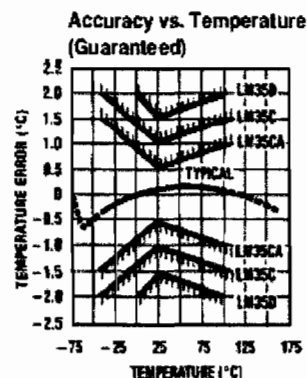
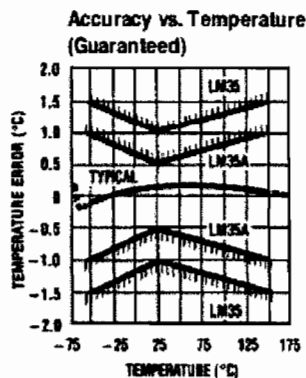
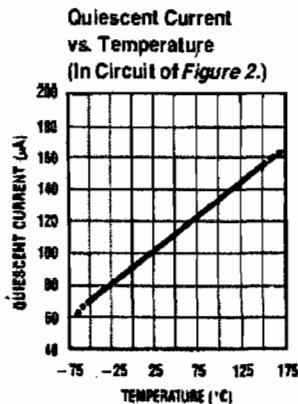
Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

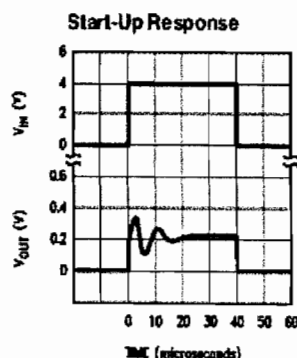
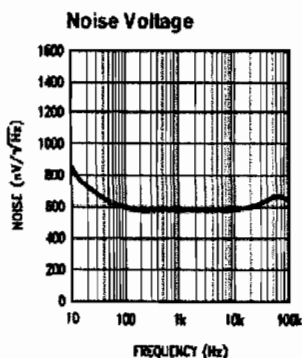
Typical Performance Characteristics



TL/W 5516-17



TL/W 5516-18



TL/W 5516-22

Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

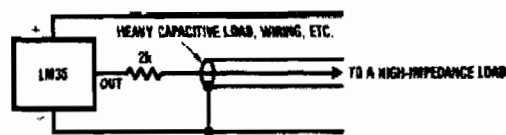
Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**	SO-8 no heat sink	SO-8 small heat fin**	TO-202 no heat sink	TO-202 *** small heat fin
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	85°C/W	60°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	25°C/W	40°C/W
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W				
(Clamped to metal, infinite heat sink)	(24°C/W)				(55°C/W)		(23°C/W)	

* Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

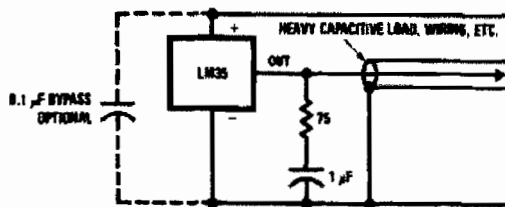
** TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. bil or similar.

Typical Applications (Continued)



TL/H/5516-19

FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load



TL/H/5516-20

FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

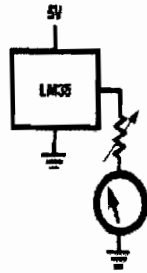
CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pf without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see Figure 4.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, 6, or 8, it is relatively immune to wiring

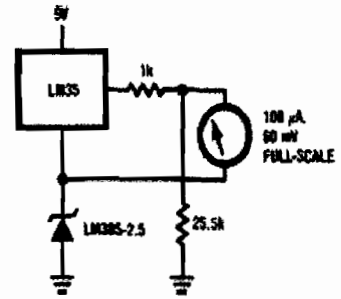
capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc. as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figures 13, 14, and 16.

Typical Applications (Continued)



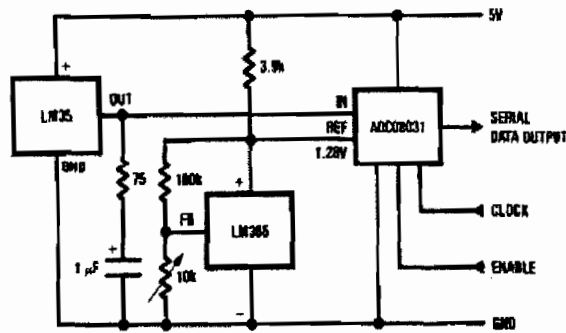
TL/H/5516-11

FIGURE 11. Centigrade Thermometer (Analog Meter)



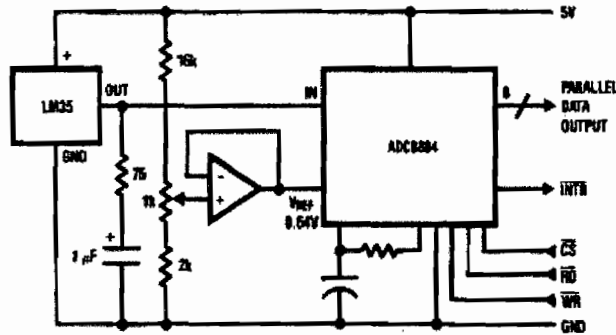
TL/H/5516-12

FIGURE 12. Expanded Scale Thermometer (50° to 80° Fahrenheit, for Example Shown)



TL/H/5516-13

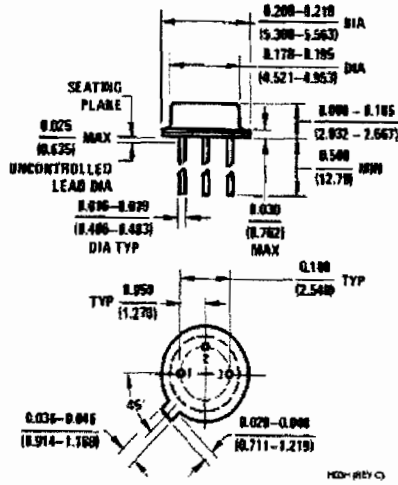
FIGURE 13. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (+ 128°C Full Scale)



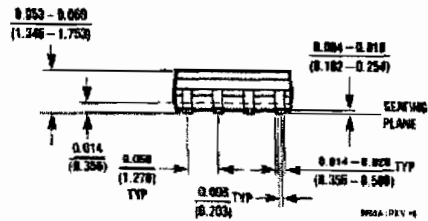
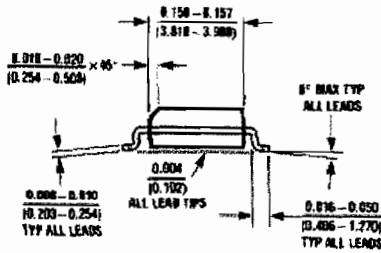
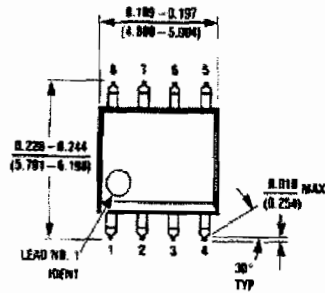
TL/H/5516-14

FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Parallel TRI-STATE® Outputs for Standard Data Bus to μ P Interface) (128°C Full Scale)

Physical Dimensions inches (millimeters)

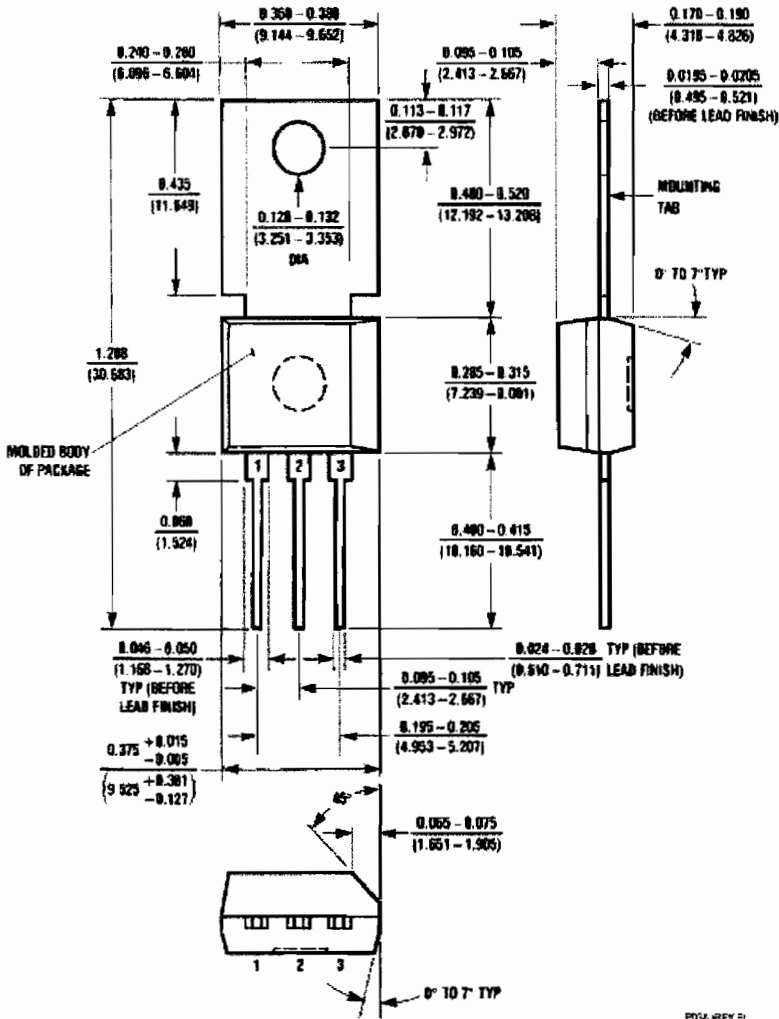


TO-46 Metal Can Package (H)
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH,
 LM35CAH, or LM35DH
 NS Package Number H03H



SO-8 Moulded Small Outline Package (M)
 Order Number LM35DM
 NS Package Number M08A

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



POS. REV. 2

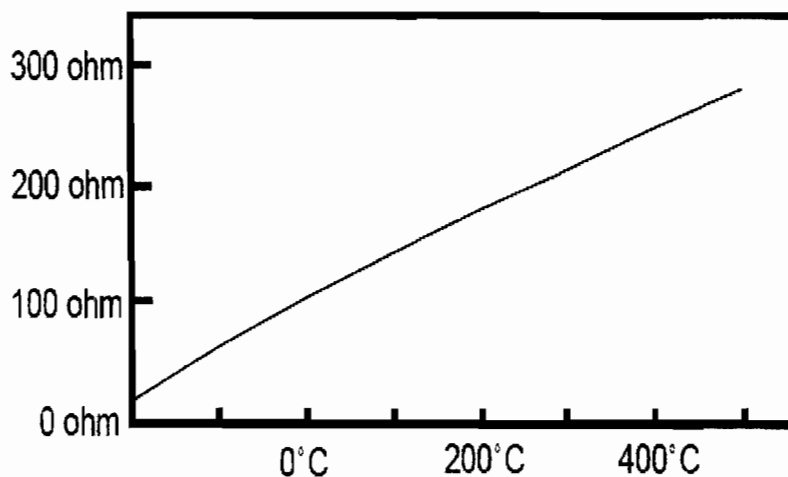
Power Package TO-202 (P)
Order Number LM35DP
NS Package Number P03A

ANEXO H

TABLA DE ESPECIFICACIONES DE PT100

Que es un Pt100 ? Un Pt100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.



Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termo Resistivo)

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

Ventajas del Pt100 Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

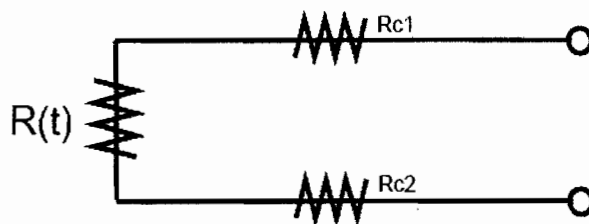
Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

Conexión de la Pt100 Existen 3 modos de conexión para las Pt100. cada uno de ellos requiere un instrumento lector distinto.
El objetivo es determinar exactamente la resistencia eléctrica $R(t)$ del elemento sensor de platino sin que influya en la lectura la resistencia de los cables R_c .

Con 2 hilos El modo más sencillo de conexión (pero **menos recomendado**) es con solo dos cables.
En este caso las resistencias de los cables R_{c1} y R_{c2} que unen la Pt100 al instrumento se suman generando un error inevitable.
El lector medirá el total $R(t)+R_{c1}+R_{c2}$ en vez de $R(t)$.
Lo único que se puede hacer es usar cable lo más grueso posible para disminuir la resistencia de R_{c1} y R_{c2} y así disminuir el error en la lectura.



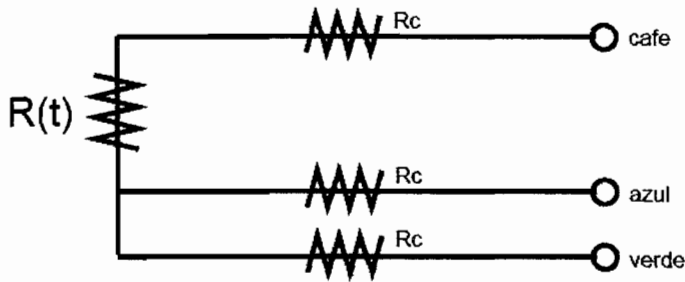
Por ejemplo si la temperatura es 90°C , entonces $R(t) = 134.7$ ohms, pero si el cable R_{c1} tiene 1.3 ohms y el R_{c2} tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será $134.7+1.3+1.2 = 137.2$ ohms y la lectura del instrumento será 96°C .

Un cable común razonablemente grueso sería uno de diámetro equivalente a 18 AWG. La resistencia de este cable es 0.0193 ohms por metro.

Por ejemplo si se usa este cable para medir una resistencia a 15 metros de distancia, la resistencia total de los cables será $15*2*0.0193 = 0.579$ ohms lo que inducirá un error de 1.5°C en la lectura.

Con 3 hilos

El modo de conexión de 3 hilos es **el más común** y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

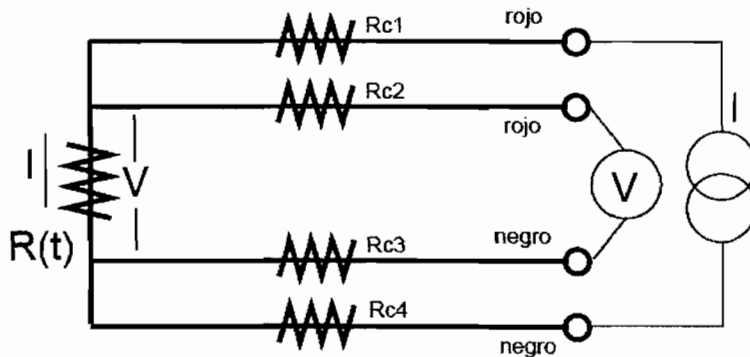


El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables cafe y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

Con 4 hilos

El método de 4 hilos es **el más preciso** de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



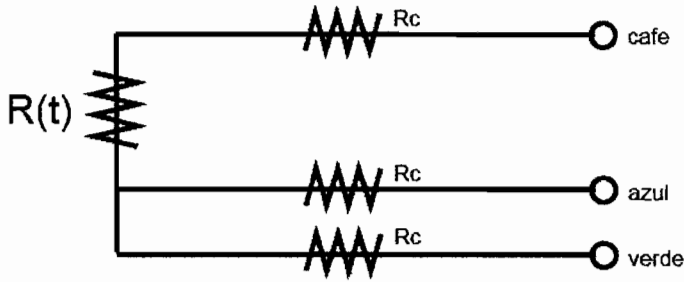
Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$.

Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV = I_c * R_c = 0 * R_c = 0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$.

Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.

Con 3 hilos

El modo de conexión de 3 hilos es **el más común** y resuelve bastante bien el problema de error generado por los cables.

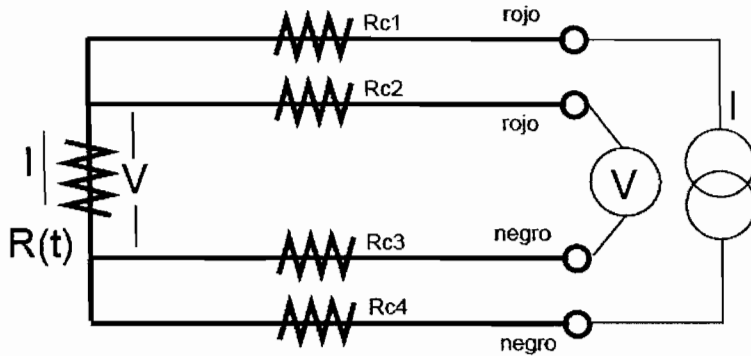


El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el "puente de Wheatstone". Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión.

En el caso particular de los instrumentos ARIAN, se hace pasar una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables cafe y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

Con 4 hilos

El método de 4 hilos es el **más preciso** de todos, los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.



Por los cables 1 y 4 se hace circular una corriente I conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$.

Los cables 2 y 4 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia luego por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables R_{c2} y R_{c3} será cero ($dV = I_c * R_c = 0 * R_c = 0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$.

Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.

Autocalentamiento y corriente de excitación

Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente I por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente I llamada "**corriente de excitación**" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo.

Un problema que puede ocurrir es que la "corriente de excitación" genere por efecto Joule ($P=I^2R$) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura.

Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor. Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 son del orden de 0.5°C por miliwatt generado cuando la Pt100 esta en aire sin circular y 0.05°C con la misma Pt100 en agua. La potencia de autocalentamiento depende del cuadrado de la corriente de excitación, luego mientras menor sea esta corriente, mucho menor será el efecto.

Los instrumentos ARIAN CL30, CL400, BT400 y CL47 suministran una corriente de excitación bastante baja de 0.18 mA

Precauciones

Finalmente se deben tener ciertas precauciones de limpieza y protección en la instalación de los Pt100 para prevenir errores por fugas de corriente.

Es frecuente que cables en ambientes muy húmedos se deterioren y se produzca un paso de corriente entre ellos a través de **humedad** condensada. Aunque mínima, esta corriente "fugada" hará aparecer en el lector una temperatura menor que la real.

Estas fugas también pueden ocurrir en óxido, humedad ó polvo que cubre los terminales.

Por la descripción hecha de los métodos de medición, queda claro que a diferencia de las termocuplas, **no es posible conectar 2 unidades lectoras a un mismo Pt100** pues cada una suministra su corriente de excitación.

En el momento de comprar un Pt100 se debe tener presente que existen **distintas calidades y precios** para el elemento sensor que va al extremo del Pt100. Los de mejor calidad están hechos con un verdadero alambre de platino, en tanto que existen algunos sensores económicos hechos en base a una pintura conductora sobre un substrato de alumina (cerámica) Estos últimos son menos precisos.

En general no se debe montar un Pt100 en lugares sometidos a mucha **vibración** pues es probable que se fracture.

Pt 100

ohms

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Pt 100
ohms

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-190	22.78	22.35	21.93	21.50	21.08	20.66	20.23	19.81	19.38	18.96
-180	27.01	26.59	26.17	25.74	25.32	24.90	24.47	24.05	23.63	23.20
-170	31.24	30.81	30.39	29.97	29.55	29.13	28.70	28.28	27.86	27.44
-160	35.45	35.03	34.61	34.19	33.77	33.34	32.92	32.50	32.08	31.66
-150	39.65	39.23	38.81	38.39	37.97	37.55	37.13	36.71	36.29	35.87
-140	43.78	43.37	42.96	42.54	42.13	41.72	41.30	40.89	40.48	40.06
-130	47.90	47.49	47.08	46.67	46.26	45.85	45.43	45.02	44.61	44.20
-120	52.01	51.60	51.19	50.78	50.37	49.96	49.55	49.14	48.73	48.32
-110	56.11	55.70	55.29	54.88	54.48	54.07	53.66	53.25	52.84	52.43
-100	60.20	59.79	59.38	58.98	58.57	58.16	57.75	57.34	56.93	56.52
-90	64.23	63.83	63.43	63.02	62.62	62.22	61.81	61.41	61.01	60.60
-80	68.25	67.85	67.45	67.05	66.65	66.25	65.84	65.44	65.04	64.64
-70	72.26	71.86	71.46	71.06	70.66	70.26	69.86	69.46	69.06	68.66
-60	76.26	75.86	75.46	75.06	74.67	74.27	73.87	73.47	73.07	72.67
-50	80.25	79.85	79.45	79.06	78.66	78.26	77.86	77.46	77.06	76.66
-40	84.22	83.83	83.43	83.03	82.64	82.24	81.84	81.44	81.05	80.65
-30	88.18	87.79	87.39	87.00	86.60	86.21	85.81	85.41	85.02	84.62
-20	92.13	91.74	91.35	90.95	90.56	90.16	89.77	89.37	88.98	88.58
-10	96.07	95.68	95.29	94.89	94.50	94.11	93.71	93.32	92.92	92.53
0	100.00	99.61	99.22	98.82	98.43	98.04	97.65	97.25	96.86	96.47
0	100.00	100.39	100.78	101.17	101.56	101.95	102.34	102.73	103.12	103.51
10	103.90	104.29	104.68	105.07	105.46	105.85	106.24	106.63	107.02	107.41
20	107.79	108.18	108.57	108.96	109.35	109.74	110.12	110.51	110.90	111.29
30	111.67	112.06	112.45	112.84	113.22	113.61	114.00	114.38	114.77	115.16
40	115.54	115.93	116.32	116.70	117.09	117.47	117.86	118.24	118.63	119.01
50	119.40	119.78	120.17	120.55	120.94	121.32	121.71	122.09	122.48	122.86
60	123.24	123.63	124.01	124.39	124.78	125.16	125.54	125.93	126.31	126.69
70	127.07	127.46	127.84	128.22	128.60	128.99	129.37	129.75	130.13	130.51
80	130.89	131.28	131.66	132.04	132.42	132.80	133.18	133.56	133.94	134.32
90	134.70	135.08	135.46	135.84	136.22	136.60	136.98	137.36	137.74	138.12
100	138.50	138.88	139.26	139.64	140.02	140.40	140.77	141.15	141.53	141.91
110	142.29	142.67	143.04	143.42	143.80	144.18	144.55	144.93	145.31	145.69
120	146.06	146.44	146.82	147.19	147.57	147.95	148.32	148.70	149.07	149.45
130	149.83	150.20	150.58	150.95	151.33	151.70	152.08	152.45	152.83	153.20
140	153.58	153.95	154.33	154.70	155.08	155.45	155.83	156.20	156.57	156.95
150	157.32	157.69	158.07	158.44	158.81	159.19	159.56	159.93	160.30	160.68
160	161.05	161.42	161.79	162.16	162.53	162.91	163.28	163.65	164.02	164.39
170	164.76	165.13	165.50	165.88	166.25	166.62	166.99	167.36	167.73	168.10
180	168.47	168.84	169.21	169.58	169.95	170.31	170.68	171.05	171.42	171.79
190	172.16	172.53	172.90	173.26	173.63	174.00	174.37	174.74	175.10	175.47
200	175.84	176.21	176.58	176.94	177.31	177.68	178.04	178.41	178.78	179.14
210	179.51	179.88	180.24	180.61	180.98	181.34	181.71	182.07	182.44	182.81
220	183.17	183.54	183.90	184.27	184.63	185.00	185.36	185.73	186.09	186.45
230	186.82	187.18	187.55	187.91	188.27	188.64	189.00	189.37	189.73	190.09
240	190.46	190.82	191.18	191.54	191.91	192.27	192.63	192.99	193.36	193.72
250	194.08	194.44	194.80	195.17	195.53	195.89	196.25	196.61	196.97	197.33
260	197.69	198.05	198.41	198.77	199.14	199.50	199.86	200.22	200.58	200.94
270	201.29	201.65	202.01	202.37	202.73	203.09	203.45	203.81	204.17	204.53
280	204.88	205.24	205.60	205.96	206.32	206.68	207.03	207.39	207.75	208.11
290	208.46	208.82	209.18	209.53	209.89	210.25	210.60	210.96	211.32	211.67
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

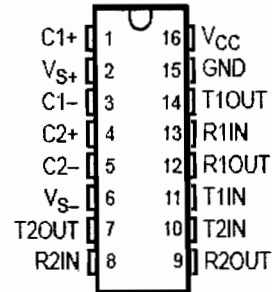
TABLA DE ESPECIFICACIONES DEL MAX232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		Tube	MAX232D	MAX232
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232DR	
		Tube	MAX232DW	MAX232
	SOIC (DW)	Tape and reel	MAX232DWR	
		SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		Tube	MAX232ID	MAX232I
	SOIC (D)	Tape and reel	MAX232IDR	
		SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
	Tape and reel		MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT T _{IN}	OUTPUT T _{OUT}
L	H
H	L

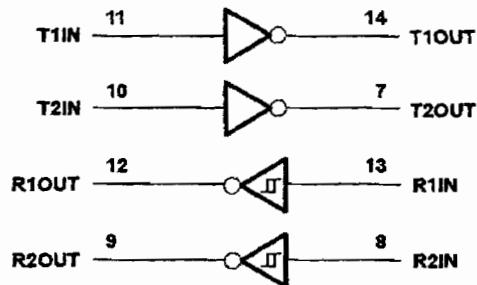
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT R _{IN}	OUTPUT R _{OUT}
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	.....	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}$	.....	V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	.....	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	.....	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	.....	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	.....	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	.....	73°C/W
DW package	.....	57°C/W
N package	.....	67°C/W
NS package	.....	64°C/W
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	.....	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	.....	-65°C to 150°C

† 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 under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC} Supply current	$V_{CC} = 5.5$ V, All outputs open, $T_A = 25^\circ\text{C}$		8	10	mA

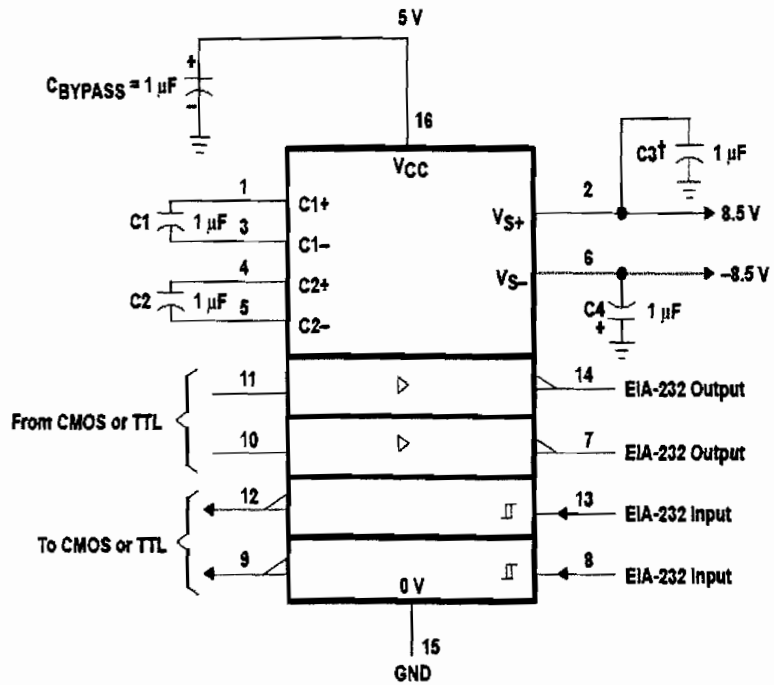
‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$.

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

Figure 4. Typical Operating Circuit