

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“Diseño e Implementación de un Cuenta-Gotas Digital”

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

José Luis Rodríguez Quimís

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2005

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por haberme dado la fé y la fortaleza para poder llegar al final de esta etapa a pesar de las circunstancias.

En general agradezco a todas las personas que me ayudaron de una u otra manera a culminar el presente proyecto, en especial al Ing. Miguel Yapur por su invaluable colaboración.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su incondicional apoyo e inmenso amor para conmigo, ya que gracias a ellos logré llegar al final de este largo y difícil camino.

Que Dios me los bendiga.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Carlos Monsalve A.
DECANO DE LA FIEC

Ing. Miguel Yapur A.
DIRECTOR DE TÓPICO

Ing. Ludmila Gorenkova L.
VOCAL PRINCIPAL

Ing. Carlos Valdivieso A.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Tópico, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

José Luis Rodríguez Quimís

RESUMEN

Nuestro circuito Cuenta-Gotas digital, consta de tres etapas, la primera es la etapa de entrada la cual se divide en el teclado y sensor infrarrojo de gotas. Mediante del teclado ingresamos el tipo de suero a usar y cuantas gotas se desea administrar al paciente por minuto, cabe destacar que el teclado es alámbrico, es decir se puede controlar el Cuenta-Gotas desde una distancia de dos metros. El sensor de gotas esta constituido por un conjunto emisor y receptor infrarrojo, este conjunto envía un pulso al caer una gota ya que se corta la comunicación entre ellos y esto se debe a que el par infrarrojo están alineados. La segunda etapa es la de procesamiento de datos, en esta etapa contamos con un microcontrolador para efectuar toda la lógica del circuito, el microcontrolador utilizado es el PIC 16F877A, se escogió este dispositivo dada a la gran cantidad de entradas y salidas que se pueden manejar con él. Finalmente tenemos la etapa de salida que consta de un control mecánico del flujo del suero, un visualizador, una alarma y un opto-acoplador. El control mecánico

se lo hace con un motor paso a paso unipolar, este motor presionará el conducto del suero permitiendo así, sólo el paso de las gotas deseadas. El visualizador está representado por una pantalla de cristal líquido (LCD) de 16 columnas x 2 filas, en donde podremos observar que clase de suero usamos, la cantidad de gotas que se desea por minuto y un seguimiento de cada gota, es decir, que estará monitoreando cada gota al caer. La alarma nos indicará por medio de un buzzer, que el suero está próximo a acabarse y por último tenemos un opto-acoplador para separar el motor del circuito digital, evitando con esto que se genere algún tipo de ruido ocasionado por el giro del motor.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
ESPECIFICACIONES DEL CUENTA-GOTAS DIGITAL	
1.1 Diagrama de Bloques.....	2
1.2 Etapa de Entrada.....	4
1.3 Etapa de Procesamiento de Datos.....	5
1.4 Etapa de Salida.....	6
CAPITULO II	
ETAPA DE ENTRADA	
2.1 Teclado.....	8
2.1.1 Ingreso del tipo de Suero.....	8
2.1.2 Ingreso de la cantidad de gotas por minuto.....	9
2.1.3 Start/Stop.....	10
2.2 Sensor Infrarrojo de paso de gotas.....	11
2.2.1 Módulo Emisor Infrarrojo.....	11
2.2.2 Módulo Receptor Infrarrojo.....	13
CAPITULO III	
ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	
3.1 Microcontrolador PIC16F877A.....	16
3.2 Programa del microcontrolador.....	20
3.2.1 Rutinas de ensamblador.....	20
3.2.2 Diagrama de Flujo.....	28

CAPITULO IV

ETAPA DE SALIDA

4.1 Pantalla de crista líquido LCD 16x2.....	30
4.2 Alarma de advertencia de poco suero.....	34
4.3 Opto-acoplador 4N25.....	34
4.4 Control mecánico del flujo del líquido (motor PAP).....	37

Conclusiones y Recomendaciones.

Apéndices

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

En el campo de la Medicina es importante tener el control lo más exacto y preciso posible de la situación. Un aspecto importante es la administración de los fármacos en la dosis correcta a los pacientes que se encuentran en estado crítico, como es el caso de los recién operados y los recién nacidos.

Para alcanzar esta exactitud y precisión nos valemos de ciertos equipos electrónicos.

El siguiente proyecto nos presenta una agradable y confiable vía de administrar suero a un paciente que se encuentra en estado crítico. Este proyecto cuenta con un cerebro central que es un microcontrolador, el cual se lo programa a voluntad; cuenta también con una variedad de entradas y salidas para mayor comodidad del diseñador, con lo cual logramos que este sistema sea económico, fácil de manejar y muy confiable.

CAPÍTULO I

ESPECIFICACIONES DEL CUENTA-GOTAS DIGITAL

1.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Todos los sistemas de medición cuentan con una entrada de datos, un bloque de procesamiento y una salida en donde observamos los resultados del proceso.

Ya que este proyecto es un sistema para medir y controlar la cantidad de suero que se le suministra a un paciente, obligatoriamente deberá tener un medio para poder ingresar los parámetros que se deseen controlar. En nuestro caso los parámetros a controlar serán: gotas y tiempo. Nuestro sistema está equipado con un teclado para poder ingresar dichos parámetros. La etapa de procesamiento de datos la constituye el microcontrolador PIC16F877A del fabricante Microchip. En la etapa de salida contamos con un motor de paso a paso para controlar el paso del líquido, una pantalla de cristal líquido para

observar el tipo de suero que se está usando y una alarma para advertir que el suero está próximo a terminarse.

Vemos en la figura 1.1 el diagrama de bloques correspondiente a nuestro sistema.

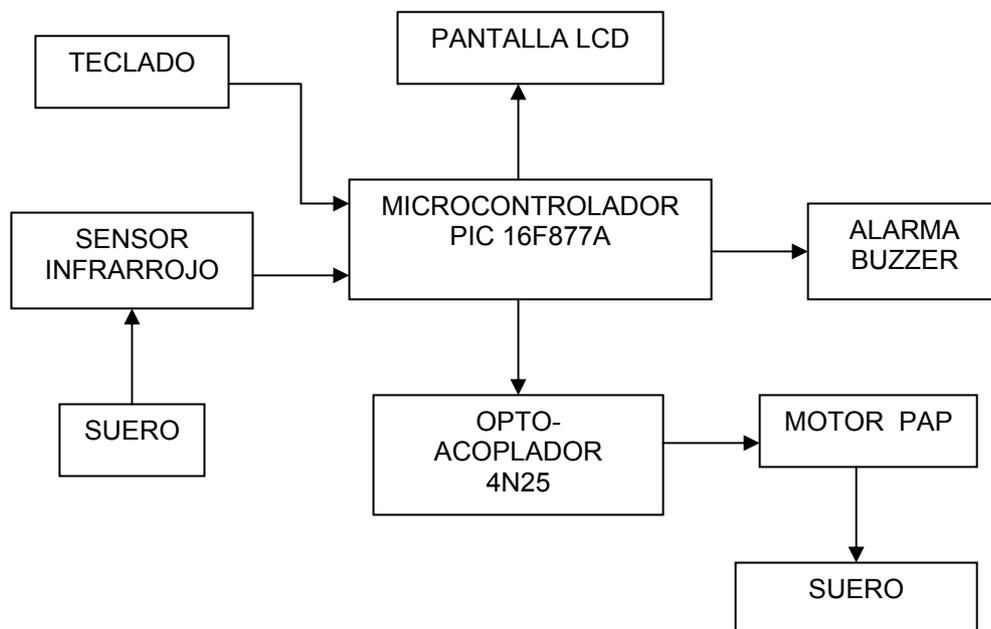


Fig. 1.1 Diagrama de Bloques del Cuenta-Gotas Digital.

1.2 ETAPA DE ENTRADA

El equipo tiene como entrada un teclado que nos permite manipular el sistema a una distancia de hasta 1.5 metros y un sistema infrarrojo sensor de gotas.

El teclado alámbrico consta de 6 teclas para el uso manual del equipo, las cuales son:

- SUERO
- INC_GOTAS
- DEC_GOTAS
- START/STOP
- RESET
- ALARMA_OFF

El sensor infrarrojo de gotas es un sistema que consta de un emisor y un receptor infrarrojo alineados entre sí, ubicados en el cilindro del suero, con el fin de que con el paso de una gota entre ellos, se corte la comunicación y se envíe un pulso al cerebro del sistema (microcontrolador PIC16F877A) para ser procesado e ir verificando que las gotas obtenidas son las deseadas por el usuario.

1.3 ETAPA DE PROCESAMIENTO

La etapa de procesamiento la constituye un microcontrolador del fabricante Microchip, el PIC16F877A, el cual tiene características importantes para nuestro proyecto tales como; el número de entradas y salidas que se pueden manejar y una gran capacidad de memoria para programas extensos. Debido a estas características, este microcontrolador es ideal para nuestro proyecto.

Es importante recalcar que el programador tiene la facultad de hacer todos los cambios que él crea pertinentes, es decir puede aumentar parámetros o reducirlos si fuese necesario; de la misma manera las salidas también pueden ser manipuladas. Todo esto es posible debido a que a este microcontrolador se lo puede borrar y volver a grabar hasta 100.000 veces.

1.4 ETAPA DE SALIDA

Las salidas tenemos que son: una pantalla de cristal líquido LCD, una alarma, un opto-acoplador y un motor de paso con su buffer que le suministra corriente.

En la pantalla LCD observamos el tipo de suero ingresado por el usuario y el número de gotas que se requieren por minuto.

La alarma del Cuenta-Gotas la constituye un buzzer; éste comienza a sonar cuando el suero está próximo a terminarse, con esto alerta a la persona que supervisa la administración del suero y le da tiempo para tomar las medidas respectivas del caso.

Para aislar el motor del sistema digital se utiliza, cuatro opto-acopladores 4N25 para manejar las dos bobinas del motor, evitando así cualquier tipo de interferencia ocasionada por el giro del motor.

Finalmente, tenemos un motor de paso unipolar, que es el encargado de permitir o no el paso del suero por el conducto hacia el paciente. La velocidad de giro del motor es gobernada por el microcontrolador y esto depende de los requerimientos ingresados anteriormente por el usuario. Ya que este motor nos

exige mucha corriente, se lo tuvo que abastecer con un buffer para cada bobina. El transistor de potencia TIP100 que internamente es un arreglo de transistores en configuración Darlington, es el encargado de suministrar al motor la corriente necesaria para su funcionamiento.

CAPÍTULO II

ETAPA DE ENTRADA

2.1 TECLADO

Para el fácil manejo y comodidad para el usuario, el equipo Cuenta-Gotas viene con un teclado alámbrico. Este teclado alámbrico tiene un alcance de 1.5 metros ofreciendo cierta libertad de movimiento al usuario.

El teclado está conformado por seis teclas, las cuales van a ser detalladas a continuación.

2.1.1 INGRESO DEL TIPO DE SUERO

Dado a que existen tres tamaños de sueros que son: 250, 500, y 1000ml, es importante saber con cual de ellos se va a trabajar, con el fin de poder predecir en que momento aproximadamente éste se terminará, para así advertir a la persona que supervisa al paciente. Debido a esto el primer paso en la operación de este equipo es ingresar el tipo de suero a usar; para ello contamos con

una tecla “SUERO” que al ser presionada hará que se muestre en la pantalla LCD el tipo de suero que se usará; por cada vez que se presione la tecla se observará en la pantalla un tipo de suero distinto y con esto damos la opción de escoger el tipo de suero que va a ser administrado al paciente.

2.1.2 INGRESO DE LA CANTIDAD DE GOTAS POR MINUTO

Como es lógico, debemos ingresar el número de gotas necesarias para administrar por minuto. Para esta función contamos con una tecla “INC_GOTAS” que al ser presionada incrementa en uno el número de gotas y mostrará en pantalla la cantidad de gotas que se requieren; si mantenemos presionada la tecla, automáticamente se incrementará en uno cada medio segundo el número de gotas que se desea, hasta llegar a 50 que es el máximo de gotas permitido en nuestro sistema; luego de esto se volverá a cero. Vale la pena aclarar que se puede programar al microcontrolador para tener un límite mayor de gotas. Para el caso en que el usuario se excedió en el momento de ingresar el número de gotas, tenemos la opción de decrementar las gotas,

esto se logra con la tecla “DEC_GOTAS”, que al igual que en el caso anterior, al ser presionada decrementará en uno el número de gotas que se ingresa y al mantener presionada esta tecla decrementará en uno cada medio segundo automáticamente.

2.1.3 TECLA DE START/STOP

Después de estar seguros del tipo de suero que vamos a usar y cuantas gotas se necesitan, procedemos a arrancar el sistema. La tecla “START/STOP”, nos permite dar inicio al sistema, es decir, el motor comienza su giro permitiendo así el paso del suero hacia el paciente. Si se presiona nuevamente la tecla el sistema se detiene y espera a que la tecla sea presionada otra vez para volver a funcionar normalmente.

El equipo cuenta también con una tecla de “RESET”, la cual nos permite terminar el proceso definitivamente para así comenzar desde el inicio y adicionalmente una tecla “ALARMA_OFF” para apagar la alarma cuando ésta esté activada.

2.2 SENSOR INFRARROJO DE GOTAS

El sensor infrarrojo es una parte sumamente importante, ya que es este sensor el que nos indica cuantas gotas están cayendo y con esto podremos verificar si las gotas que caen son las que se requieren. Este sensor infrarrojo consta de dos partes que son: emisor y receptor.

Tanto el emisor como el receptor cuentan con osciladores usando el 555 para su eficiencia.

2.2.1 MODULO EMISOR INFRARROJO

Como emisor tenemos un led infrarrojo el cual está oscilando a una frecuencia de 40 KHz aproximadamente, ya que ésta es la frecuencia de operación del módulo receptor. Para alcanzar esta frecuencia de oscilación usamos un circuito basado en un 555 en el modo de oscilador astable. La fórmula para el cálculo de la frecuencia de este oscilador está dada por la expresión:

$$f = [0.693(R1+2R2)C1]^{-1}$$

Teniendo la frecuencia, solo nos toca reemplazarla en la fórmula y calcular los valores de resistencia y capacitancia para obtener nuestro oscilador, con lo que obtenemos los siguientes valores:

$$R1=12.7K\Omega \quad R2=12.7K\Omega \quad C1=1nf$$

$$f = [0.693(3*12.7*10^3)1*10^{-9}]^{-1} = [26*10^{-6}Seg]^{-1}$$

$$f = 37.8KHz$$

Y el circuito final para nuestro emisor lo podemos observar en la figura 2.1

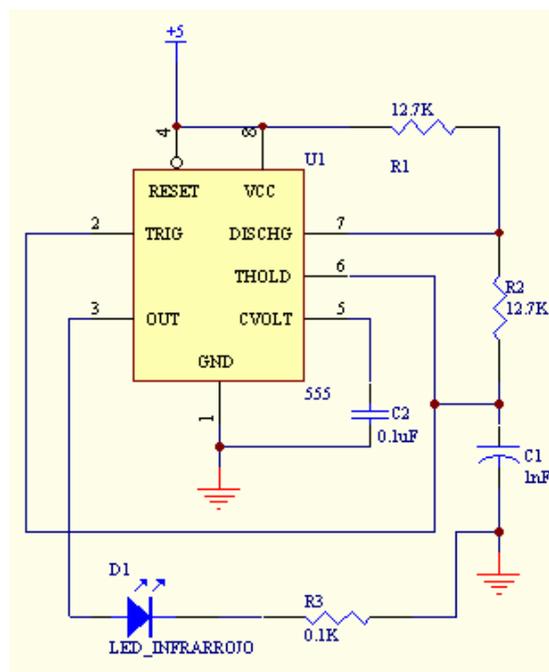


Fig. 2.1 Oscilador astable para el módulo emisor del Cuenta-Gotas Digital

2.2.2 MÓDULO RECEPTOR INFRARROJO

El módulo receptor es un PNA4602; este módulo es usado en los equipos operados a control remoto que opera en 38KHz. En la figura 2.2 se muestra su diagrama de bloques. Como podemos observar, a la entrada tenemos un fotodiodo, el mismo que convierte la señal lumínica en corriente eléctrica. Luego pasa por una etapa para amplificar el nivel de voltaje y limitarlo, seguidamente un filtro pasa banda nos asegura que estamos trabajando con la frecuencia correcta, luego de esto estamos listos para demodular la señal e integrarla. Finalmente pasa por una etapa de comparación con el fin de obtener los pulsos que se generaron a lo largo de todo el proceso.

A la salida tenemos un transistor que hace las veces de switch.

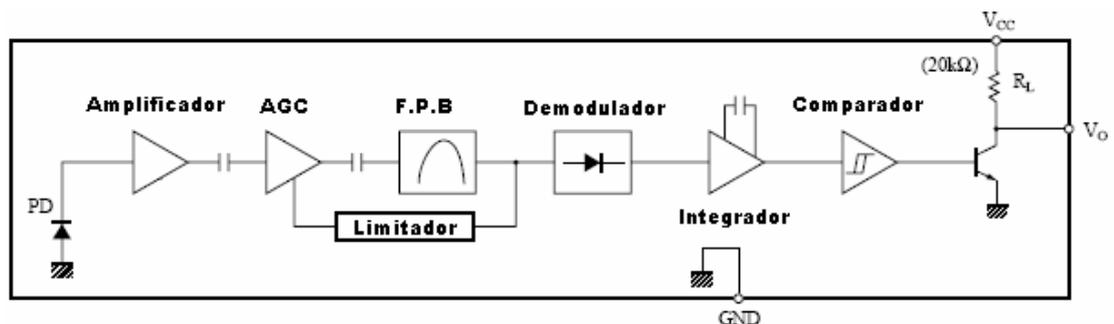


Fig. 2.2 Diagrama de bloques del módulo receptor infrarrojo PNA4602.

Como se mencionó anteriormente, este módulo receptor de infrarrojo recibe y envía pulsos, por lo que nos vimos en la necesidad de hacer un circuito oscilador monoestable para así estar seguros de tomar un solo pulso. Al caer la gota se corta la comunicación entre el emisor y el receptor y a la salida del receptor tenemos una señal que va al oscilador monoestable y éste envía un solo pulso al microcontrolador.

Teniendo en cuenta que no caerá más de una gota por segundo, debido a que el software del microcontrolador limita a 50 gotas por minuto, medio segundo es un tiempo razonable para la duración del pulso a la salida del oscilador.

La fórmula para calcular el tiempo de duración del pulso a la salida del oscilador viene dada por la expresión:

$$T=1.1 \cdot R3 \cdot C3$$

Luego de realizar los cálculos pertinentes para que el pulso tenga una duración de medio segundo aproximadamente a la salida del

oscilador, tenemos que el valor de la resistencia y el capacitor involucrados en la fórmula son:

$$R3=4.7K \quad C3=100\mu F$$

Con lo que el período es:

$$T = 1.1(4.7 \cdot 10^3)(100 \cdot 10^{-6}) = 0.517 \text{Seg}$$

El circuito total del módulo receptor está representado en la figura 2.3.

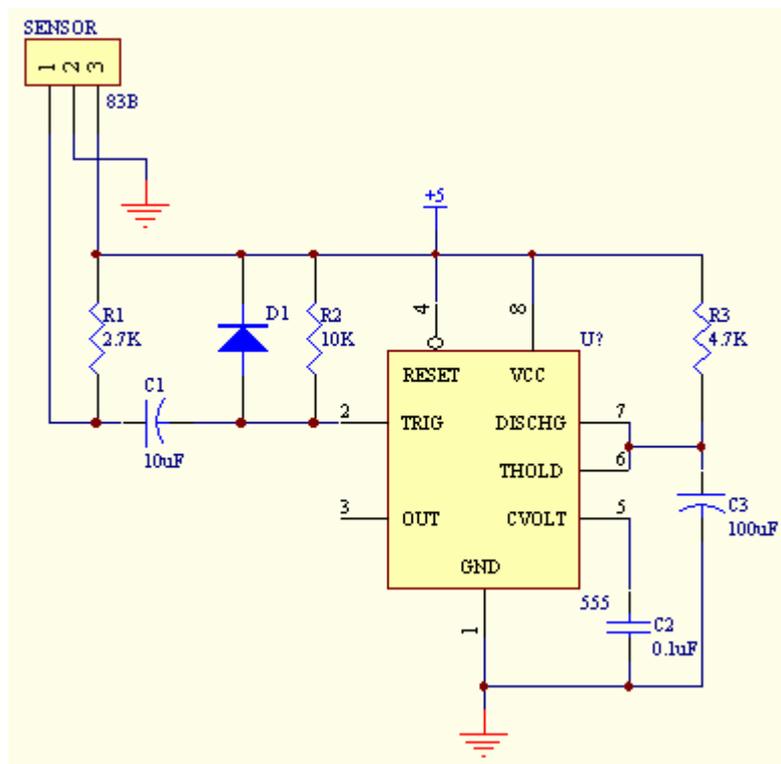


Fig. 2.3 Diagrama esquemático del módulo receptor infrarrojo del Cuenta-Gotas Digital.

CAPÍTULO III

ETAPA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Esta etapa la constituye un microcontrolador PIC16F877A del fabricante Microchip; se escogió este dispositivo por sus importantes características de manejo de entradas y salidas que se pueden configurar de acuerdo al programador, además cuenta también con una gran capacidad de memoria y funciones específicas para programar.

3.1 MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Este microcontrolador es el cerebro de nuestro sistema; está encargado de recibir las señales de la etapa de entrada, es decir el teclado y el sensor infrarrojo. Con estas señales de entrada el programa decidirá que señales entregará el microcontrolador a la etapa de salida, manejando así el equipo de manera ordenada siguiendo la lógica del algoritmo que rige al programa.

Las características más importantes de este microcontrolador son:

- Frecuencia de operación hasta 20 MHz
- 8K de Memoria Flash (palabras de 14 bits)
- 14.3K bytes de Memoria de programa
- 8192 palabras de instrucciones
- 256 bytes de Memoria de datos EEPROM
- 15 Interrupciones
- 5 Puertos de I/O (A,B,C,D,E)
- 33 I/O
- 3 Timers (TMR0,TMR1,TMR2)
- 2 Módulos de Captura/Comparación/PWM
- 2 Comunicaciones seriales (MSSP, USART)
- Comunicación paralela PSP
- Convertidor A/D de 10 bits con 8 canales de entrada
- 2 Comparadores Analógicos
- 35 Instrucciones

El microcontrolador PIC16F877A al igual que los otros microcontroladores, viene en diferentes empaquetaduras. La figura 3.1 nos muestra el diagrama de pines y el tipo de empaquetadura de nuestro microcontrolador.

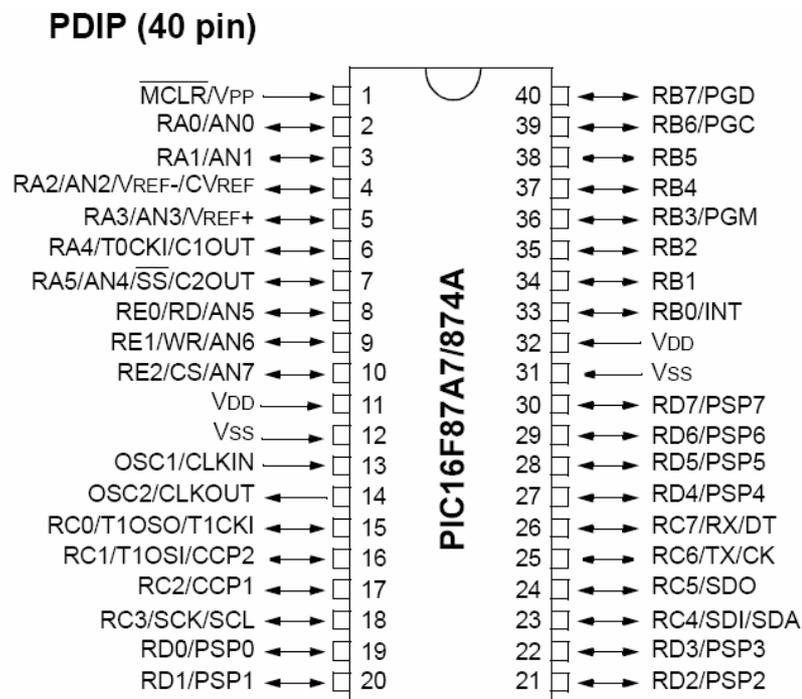


Fig. 3.1 Diagrama de pines del microcontrolador PIC16F877A

3.2 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

El microcontrolador PIC16F877A tiene una gran cantidad de espacio de memoria. Gracias a esto tenemos la comodidad de hacer los pasos del algoritmo en forma clara y efectiva, tomando en cuenta que posee también 15 interrupciones y 35 instrucciones con lo cual podemos reducir el trabajo en el momento de programar. Con la configuración de los puertos para usarlos como entrada o salida, tenemos la opción de elegir el número de entradas y salidas sabiendo que contamos con 33 I/O configurables, lo que lo hace muy funcional para nuestro proyecto y cualquier otro que requiera el uso de algunas entradas y salidas.

3.2.1 RUTINAS DE ENSAMBLADOR

A continuación explicaremos algunas rutinas importantes que se emplearon en el software del microcontrolador.

Comenzaremos por la mas importante, que es la de configurar los puertos del microcontrolador como entradas o salidas, según nos convenga.

```

INICIO   bcf   STATUS,5

           bcf   STATUS,6       ;Inicialización en el banco 0

           clrf  PORTA        ; Limpiar los puertos

           clrf  PORTB

           clrf  PORTC

           clrf  PORTD

BANCO_1   ; banco 1 para la configuración de los puertos

           movlw b'00000000'    ;todo el puerto A como salida

           movwf TRISA

           movlw b'00000000'    ;todo el puerto A como salida

           movwf TRISB

           movlw b'11110011'    ;C2,C3 salidas, demas entradas

           movwf TRISC

           movlw b'11111110'    ;Do, salida y demas entradas

           movwf TRISD

           movlw b'01000000'    ;registro de interrupciones

           movwf INTCON

```

La rutina VER_SUERO, nos verifica que clase de suero estamos ingresando.

```
VER_SUERO    call    DELAY

                btfss  SUERO    ; Preguntamos por la Tecla SUERO
                goto   VER_SUERO ; Esperamos por al tecla SUEROS
                incf   SUEROS,1   ; Incrementamos la variable SUEROS
                movlw  d'1'      ; Cargamos 1 al registro W
                xorwf  SUEROS,0   ; Comparamos con el contador SUEROS
                btfsc  STATUS,2  ; Verificamos la bandera de Z
                goto   S_250     ; Vamos a la rutina para el suero de 250ml
                movlw  d'2'
                xorwf  SUEROS,0
                btfsc  STATUS,2
                goto   S_500     ; Vamos a la rutina para el suero de 500ml
                movlw  d'3'
                xorwf  SUEROS,0
                btfsc  STATUS,2
```

```
goto S_1000 ;Vamos a la rutina para el suero de 1000ml  
clrf SUEROS  
return
```

```
;RUTINA PARA SUERO DE 250ML
```

```
S_250
```

```
bsf val1,1 ; Cargamos 1 a la bandera val1,1  
VISUAL B'11000000', M3; mostramos en la pantalla  
RETURN
```

```
;RUTINA PARA SUERO DE 500ML
```

```
S_500
```

```
bsf val1,2 ; Cargamos 1 a la bandera val1,2  
VISUAL B'11000000', M4 mostramos en la pantalla  
RETURN
```

```
;RUTINA PARA SUERO DE 1000ML
```

```
S_1000
```

```
bsf val1,3 ; Cargamos 1 a la bandera val1,3  
VISUAL B'11000000', M5 mostramos en la pantalla  
RETURN
```

Otra rutina importante es la de la secuencia del motor. Esta secuencia se la maneja fácilmente con la rutina SECUENCIA. Esta rutina maneja una tabla, la cual envía los cuatro pasos que el motor necesita para su giro.

Esta rutina es llamada desde las líneas en donde se va a hacer el giro. La secuencia de los `pasos del motor salen por el puerto A del microcontrolador que fue configurado al inicio del programa como un puerto de salida.

SECUENCIA

```
movf      PASO,0    ; contador de los pasos del motor
addwf    PCL,1     ; contador para la tabla
retlw    b'00000110' ;Valor que se obtiene en el Puerto A
retlw    b'00000011' ;Valor que se obtiene en el Puerto A
retlw    b'00001001' ;Valor que se obtiene en el Puerto A
retlw    b'00001100' ;Valor que se obtiene en el Puerto A
return
```

La rutina que permitirá observar los datos que se deseen en la pantalla LCD, se llama LCD_INI. Esta rutina es la que configura el funcionamiento de la pantalla LCD al inicio del programa.

```
LCD_INI  call  DELAY
          call  DELAY
          call  DELAY
          movlw  b'00110000'    ;Comando de Inicialización
          call  OUT              ;Enviar el comando anterior
          call  ENABLE          ;Activar el LCD
          call  DELAY          ;5 milisegundos
          movlw  b'00110000'    ;Comando de Inicialización
          call  OUT              ;Enviar el comando anterior
          call  ENABLE          ;Activar el LCD
          call  DELAY          ;5 milisegundos
          movlw  b'00110000'    ;Comando de Inicialización
          call  OUT              ;Enviar el comando anterior
          call  ENABLE          ;Activar el LCD
```

```

call  DELAY          ;5 milisegundos

movlw  b'00100000'   ;Pant a manejarse cuatro bits

call  OUT            ;Enviar el comando anterior

call  ENABLE

movlw  b'00101000';Caractres 2 líneas; 5x7 caract

call  SEND_CMD       ;Enviar comando

movlw  b'00000001'   ;Clear lcd

call  SEND_CMD       ;Enviar comando

movlw  b'00000110'

call  SEND_CMD

movlw  b'00001100'   ;Activar pantalla

call  SEND_CMD

movlw  b'10000011';Ubicar cursor

call  SEND_CMD

return

```

Rutina que muestra el caracter ASCII que se quiere visualizar en la pantalla LCD.

SEND_CHAR ; RUTINA PARA ENVIAR EL CARACTER

Movwf VALOR; VALOR, contiene el ascii a imprimir

call DELAY ; Retardo para procesar el dato

movf VALOR,0 ; lo cargamos en el registro W

andlw 0x0F0 ; escogemos los 4 más significativos

call OUT ;Enviar primer Nibble

bsf COMANDO ; habilitamos el COMANDO del LCD

call ENABLE ;Activar pantalla LCD

swapf VALOR,0 ;Enviar Nibble restante

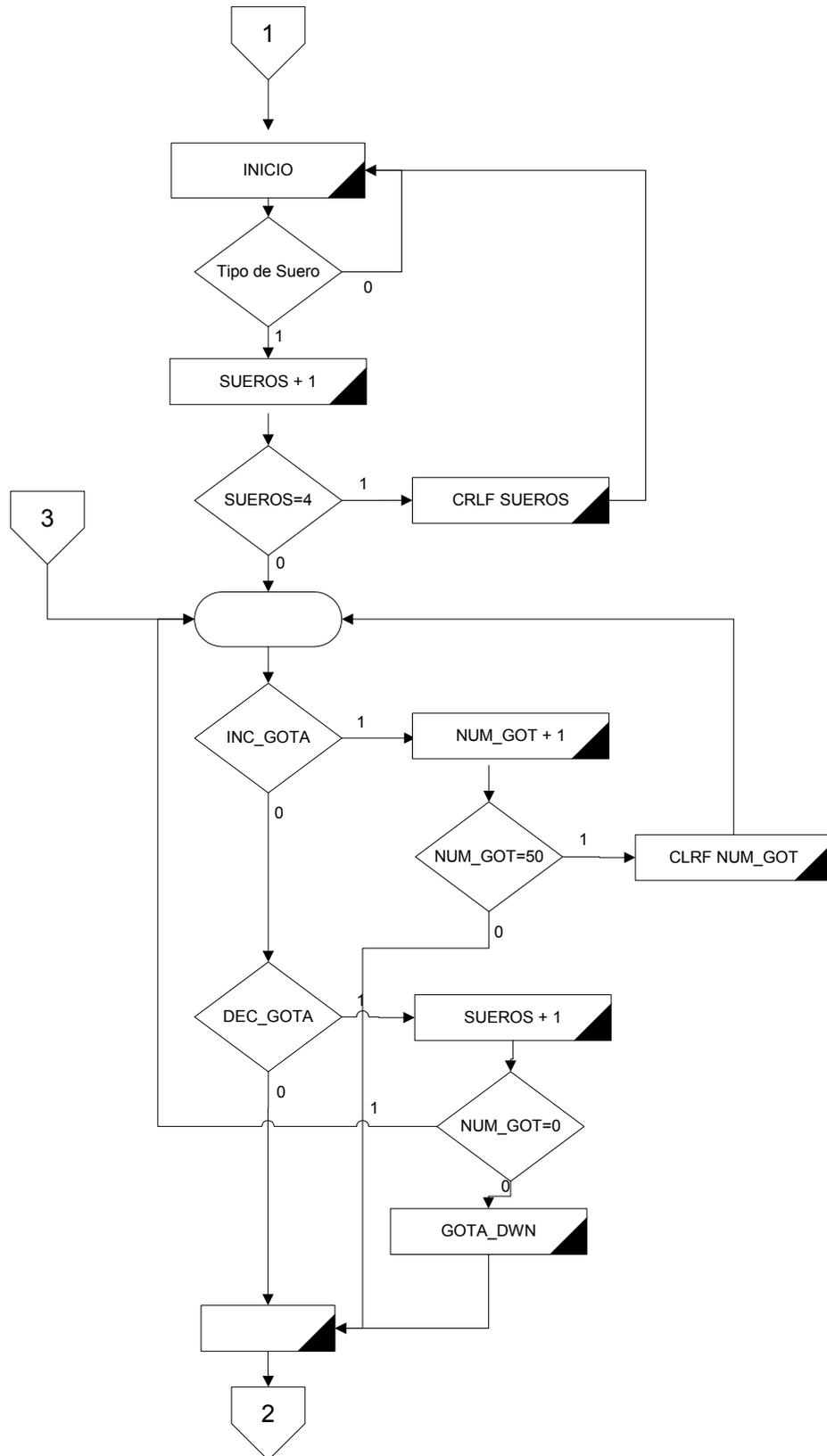
andlw 0x0F0

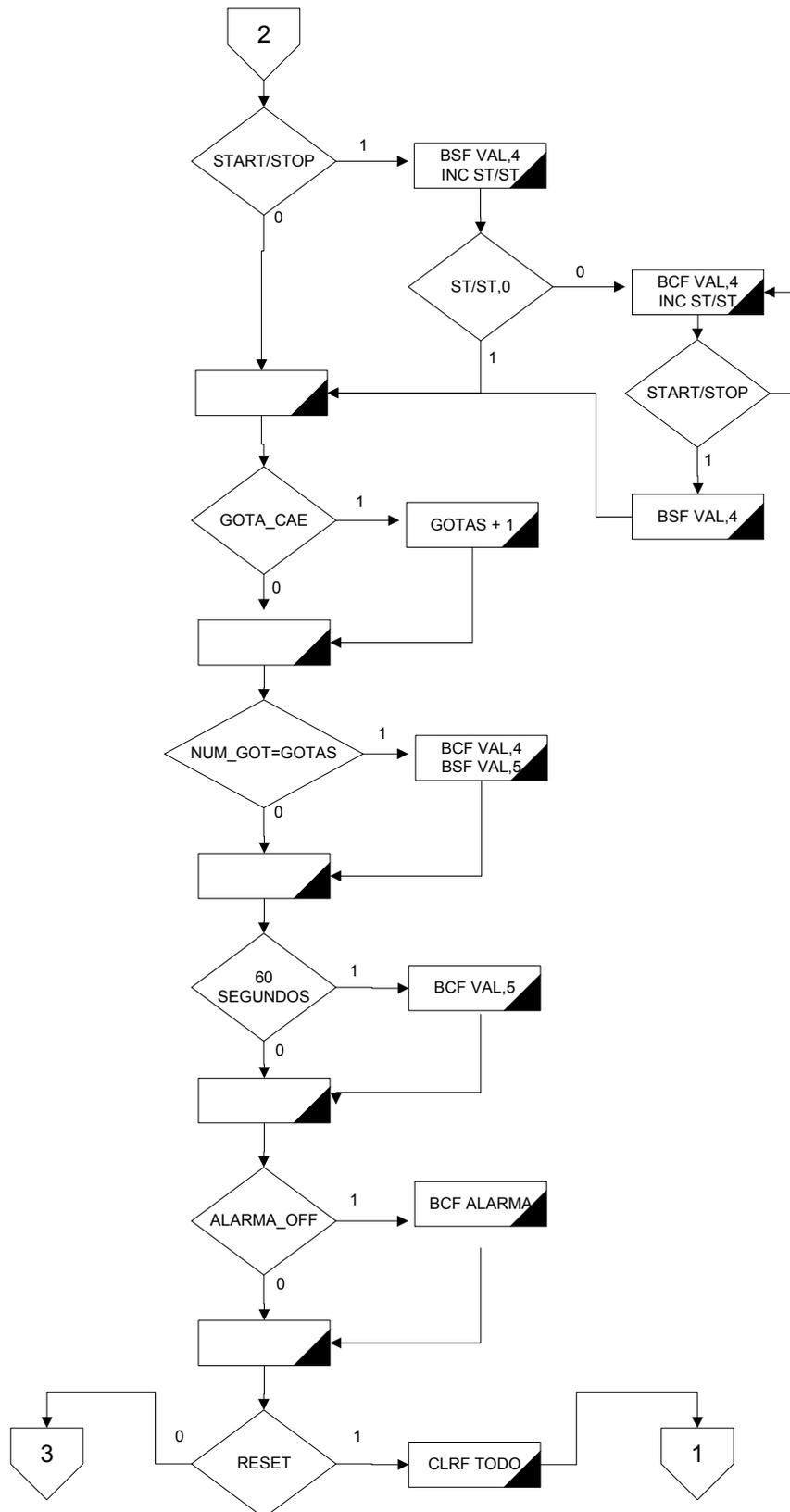
call OUT

call ENABLE ;Activar pantalla LCD

RETURN

3.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA





CAPÍTULO IV

ETAPA DE SALIDA

4.1 PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO LCD

Nuestro Cuenta-Gotas digital está equipado con una pantalla de cristal líquido LCD, en la cual se observarán los datos ingresados por el usuario. Las pantallas de cristal líquido son módulos microcontrolados capaces de representar 2 líneas de 16 caracteres cada una. A través de 8 líneas de datos se le envía el carácter ASCII que se desea visualizar así como ciertos códigos de control que permiten realizar diferentes efectos de visualización. Igualmente, mediante estas líneas de datos el módulo devuelve información de su estado interno.

Este módulo LCD posee 14 pines los cuales se detallan en la tabla 4a, mientras que en la tabla 4b se explican las instrucciones usadas en la programación del LCD, las mismas que se ejecutaron en unas rutinas de inicialización en el software del microcontrolador.

Tabla 4ª

FUNCION DE LOS PINES DEL LCD

PIN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	VSS	Tierra
2	VDD	+5V
3	VO	Pin de contraste del cristal líquido. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS =0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura R/W=0 El Módulo LCD es escrito R/W=1 El Módulo LCD es leído
6	E	Señal de activación del módulo LCD: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informático que lo gestiona

Tabla 4b

INSTRUCCIONES DEL LCD

ABREVIATURA	SIGNIFICADO
S=1	Desplaza la visualización cada vez que se escribe un dato.
S=0	Modo normal
I/D=1	Incremento del cursor
I/D=0	Decremento del cursor
S/C=1	Desplaza el Display
S/C=0	Mueve el cursor
R/L=1	Desplazamiento a la derecha
R/L=0	Desplazamiento a la izquierda
BF=1	Módulo ocupado
BF=0	Módulo disponible
DL=1	Bus de datos de 8 bits
DL=0	Bus de datos de 4 bits
N=1	LCD de dos líneas
N=0	LCD de una línea
F=1	Caracter de 5x10 puntos
F=0	Caracter de 5x7 puntos
B=1	Parpadeo de cursor ON
C=1	Cursor ON
D=1	Display ON

Todos estos comandos son configurados al inicio del programa que controla a la pantalla LCD; estos comandos le indicarán a la pantalla la forma como mostrar los datos que se desean visualizar.

La figura 4.1 es una fotografía de la pantalla LCD utilizada en nuestro Cuenta-Gotas Digital. El mensaje que aparece es la primera pantalla, en donde le pide al usuario que ingrese el tipo de suero a usar y la cantidad de gotas que se necesitan por minuto. El tono de color rojo en la pantalla es la luz de fondo; esta intensidad se puede controlar colocando unas resistencias entre VCC y tierra conectadas a los pines que el LCD tiene destinado para eso. Esto ayuda ver en la oscuridad el mensaje en la pantalla.

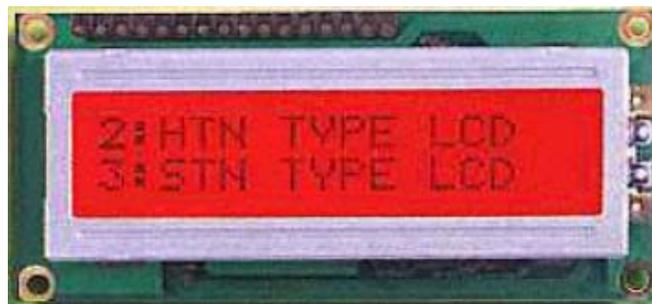


Fig. 4.1 Primer mensaje en nuestra pantalla LCD.

4.2 ALARMA DE ADVERTENCIA DE POCO SUERO

Es importante poder predecir en que momento el suero está a punto de terminarse; para ello nuestro sistema cuenta con una alarma que nos alertará sobre eso. Esta alarma la representa un buzzer, el cual comenzará a pitar cuando el suero esté próximo a acabarse. El sonido se repetirá cada medio segundo y se lo apagará definitivamente con la tecla “ALARMA”_OFF del teclado del sistema.

4.3 OPTO-ACOPLADOR 4N25

Con el fin de evitar cualquier artefacto ocasionado por el giro del motor, aislamos por completo el circuito digital de la parte mecánica; esto significa que el motor está alimentado por una fuente externa. Además del artefacto por el giro del motor, hay que tomar en cuenta que estamos utilizando un motor que tiene un consumo de corriente de 500mA, por lo que si usamos la fuente del circuito digital para alimentar también al motor, el 78L05 que es nuestro regulador se sobrecalentará y no soportará la demanda de energía del circuito total.

Para aislar el circuito digital del motor, nos valemos de un opto-acoplador. El 4N25 es el dispositivo usado en esta parte del circuito por la simple razón de ser el más fácil de encontrar en el mercado y por sus condiciones de operación que son ideales para cualquier circuito.

Este opto-acoplador, internamente está constituido por un diodo Led y un fototransistor. Al enviar un nivel de voltaje alto al pin 1 de dicho opto-acoplador (ánodo del diodo Led) y teniendo el pin 2 (cátodo del diodo Led) conectado a tierra a través de una resistencia de unos 100 ohmios, éste polariza al foto transistor y entra a operar en el modo que esté configurado. En nuestro caso lo dejamos como un switch, con el colector conectado a través de una resistencia de 10K a Vcc de la fuente que alimenta al motor y el emisor a tierra. Así logramos que mientras no se le aplique un nivel de voltaje alto al pin 1 del opto-acoplador, tendremos a la salida del colector un nivel alto. Si se le aplica un nivel alto de voltaje al pin 1, entonces tendremos a la salida del colector un nivel bajo. Los pines 3 y 6 no son usados.

La figura 4.2 nos muestra la empaquetadura interna del opto-acoplador 4N25.

Las características más importantes del 4N25 son:

- Temperatura de operación: -55 a 100 °C
- Voltaje Colector-Emisor: 30V
- Poder de Disipación: 150mW
- Impedancia de aislamiento: $10^{11} \Omega$

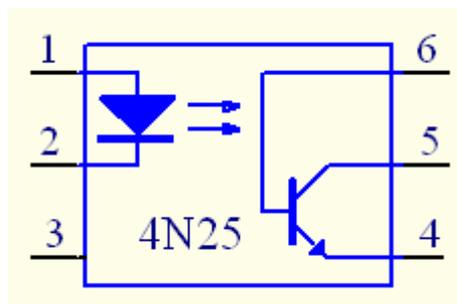


Fig. 4.2 Diagrama interno del opto-acoplador 4N25.

4.4 CONTROL MECÁNICO DEL FLUJO DEL LÍQUIDO

La parte mecánica que se encarga de permitir o no el paso del suero hacia el paciente la conforma un motor de paso unipolar.

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique a las bobinas. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 400 para el segundo caso (0.9°), para completar un giro completo de 360° . El motor utilizado en este equipo tiene un número de pasos de 400 y un consumo de corriente de 900mA.

Las figuras 4.3 y 4.4 nos muestran los dos tipos de motores unipolares que existen. La diferencia entre estos dos tipos es que un motor viene con cinco cables y el otro viene con seis, pero en sí son lo mismo ya que el común ya está conectado internamente en el motor que viene con cinco cables, mientras que en el caso de los seis cables, hay que conectar los comunes externamente.

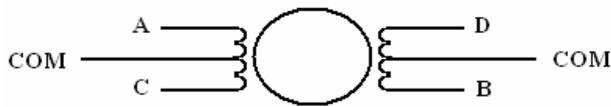


Fig. 4.3 Motor de paso unipolar con seis cables de salida

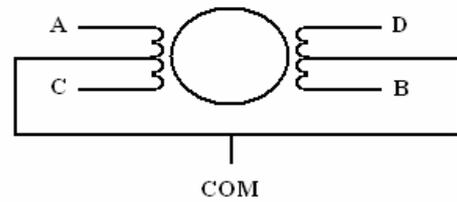


Fig. 4.4 Motor de paso unipolar con cinco cables de salida

Existen tres secuencias posibles para manejar este tipo de motores, escogimos la secuencia normal que tiene cuatro pasos la cual detallamos a continuación en la tabla 4c

Tabla 4c

SECUENCIA DE LOS PASOS DEL MOTOR

PASOS	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

Cabe destacar que debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias. El tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta, por lo que el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience; si la frecuencia de los pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar de alguna de las siguientes formas:

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- O puede llegar a girar en sentido opuesto.

La velocidad de nuestro motor está controlada por el microcontrolador y dependiendo de los parámetros ingresados al inicio del proceso.

El motor se detiene cuando el número de gotas ingresadas por el teclado son iguales a las que ya cayeron antes que se cumpla el minuto, luego espera a que el minuto se complete para continuar normalmente con el siguiente minuto y así sucesivamente.

Debido que el motor usado en este Cuenta-Gotas digital exige gran cantidad de corriente, nos vimos en la necesidad utilizar dispositivos especiales con el fin de satisfacer la demanda de corriente del motor. Para este propósito contamos con el TIP100 que se muestra en la figura 4.5, el mismo que está construido internamente por unos transistores de potencia en configuración Darlington, suministrándole al motor la corriente que éste necesita para su óptimo rendimiento. El TIP100 tiene características tales como:

- Corriente de base de 1A.
- Voltaje Colector-Emisor de 60V.
- Temperatura de operación de -65 a +150 °C.
- Poder de disipación 600mW.

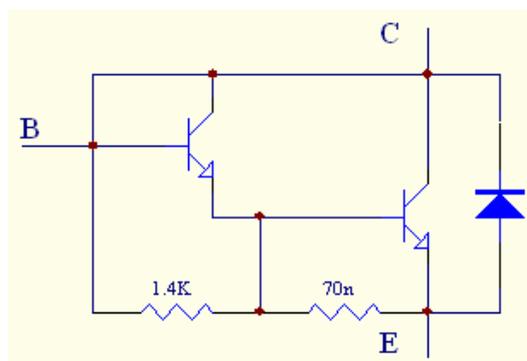


Fig. 4.5 Configuración interna del TIP100.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Gracias a los conocimientos obtenidos durante nuestro periodo de estudiantes tanto en las aulas de clases como en los laboratorios y además la investigación realizada por nosotros mismos, todos estamos capacitados para lograr el diseño y la construcción de cualquier equipo electrónico.

El Cuenta-Gotas digital fue diseñado para ser un sistema útil en los momentos en que se requieran una cantidad exacta de líquido. Los casos extremos que ameritan el uso de este sistema son los neonatos y los recién operados, ya que para ellos la cantidad de líquido es vital debido a su estado delicado.

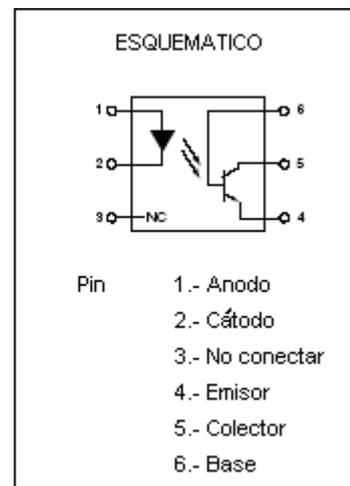
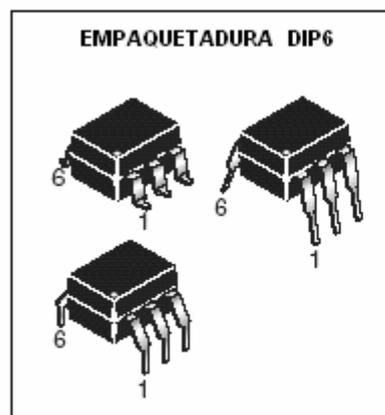
Los dispositivos digitales con los que contamos hoy en día son muy eficaces, sencillos de manejar y económicos.

Cada vez la Medicina y la Electrónica están más asociados, por lo que se debería dar mucho más énfasis al desarrollo del área de la Electrónica Médica y no menospreciar a los electrónicos en los hospitales y clínicas ya que el aporte de ellos en la medicina es invaluable.

APENDICES

APÉNDICE B

HOJA DE DATOS DEL OPTO-ACOPLADOR 4N25



Descripción.-

Los opto-acopladores de propósito general, consisten de un diodo Led infrarrojo polarizando a un fototransistor cuando el Led es alimentado.

Características.-

Disponible en empaquetadura blanca y negra.

UL reconocido.

VDE reconocido.

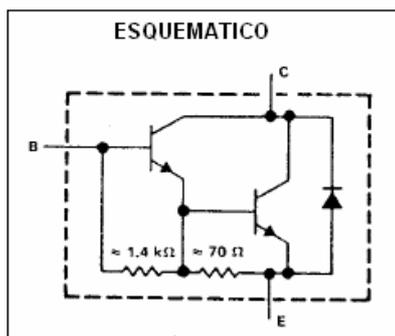
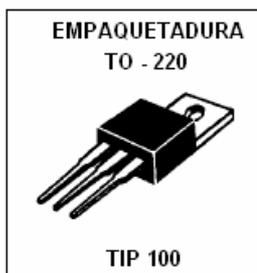
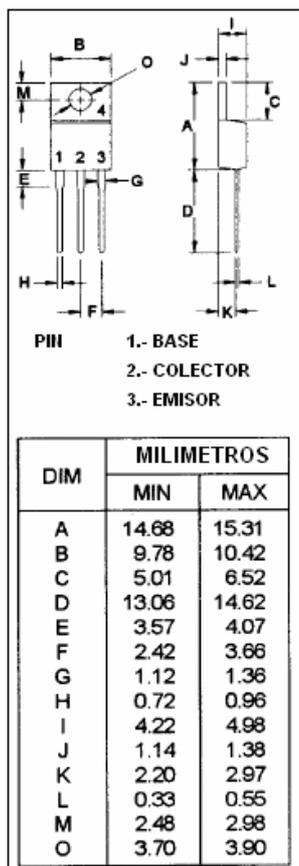
Aplicaciones.-

Reguladores de fuentes de poder.

Entradas lógicas digitales.

Entradas de microprocesadores.

APÉNDICE C HOJA DE DATOS DEL TIP100



Descripción.-

Diseñado para circuitos amplificadores de propósito general y en aplicaciones de conmutación lenta.

Características.-

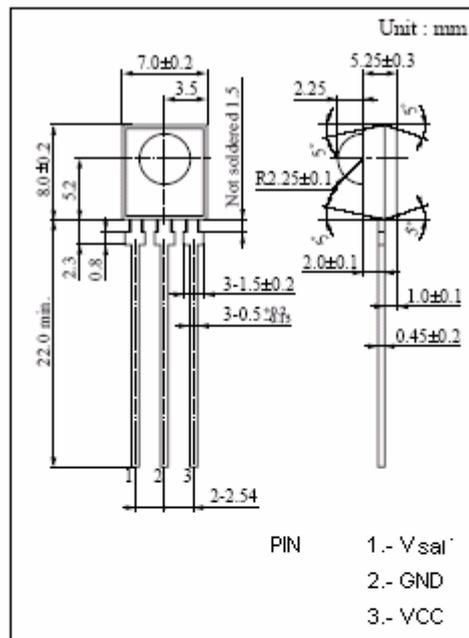
Voltaje Colector-Emisor de operación: 60V

Corriente de Base de 1A.

Temperatura de operación de -65 + 150°C

Poder de disipación de 600mW

APÉNDICE D HOJA DE DATOS DEL MÓDULO RECEPTOR INFRARROJO PNA4602



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS (T_a = 25°C V_{CC} = 5V)

Parámetro	Símbolo	mín	typ	máx	unidad
voltaje de operación	V _{CC}	4.7	5.0	5.3	V
consumo de corriente	I _{CC}	1.8	2.4	3.0	mA
alcance máximo	L _{max}	8	10		m
voltaje de salida bajo	V _{OL}		0.35	0.5	V
voltaje de salida alto	V _{OH}	4.8	5.0	V _{CC}	V
ancho del pulso bajo	T _{WL}	200	400	600	μs
ancho del pulso alto	T _{WH}	200	400	600	μs