



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

Control de Temperatura de un Tanque de Agua desde una PC

Juan Ricardo Damián Zamacona
Servando Rafael Cortés González

Agosto-2014

Desarrollo Tecnológico

CCADET
Financiamiento interno

Control de Temperatura de un Tanque de Agua desde una PC

Juan Ricardo Damián Zamacona, Servando Rafael Cortés González

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Circuito Exterior S/N, C.P. 04510, A.P.70-186, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F., México.

Resumen:

Dadas las muchas aplicaciones que existen en cuanto a control de temperatura de diferentes sistemas, se presenta una alternativa de control de temperatura de un tanque de agua de 3 litros para usos diversos, este control se realiza desde un ordenador, en combinación con un microcontrolador de la familia de MicroChip. En este trabajo, se presenta un sistema de control de temperatura y envío-recepción de datos desde una PC, utilizando los circuitos integrados LM35, LM358N, PIC16F877A Y MAX232. Los circuitos LM35 censan la temperatura de un tanque, se acondiciona la lectura y se envía al convertidor D/A del PIC16F877A. El valor digital se transmite por vía puerto serial a la computadora en donde se recibe y procesa mediante el programa LabVIEW, a los datos capturados, se les aplica un control PID para poder generar una señal de control de acuerdo a un valor preestablecido (setpoint). La señal de control proporcionada por el control PID se envía nuevamente vía puerto serial hacia el PIC16F877A. Con el dato obtenido, se genera una señal modulada por ancho de pulso (PWM) que es aplicada a una resistencia que calienta el agua del tanque y se repite el proceso hasta que se llega a la temperatura deseada. Es de resaltar que para este control, no se requiere de una tarjeta de comunicación de National Instrument para conectar la computadora con el sistema físico, para ello se utiliza un microcontrolador (PIC), lo cual abarata los costos del diseño. Durante las pruebas del sistema, se pudo comprobar que el controlador PID funcionó adecuadamente dado que se presentó una variación de temperatura en el agua de ± 0.5 grados centígrados con un sobre paso de 1 grado. Adicionalmente se presenta una aplicación, en la cual, el agua caliente se utilizó para calentar a manera de "Baño María" una mezcla contenida en otro recipiente y en esta, la variación de la temperatura que se presentó fue prácticamente de ± 0.1 grados centígrados, resultando un control de temperatura muy estable para esta aplicación.

Índice

Introducción.....	5
1. Sensado de temperatura.....	7
1.1 Circuito acondicionador de señal de Temperatura.....	7
1.2 Adquisición de la temperatura mediante el PIC16F877A.....	9
2. Envío y recepción de datos vía puerto serial.....	10
2.1 Conexión RS232.....	11
3. Procesamiento de señal con el paquete de programación LabVIEW.....	13
3.1 Adquisición de datos.....	13
3.2 Procesamiento de la señal adquirida.....	14
3.3 Envío de datos hacia el PIC.....	15
4. Generación de la señal PWM.....	16
4.1 Detección de cruce por cero y conteo de pulsos.....	19
4.2 Activación del relevador de estado sólido.....	20
5. Aplicación del control.....	21
5.1 Activación de la electroválvula.....	21
5.2 Configuración del Timer 1 para apertura de la electroválvula.....	22
5.3 Fuente de tensión de DC para la electroválvula.....	22
5.4 Activación de la electroválvula.....	23
5.5 Sensor de nivel.....	24
6. Resultados.....	24
6.1 Graficas obtenidas.....	24
6.2 Diagrama electrónico general del sistema.....	27
7. Conclusiones.....	28
Anexo A.....	29

Anexo B.....	30
Anexo C.....	35
Anexo D.....	54
Bibliografía.....	57

Introducción:

En este trabajo se presenta el sistema de control de temperatura de un tanque de agua de 3 litros aproximadamente para aplicaciones diversas, el control de temperatura de una masa de agua puede tener aplicaciones muy diversas como pueden ser algunos procesos químicos, biológicos, médicos, etcétera.

La meta del sistema propuesto, es calentar un recipiente contenedor de agua, esta masa de agua se mantiene en este diseño a una temperatura de 36 °C, posteriormente como ejemplo de una aplicación práctica del control, con esta agua, se realiza el calentamiento de una mezcla contenida en el interior de un recipiente, simulando un cultivo biológico, para dosificar esta mezcla, se hace necesario controlar una electroválvula, de tal forma que permita el paso del fluido a calentar desde un contenedor en frío, hacia el recipiente o tanque de prueba.

Mediante sensores de temperatura de estado sólido se toman los datos de temperatura de los diferentes tanques, esta señal se acondiciona y se envían al convertidor analógico digital de un microcontrolador PIC, este se encarga de digitalizar la señal y de enviar los datos obtenidos hacia la computadora por vía serial, la computadora los recibe y mediante el programa desarrollado en LabVIEW los procesa. Con el programa mencionado y los datos recibidos se realizara un control del tipo proporcional, integral, y derivativo (PID), la señal de control generada por la computadora nuevamente se envía de regreso por el mismo puerto serial hacia el microcontrolador (conexión full-duplex). Una vez que el microcontrolador adquirió la señal de control, la utiliza para proporcionar una señal PWM con un ciclo de trabajo inversamente proporcional a la señal de error. Para controlar la corriente de la etapa de potencia, se conecta a la salida del microcontrolador un relevador de estado sólido que controla la resistencia

encargada de calentar el agua del tanque principal. El proceso se repite hasta que se llega a la temperatura deseada ó seleccionada por el usuario.

El inconveniente principal del sistema es que, dependiendo de la aplicación, la cantidad de agua, el material que la contiene, su disipación térmica y de más factores que influyen en la temperatura medida, pueden cambiar, por lo que es necesario modificar algunos parámetros del programa de la PC, sin involucrar de manera importante todo el control.

Cabe mencionar, que este trabajo forma parte del proyecto titulado “Sistema Simulador del Proceso Digestivo” este proyecto pretende realizar una simulación de un sistema digestivo, y por lo mismo, como una parte importante de este, es el control de temperatura del sistema completo, en el cual se llevarán a cabo todos los procesos bioquímicos, se hace necesario el estudio diseño y construcción de la mejor alternativa para lograr los mejores resultados. Como una de las aplicaciones de este control podría ser el sistema digestivo mencionado, todo este trabajo se centra en controlar la temperatura del agua a 36°C dado que es la temperatura natural del cuerpo.

1 Sensado de temperatura.

1.1 Circuito acondicionador de señal de Temperatura.

Se eligió como sensor de temperatura el circuito integrado LM35, debido a su gran versatilidad, no requiere de circuitos adicionales para calibrarlo externamente, además presenta una baja impedancia de salida. Debido a su baja corriente de polarización, se produce un efecto de auto calentamiento muy reducido. Este circuito se encuentra calibrado directamente en grados Celsius y su salida es lineal, debido a esto, por cada grado de incremento en la temperatura hay un incremento de 10 [mV] en la tensión de salida.

Lamentablemente, y a pesar de que el voltaje de salida del LM35 puede ser convertido en teoría en un valor digital por el convertidor A/D del PIC, se pudo comprobar para esta aplicación, que si se conecta directamente a la terminal del microcontrolador se generan valores erróneos. Este problema se solucionó amplificando la señal proveniente del LM35 usando el amplificador operacional LM358N. Dado que el circuito LM358N cuenta con dos amplificadores operacionales en el mismo encapsulado, se decidió construir primero un seguidor de voltaje y a continuación un amplificador en configuración no inversora, mediante el amplificador operacional restante.

Originalmente se había considerado que el amplificador operacional tuviera una ganancia de diez, sin embargo en los experimentos se comprobó que se llegaba a la saturación antes de conseguir el valor deseado de temperatura, así que se optó por reducir esta ganancia a un valor de cinco. Conocida la fórmula de ganancia de voltaje para una configuración no inversora y mostrada con la ecuación 1, se puede ajustar el valor adecuado de resistencias para tener un voltaje adecuado, el cual puede ser leído por el microcontrolador.

$$A_v = 1 + \frac{r_s}{r_e} \quad (1)$$

Conociendo esta ecuación observamos que la relación entre R_s y R_e debe ser cuatro para tener la ganancia necesaria. Los valores comerciales de resistores que más se aproximan a dichos valores son $R_s = 27 \text{ [k}\Omega\text{]}$ y $R_e = 6.8 \text{ [k}\Omega\text{]}$, por lo que sustituyendo en la formula de ganancia se tiene:

$$A_v = 1 + \frac{27(K\Omega)}{6.8(K\Omega)} = 4.97$$

El circuito empleado para acondicionar la señal proveniente del LM35 quedó entonces como se muestra en la figura 1.

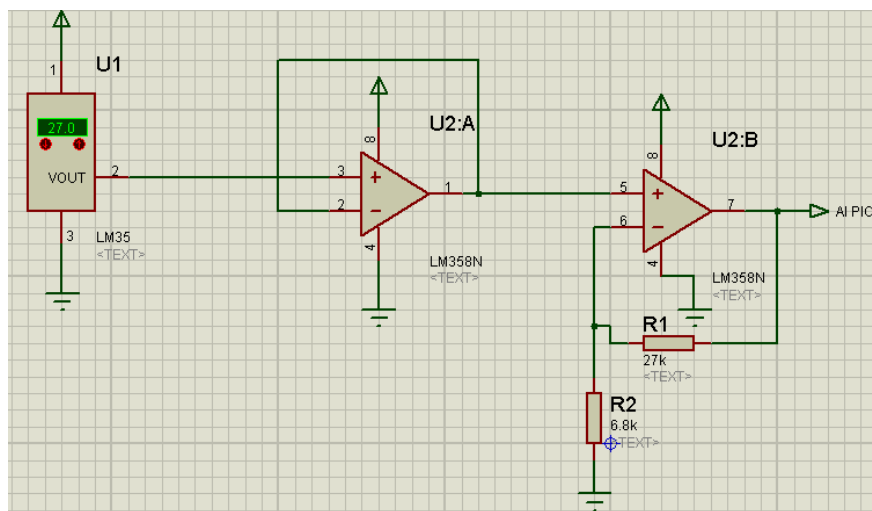


Figura 1. Circuito de acondicionamiento de la señal de temperatura entregada por el sensor.

En una simulación realizada con el programa Proteus, podemos apreciar que los cálculos son correctos. Para esto se presenta en la figura 2 una imagen del simulador en la que, para una temperatura de 27 Grados Centígrados se tiene una salida de 1.36V.

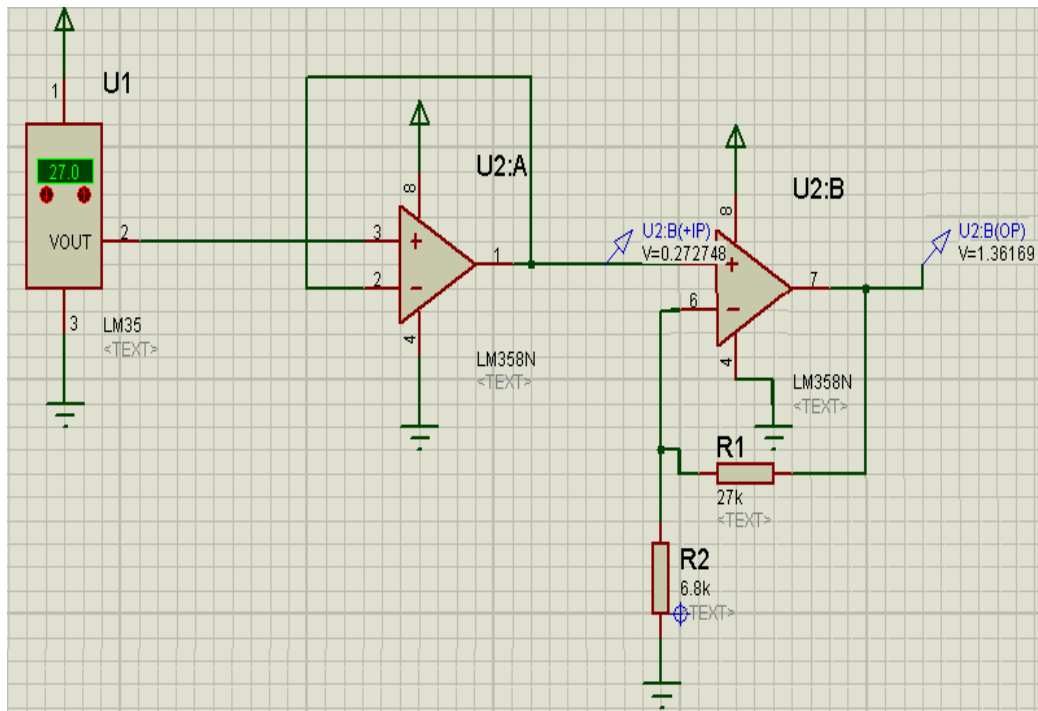


Figura 2. Simulación del circuito.

Sustituyendo estos valores, $V_s = 1.36$ [V] y $V_e = 0.2727$ [V] en la formula de ganancia de voltaje se tiene entonces que:

$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = \frac{1.36(V)}{0.2727(V)} 4.98 \approx 5$$

Con estos resultados se puede estimar que para una salida del sensor de 36mV se tendrá una entrada al convertidor A/D del microcontrolador de 1.8V con lo cual no se llegará a la saturación y por otro lado no es un voltaje tan pequeño como para que no se pueda leer.

1.2 Adquisición de la temperatura mediante el PIC16F877A

Una vez que se logró un voltaje amplificado del sensor, se utilizó el modulo de conversión A/D del PIC16F877A para realizar la conversión de esta señal a un valor digital y así, poder manejarlo con la computadora. Como

se puede ver en la figura 3, los módulos que utiliza Microchip, para el muestreo y retención emplean un capacitor, posteriormente mediante el método de aproximaciones sucesivas, realizan la conversión A/D. El módulo que utilizan los PIC de gama media (incluyendo el 16F877A) utilizan 10 bits para realizar la conversión, de esta forma su resolución está dada por la ecuación 2, se puede ver que se tendrá una resolución de 4.8 mV por bit.

$$resolucion = \frac{V_{in}}{2^N - 1} = \frac{5(v)}{2^{10} - 1} = 4.8 \quad (2)$$

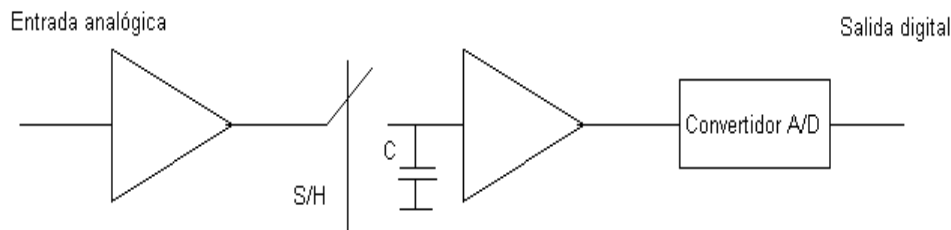


Figura 3. Diagrama a bloques del convertidor A/D del PIC

En el Anexo B se puede consultar el listado del programa completo utilizado para realizar la conversión A/D.

2 Envío y recepción de datos vía puerto serial.

Para poder realizar la comunicación del PIC con la computadora se utilizó el modulo USART (transmisor-receptor serie síncrono-asíncrono universal) del microcontrolador PIC. Dicho módulo puede transmitir o recibir datos tipo serie, puede transferir tramas de datos de 8 o 9 bits por evento de transmisión y detectar errores en la transmisión. También puede generar interrupciones cuando se produce una recepción de datos o cuando la transmisión ha sido completada.

La configuración del puerto USART así como el programa completo pueden ser consultados en el Anexo B.

2.1 Conexión RS232

La norma RS232 es la más habitual en las comunicaciones serie. Básicamente comunica un equipo terminal de datos (DTE) y el equipo de comunicación de datos (DCE). Los niveles TTL no son compatibles. Los valores deben situarse dentro de los siguientes rangos:

1 lógico: entre -3 [V] y -15 [V]

0 lógico: entre 3 [V] y 15 [V]

Se utilizan conectores de 25 terminales (DB25) o de 9 terminales (DB9). Siendo asignado el conector macho al DTE y el conector hembra al DCE.

Para la comunicación full-duplex (que es nuestro caso) desde el USART del PIC se deben conectar por lo menos las señales correspondientes a TXD y RXD así como la terminal de tierra (GND). Los PIC utilizan señales de niveles lógicos TTL, por lo que hay que utilizar un convertidor de nivel TTL a RS232 como el MAX232. La figura 4 muestra los pines de conexión del Max 232 que se conectan al Microcontrolador y los que se conectan a la PC mediante el conector DB9, también se muestra la forma de conexión de los capacitores requeridos para su funcionamiento. Para mayor referencia se puede ver la hoja de datos mostrada en el Anexo C.

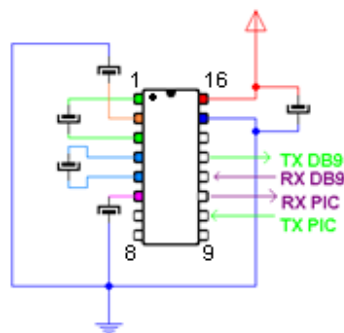


Figura 4. Conexión del circuito integrado MAX232

Por otro lado, y dado que muchos equipos, en especial computadoras portátiles, están perdiendo los puertos serie, es necesario utilizar un cable que nos permita comunicar el microcontrolador con la computadora a través del puerto USB, para esto es necesario conectar un cable especial “serial-USB”. Estos cables son convertidores de conexión serie- a conexión USB. En la figura 5 se muestra uno de estos cables.



Figura 5. Cable adaptador serie-USB

En la figura 6 se muestra un diagrama a bloques de los elementos involucrados en la comunicación entre el microcontrolador y la PC. Lo que hace el cable es emular un puerto serie, este cable tiene circuitería interna la cual convierte una conexión serie en una conexión USB, adicionalmente se debe cargar el software que el mismo fabricante del cable provee para que la computadora pueda interpretar la información mediante la conexión USB, comunicándose con la circuitería interna del cable. Finalmente es necesario crear un puerto virtual en la computadora de tal forma que la PC ve la información como si esta proviniera de un puerto serial pero vista desde un puerto USB.

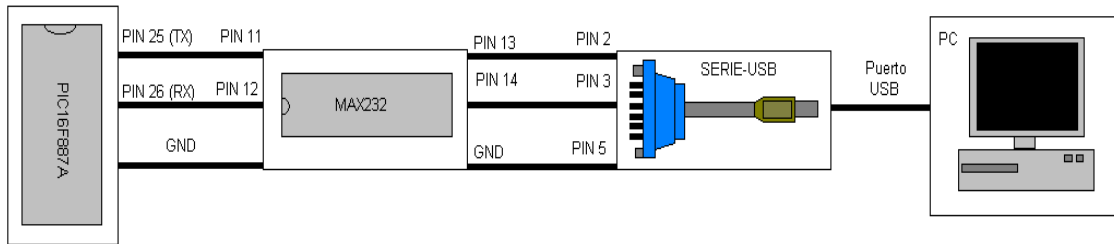


Figura 6. Diagrama de conexiones para poder realizar el envío-recepción de datos por puerto serial.

3 Procesamiento de señal con el paquete de programación LabVIEW.

3.1 Adquisición de datos.

Para poder establecer la comunicación entre el microcontrolador y la PC, se deben configurar los módulos VISA del LabVIEW y de esta forma poder realizar la adquisición de los datos que se están recibiendo mediante el puerto serie emulado. En la figura 7 se muestra parte del programa en LabVIEW desarrollado para poder lograr la comunicación.

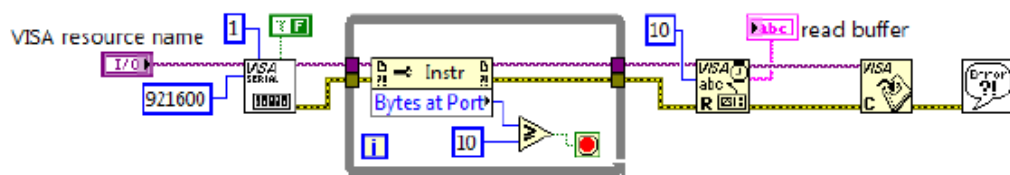


Figura 7. Programa en LabVIEW para realizar la adquisición de datos vía serial.

3.2 Procesamiento de la señal adquirida.

El programa LabVIEW cuenta con un bloque especial para control PID, este bloque cuenta con los ajustes de ganancia proporcional (K_p), tiempo integral (T_i) y tiempo derivativo (T_d), además se puede ajustar el valor deseado y se

puede tener acceso al valor de la variable de proceso que envía el microprocesador, con esto se configura el controlador PID para realizar los cálculos necesarios desde la PC, a la salida del controlador se tiene la señal de control que se envía de regreso al microcontrolador. Este controlador PID viene incluido en una paleta de Control de LabVIEW llamada *desing & simulation*. El bloque de control PID utilizado se muestra en la figura 8.

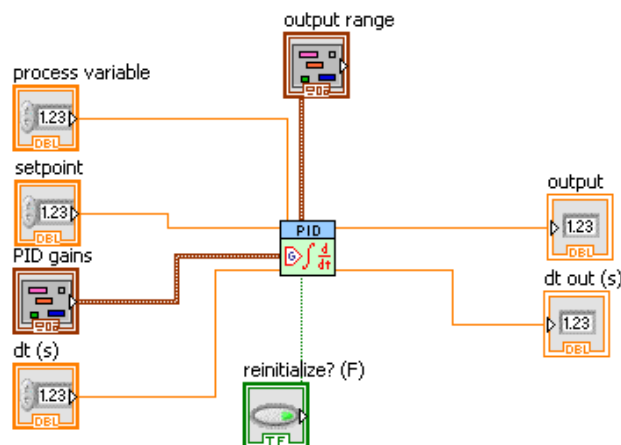


Figura 8. Bloque que realiza el control PID en el programa LabVIEW.

En el programa de LabView mostrado, se pueden ver algunas variables tales como *Process variable*, esta es la señal que obtenemos del puerto serie y que es equivalente a la temperatura medida por el sensor, *Setpoint* que corresponde a la temperatura o valor al que se desea llegar. *PID gains* es la ganancias del PID. Aquí se puede especificar el tiempo T_i , T_d y la ganancia K_p del controlador, *Output range* es el valor máximo y mínimo que puede tener la señal de salida, *Output* es la señal de control que nos entrega el controlador. Por lo mismo, de este bloque de control se obtiene la señal de control, *output*, la cual es enviada de regreso hacia el PIC.

3.3 Envío de datos hacia el PIC

De la misma forma que se realizó la programación para la captura de datos desde el puerto serie emulado se tiene que programar el envío de los datos que genera el controlador PID, para esto, hay que habilitar nuevamente los módulos VISA del LabVIEW y de esta manera, poder realizar la comunicación con el PIC a través del circuito USART, el programa para ello se muestra en la figura 9, cabe destacar que a la señal de control se le tiene que concatenar un retorno de carro (\r) para que pueda ser recibido por el PIC.

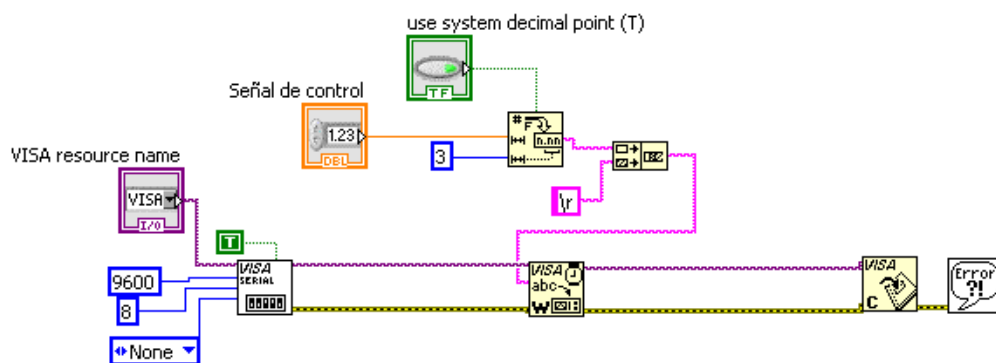


Figura 9. Programa que realiza el envío de datos por el puerto serial.

Las tres partes presentadas, que son la recepción de los datos, el procesamiento y envío de los mismos, deben concatenarse para la correcta ejecución del programa. La aplicación final se puede consultar en el Anexo B.

4 Generación de la señal de modulación por ancho de pulso (PWM).

Con la señal de control enviada desde la PC se generó con el microcontrolador una señal PWM que controla un relevador de estado sólido. La filosofía de funcionamiento de dicho PWM es un poco diferente a la filosofía de trabajo clásica.

Con un PWM clásico se varía el ciclo de trabajo de una señal cuadrada con la intención de variar la potencia suministrada a la carga. Sin embargo, la fuente de alimentación en la mayoría de las veces debe ser una fuente de voltaje de DC. Dado que la carga de nuestro sistema electrónico es una resistencia, y su valor y potencia son grandes dada la cantidad de agua que se maneja (3 Litros) se decidió alimentarla directamente de la línea de alimentación de AC.

El inconveniente que se tiene en este caso es que la tensión de AC no puede controlarse directamente con un PWM convencional debido a que la frecuencia en el PWM debe ser grande para poder hacerlo eficiente, sin embargo, la señal senoidal de la línea es de una frecuencia bastante baja (60 [Hz]) y si utilizáramos un PWM de frecuencia alta tendríamos la señal troceada, un inconveniente de esta señal troceada es que como el PWM no tendrá relación con la señal senoidal, la forma de onda que se aplica a la resistencia calefactora no es periódica y por ende la potencia disipada tampoco lo será. La solución que se encontró es ajustar la frecuencia de la señal PWM de tal forma que su ciclo de trabajo abarque ciclos completos de la señal de la línea.

Para facilitar el control de la señal de potencia, se decidió utilizar una base de 100 ciclos de la señal de la línea. Así a una señal de error de 100 % el ciclo de trabajo del PWM será del 100%, es decir, si el error entre el setpoint y la temperatura medida es del 100% se dejará pasar 100 ciclos de la línea a través de la resistencia calefactora y el número de ciclos que se permiten pasar irá disminuyendo conforme el error disminuye. En la figura 10 se observa como la señal de control (de color rojo) permite o restringe el número de ciclos de la señal de potencia (color café) que pasará por la resistencia calefactora.

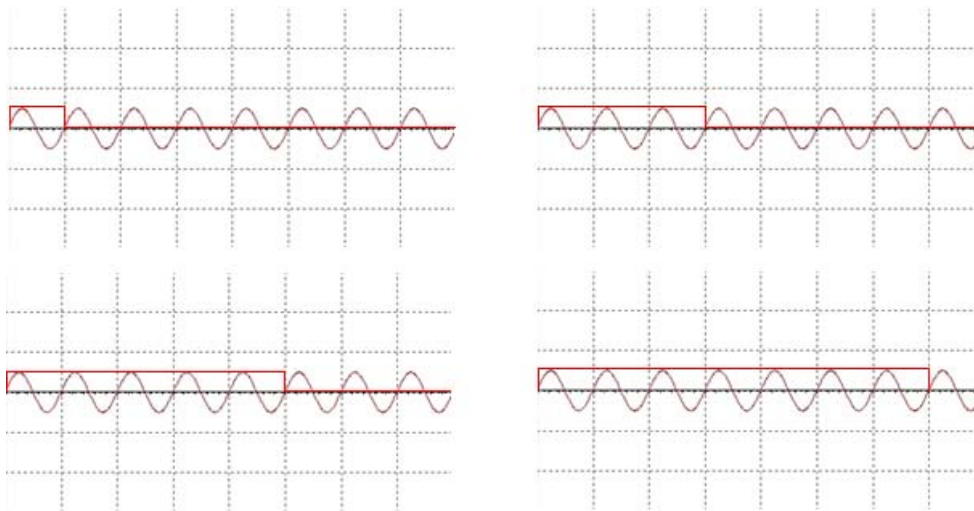
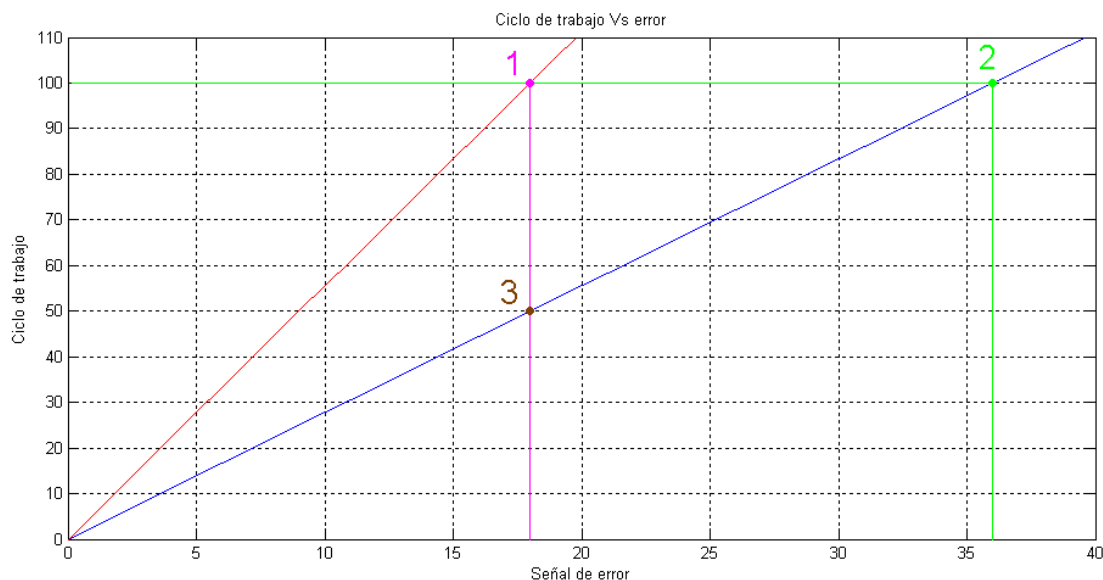


Figura 10. Tipo de modulación que se emplea en el sistema y ejemplos a diferentes porcentajes de PWM.

Otra consideración que debe hacerse es que, sería muy difícil que el agua a temperatura ambiente estuviese a 0 °C. Debido a esto, se considera que la temperatura más baja a la que se puede encontrar el agua sería de 18 °C esto con la finalidad de que la elevación de la temperatura del recipiente a la temperatura deseada sea más rápida.



*Figura 11. Gráfica ciclo de trabajo vs error con valor máximo en 0 °C (línea azul)
Gráfica ciclo de trabajo vs error con valor máximo en 18 °C (línea roja)*

En la figura 11 podemos observar el comportamiento de la señal de control reflejado en la salida PWM, en esta gráfica se indica para el eje “y” el porcentaje de ciclo de trabajo, mientras que en el eje “x” se tiene la señal de error. La línea azul representa el comportamiento considerando que la temperatura más baja en nuestro sistema es de 0 °C, mientras que la línea roja representa el mismo comportamiento pero considerando la temperatura más baja en 18 °C. Podemos observar que la pendiente de la línea roja es más pronunciada que la de la línea azul, esto representa la velocidad de cambio del ciclo de trabajo con respecto a la señal de error. En otras palabras, al cambiar la temperatura mínima del sistema conseguimos variar la rapidez a la que se llegará a la temperatura deseada.

El punto uno de la figura representa el punto en el que la línea roja tiene el 100% del ciclo de trabajo, que es cuando la diferencia entre el “setpoint” y el valor de la temperatura del recipiente es de 18 °C. El punto dos nos indica así mismo el valor para el cual la línea azul tendrá el 100% de ciclo de

trabajo que es cuando se tiene una diferencia de 36 °C. El punto tres nos muestra la ventaja de mover la temperatura mínima ya que, para la línea roja seguirá siendo el 100% de ciclo de trabajo aplicado a la resistencia calefactora, mientras que si mantuviéramos la temperatura mínima en 0 °C comenzaríamos el proceso de calentamiento con el 50 % de ciclo de trabajo, por lo que sería más lento el llegar a la temperatura deseada.

4.1 Detección de cruce por cero y conteo de pulsos.

Para poder determinar el ciclo de trabajo de la señal PWM que dejará pasar ciertos lóbulos de la señal de AC a la resistencia calefactora, se debe conocer la frecuencia de la tensión de la línea, para esto, se implemento un circuito que permitiera tener una referencia. Una forma es saber el momento en el cual la tensión de la línea es 0 [V] es decir, detectar el cruce por cero de la señal senoidal. Para lograr esto se implementó el circuito mostrado en la figura 12. Para la detección se tomó una muestra de la señal de línea mediante un transformador reductor y se rectificó mediante un arreglo de diodos, el voltaje rectificado se aplicó a una carga resistiva de donde se alimenta un transistor que entra en corte y saturación de acuerdo al nivel de señal rectificado y aplicado en su base. Cuando la señal es nula, la salida tomada del colector del transistor es un pico de voltaje pero cuando la señal es grande el transistor se satura y la salida tomada del colector prácticamente es nula.

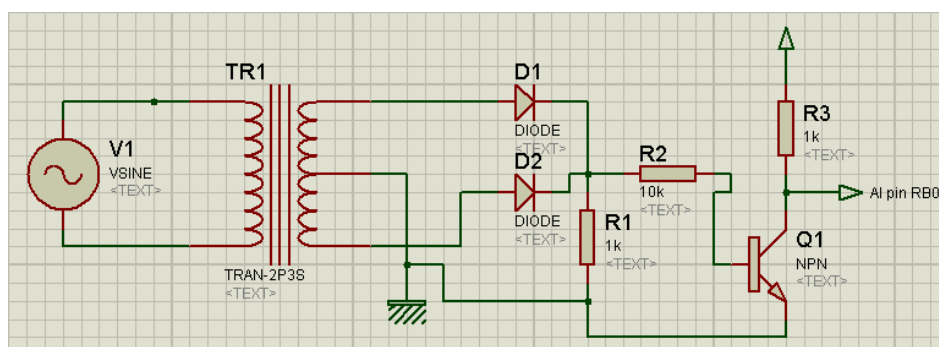


Figura 12. Circuito de detección de cruce por cero.

En la figura 13 se puede ver la forma de onda obtenida con el circuito mencionado anteriormente.

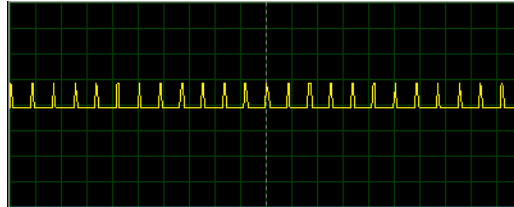


Figura 13. Circuito de detección de cruce por cero y señal generada.

Con los pulsos generados por el circuito implementado, se tiene la posibilidad de generar la señal PWM en sincronía con la frecuencia de la línea de AC. Los pulsos de sincronía generados por el detector de cruce por cero, son enviados a la terminal RB0 del PIC16F887A y con ayuda de la interrupción externa se realiza la cuenta del número de pulsos presentes, para de esta forma poder determinar el ciclo de trabajo en función de la cantidad de pulsos leídos en la terminal RB0.

4.2 Activación del relevador de estado sólido.

Con el valor de señal de PWM necesario, se activa un relevador de estado sólido comercial que permite o no el paso de la corriente a través de la resistencia que calienta el agua contenida en el tanque. El esquema de conexión se puede apreciar en la figura 14.

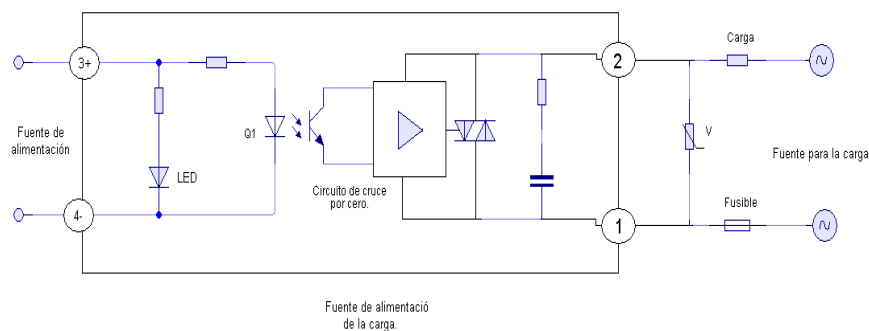


Figura 14. Diagrama de la configuración interna del relevador de estado sólido.

5 Aplicación del control

5.1 Activación de la electroválvula

El sistema con el que se probó el control de temperatura de agua diseñado, fue un sistema de “Baño María” con este sistema se calienta una mezcla de prueba contenida en un recipiente, esto con la finalidad de mantenerla a una temperatura determinada. La mezcla mencionada, se dosifica mediante una electroválvula desde un recipiente contenedor, una vez que se ha vaciado en el recipiente de prueba, se comienza a calentar únicamente con el agua que lo envuelve y cuya temperatura se encuentra controlada por el diseño mencionado en los apartados anteriores. En la figura 15 se muestra una imagen del sistema empleado. La apertura y cierre de la electroválvula se realiza de forma automática. Para ello se utiliza el TIMER1 del PIC para conseguir este control.

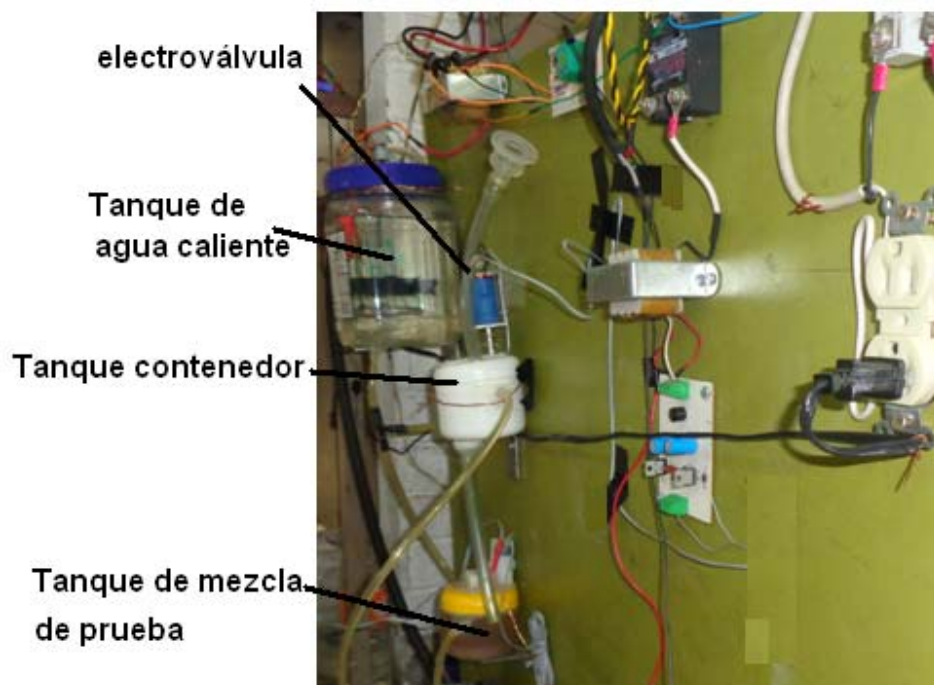


Figura 15. Sistema de aplicación del control de temperatura

5.2 Configuración del TIMER1 para la apertura de la electroválvula

Se utilizó el TIMER1 del PIC para poder llevar la cuenta en minutos del tiempo transcurrido desde el inicio de la ejecución del programa y a los 20 minutos de haber sido iniciado el proceso, se activa la electroválvula para dosificar la mezcla, este tiempo se ajustó a ese valor dado que el agua de control alcanza su temperatura en aproximadamente 5 minutos. Con estos valores se ajusta el tiempo desbordamiento del TIMER1 y se configura para que cada 0.2 [s] se desborde. La configuración del TIMER1 es la siguiente:

$$T_{CM} = \frac{4}{f_{osc}} = \frac{4}{10 [MHz]} = 0.4 [\mu s]$$

$$Carga\ TMR1 = 65536 - \frac{T}{T_{CM} * Preescaler} = 65536 - \frac{0.2}{0.4 [\mu s] * 8} = 3036$$

Pero este valor es solo para el código en ensamblador, ajustando el valor al valor del código en C:

$$Carga\ TMR1 \approx 2000$$

La configuración del TIMER1 sería de la siguiente forma:

```
setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
```

5.3 Fuente de tensión de DC para la electroválvula.

Dado que la electroválvula requiere una tensión de alimentación de 5 [V] se construyó una fuente lineal de onda completa para suministrar la corriente necesaria para el funcionamiento de la electroválvula. En la figura 16 se muestra el diagrama esquemático de la fuente utilizada.

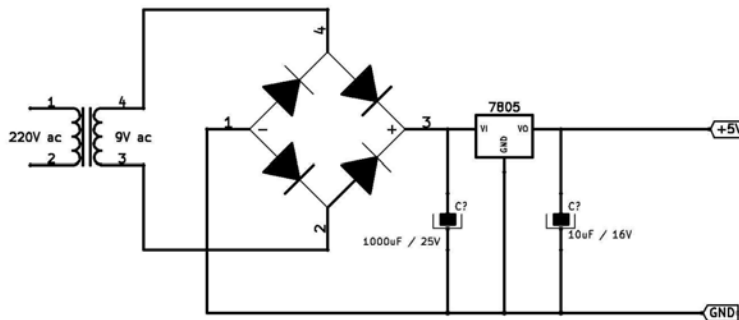


Figura 16. Diagrama eléctrico de la fuente de tensión para la E.V.

5.4 Activación de la electroválvula.

Una vez configurado el tiempo de desborde del TIMER1 a 20 minutos de haber iniciado el proceso, el PIC envía un voltaje alto en la terminal RB0, activando así un relevador de estado sólido que permite la activación de la electroválvula. El cálculo del tiempo y el programa completo se puede revisarse en el Anexo B. La figura 17 muestra el diagrama a bloques para el funcionamiento de la electroválvula.

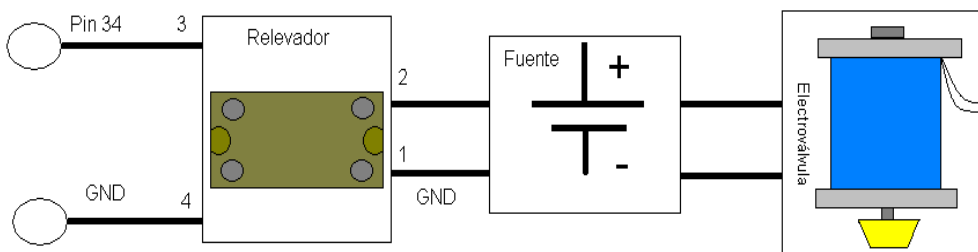


Figura 17. Diagrama de conexión de la electroválvula.

5.5 Sensor de nivel.

Dado que el agua contenida en el tanque de control, está fluyendo constantemente para calentar la mezcla de prueba, se hace necesario controlar su nivel, para evitar que la resistencia calefactora (que calienta el agua) quede descubierta y por lo mismo pueda dañarse. Se diseñó un sistema que sensa el nivel del agua en el tanque principal y cuando baja de un determinado nivel, activa un relevador que alimenta una bomba que llena de nuevo el tanque principal. El diagrama eléctrico es el mostrado en la figura 17.

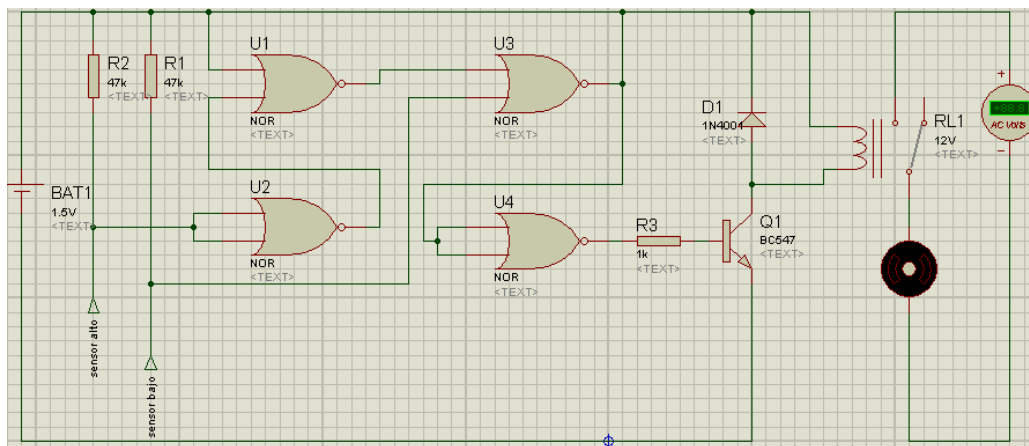


Figura 17. Diagrama eléctrico del sensor de nivel.

6 Resultados

6.1 Gráficas obtenidas

Con el control desde la PC diseñado, se consiguió tener una temperatura del agua de 36 °C con un margen de error de ± 0.5 °C. Manteniéndola aproximadamente a 36.1°C.

El sobrepaso máximo que presenta el sistema es de 1 °C llegando a 37 °C y tardando aproximadamente 20 minutos en llegar a la temperatura deseada. En las

figuras 18, 19 y 20 se muestra el comportamiento de la temperatura del agua en diferentes momentos controlada con el sistema propuesto en este trabajo.

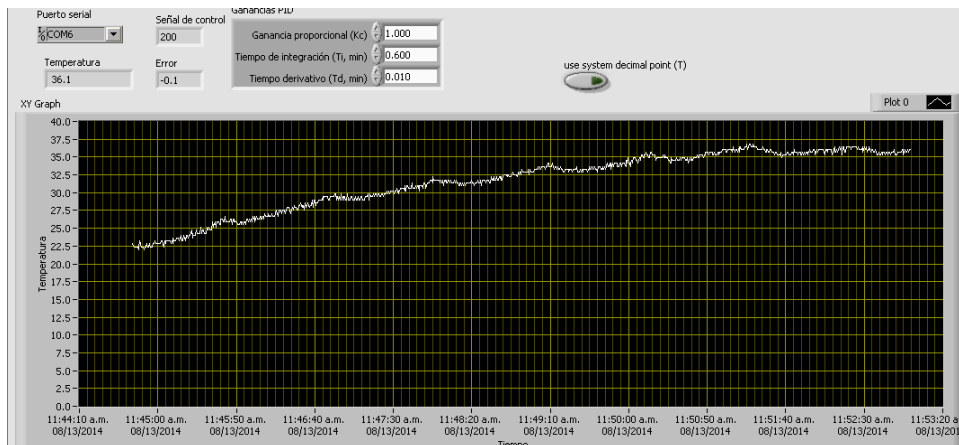


Figura 18. Inicio del proceso en el contenedor de agua caliente

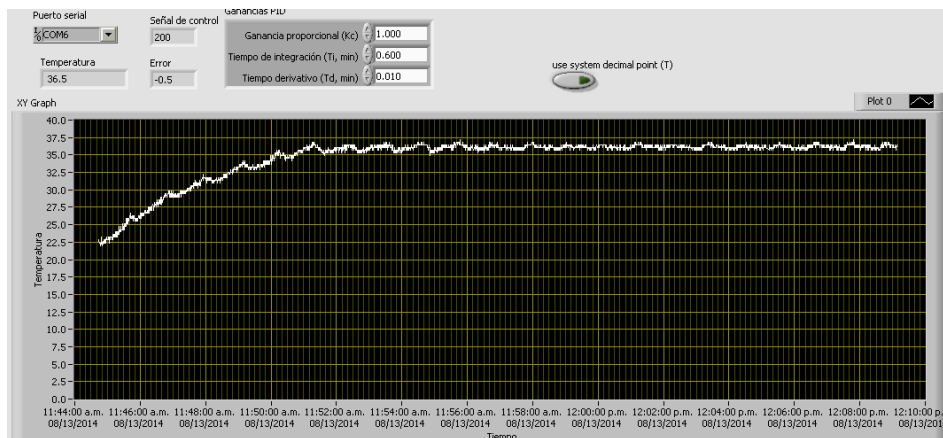


Figura 19. Sobrepaso de temperatura y estabilización en el primer contenedor.

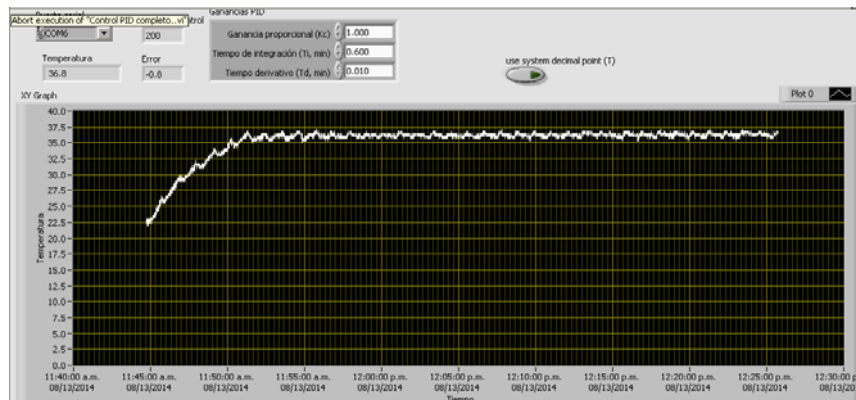


Figura 20. Sistema estabilizado en el primer contenedor.

En las figuras 21, 22 y 23 se muestra el comportamiento de la temperatura en la mezcla de prueba, la captura de esta gráfica inicia después de que se logro alcanzar la temperatura del agua del tanque principal, se puede ver en las gráficas que el acenso de la temperatura en el sistema de prueba es más lento dado que para calentarlo se utiliza el “Baño María”. Esto con la finalidad de no dañar la mezcla que en muchas ocasiones podría ser un crecimiento bacterial.

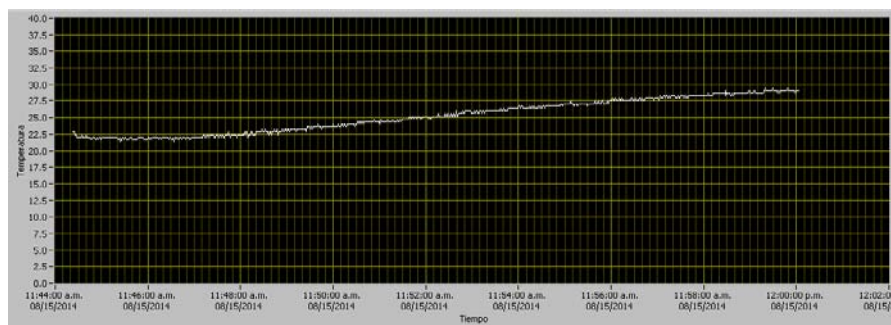


Figura 21. Comportamiento de la temperatura en la mezcla de prueba

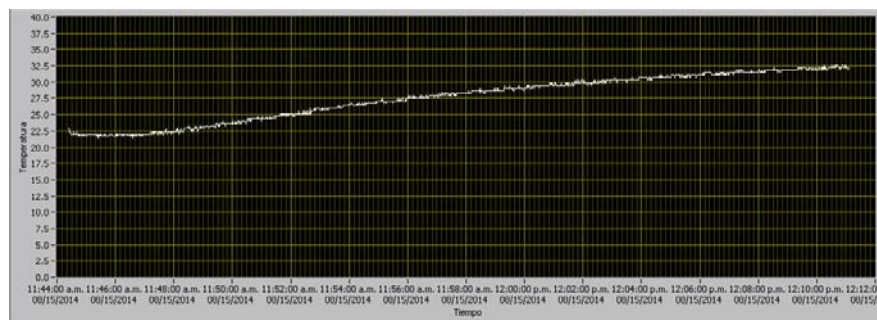


Figura 22. Sobrepaso de temperatura y estabilización en la mezcla

La estabilización de la temperatura en la mezcla se logra después de 35 minutos, manteniéndose prácticamente constante como se puede ver en las gráficas.

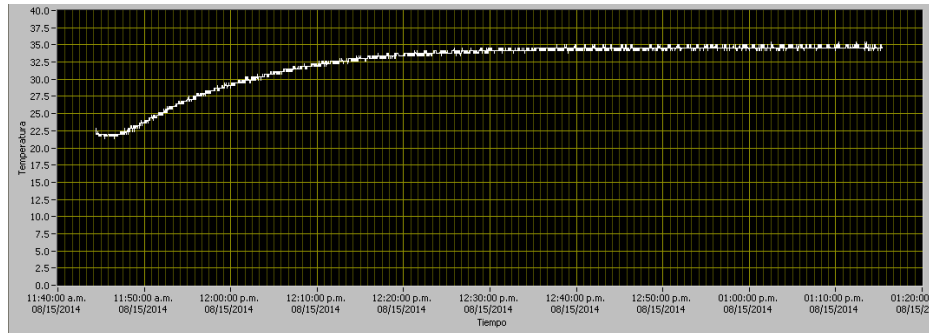


Figura 23. Sistema estabilizado en la mezcla de prueba

6.2 Diagrama electrónico general del sistema

En la figura 24 se muestra una vista general del circuito electrónico. Para más referencia, en el Anexo D, se muestra de manera más detallada.

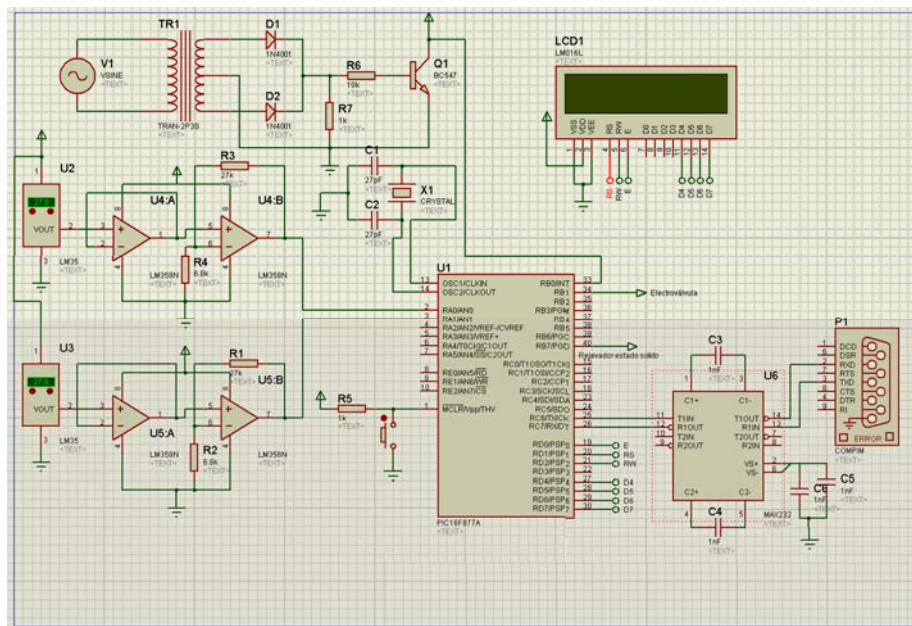


Figura 24 Diagrama electrónico del sistema

En la figura 25 se muestra una vista final de la tarjeta de circuito impreso y la distribución de componentes en ella. En el Anexo D se muestran los

circuitos impresos necesarios para llevar a cabo la reproducción del prototipo.

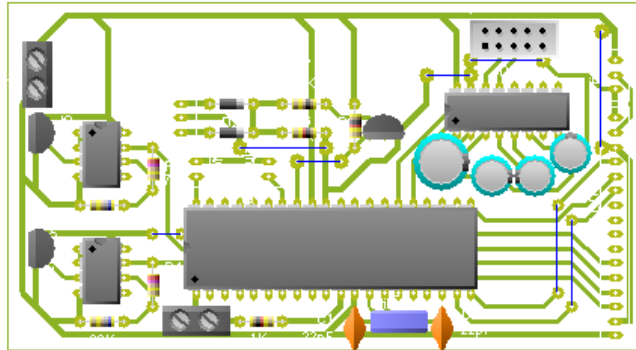


Figura 25 Tarjeta de circuito impreso del sistema.

La lista de componentes necesarios para la reproducción del sistema se presentan en el Anexo A.

7 Conclusiones

El sistema de control de temperatura de un tanque de agua de aproximadamente 3 litros, propuesto en este trabajo, tiene una excelente respuesta, dado que no presenta sobreimpulsos muy grandes y el tiempo de estabilización es relativamente corto. Por otro lado, al combinarlo con la aplicación propuesta en un principio, se pudo obtener una temperatura muy estable en la muestra, contenida en el recipiente interno, el cual simula un crecimiento bacterial.

Anexo A

Lista de componentes

Tabla A.1. Lista de componentes

Dispositivo	Cantidad	Dispositivo	Cantidad	Dispositivo	Cantidad	Dispositivo	Cantidad
LM35	2	Resistor 27 [kΩ]	2	Cable serie-usb	1	Resistor 1 [kΩ]	2
LM358N	2	Resistor 6.8 [kΩ]	2	74LS02N	1	RAS-1210	1
PIC16F887A	1	Capacitor 22 [pF]	2	BC547B	1	NTE-RS3-1D57	1
Cristal 10 [MHz]	1	Capacitor 1 [μF]	6	1N4001	3	Transformador	2
MAX232	1	Pantalla LCD 2X16	1	Resistor 47 [kΩ]	2	Capacitor 1000 [μF]	1
2N2222A	1	Resistor 1 [kΩ]	1	Resistor 10 [kΩ]	1		

Programa para el PIC16F877A

```
#include <16F877A.h>
#fuses NOWDT, XT
#device ADC=8
#include <stdlib.h>
#use standard_io(B)
#use delay(xtal=10Mhz)
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8, parity=N)
#include <lcd.c>

char array [5];
float x;
int16 num_des, min, d, num=0;

#INT_EXT
ext_isr()
{
    if(num != 200)

{
```

```

        num=num+1;
        if(num <= d)
        {
            output_high(PIN_B7);
        }
        Else

{
    output_low(PIN_B7);
}
}
else
{
    num=0;
}
}

```

#int_rda

```

void serial_isr()
{
    gets(array);
    x = atof(array);
}

```

#int_TIMER1

```

void TIMER1_isr(void)
{
    if(num_des<=299)
    {
        num_des=num_des+1;
    }
}

```

```

    }
    Else
    {
        num_des=0;

        min=min+1;
    }
    set_timer1(2000);
}

void main()
{
    lcd_init();
    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);
    set_timer1(2000);
    enable_interrupts(INT_TIMER1);
    enable_interrupts(global);
    enable_interrupts(int_ext);
    ext_int_edge(L_TO_H);
    enable_interrupts(int_rda);

    int16 c,w,b,por;
    float p,t,t2,s;

    min=0;

    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_32);
    setup_adc_ports(00000011);

    while(true)
    {
        set_adc_channel(0); // Seleccionamos el canal

```

```

delay_ms(400);
c=read_adc();//Le asignamos el valor leido a la variable a
delay_ms(20);
p=(5.0*c/256.0)-0.05;
t=(20.0*p)-1;
set_adc_channel(1);
b=read_adc();
delay_ms(20);
s=((5.0*b/256.0)-0.05);
t2=(20*s)-2;
d=200-x;
printf(lcd_putc,"fE=%01.1fPWM=%ld %ld", x, d, min);
printf(lcd_putc,"nT1=%01.2fT2=%01.2f",t,t2);
printf(" %01.3f",t);
delay_ms(10);
if ( min != 20)
{
    output_low(PIN_B1);
}
Else
{
    output_high(PIN_B1);
    delay_ms(5000);
    min=min+1;
}
}
}

```

Programa para el control de temperatura en LabVIEW

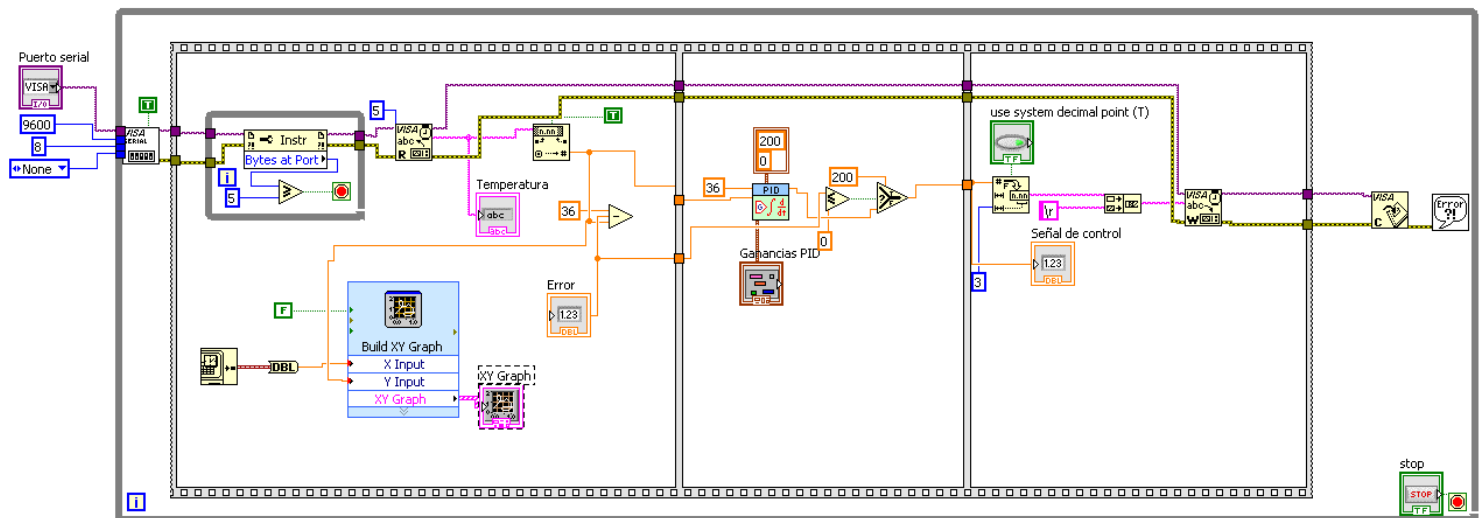


Figura B.1. Programa para el control de temperatura en el paquete LabView.

Product
FolderSample &
BuyTechnical
DocumentsTools &
SoftwareSupport &
Community

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

FEATURES

- Calibrated Directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10 mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at +25°C)
- Rated for Full –55°C to +150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 to 30 V
- Less than 60-μA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Nonlinearity Only ±¼°C Typical
- Low Impedance Output, 0.1 Ω for 1 mA Load

DESCRIPTION

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, with an output voltage linearly proportional to the Centigrade temperature. Thus the LM35 has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full –55°C to +150°C temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low output impedance, linear output, and precise inherent

calibration of the LM35 make interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 draws only 60 μA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a –55°C to +150°C temperature range, while the LM35C is rated for a –40°C to +110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO 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-220 package.

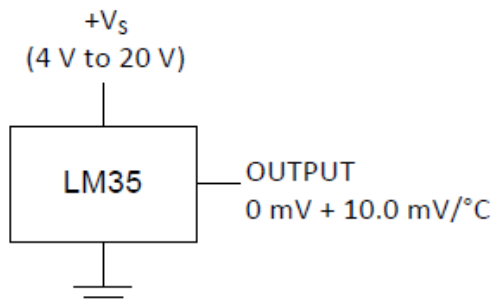
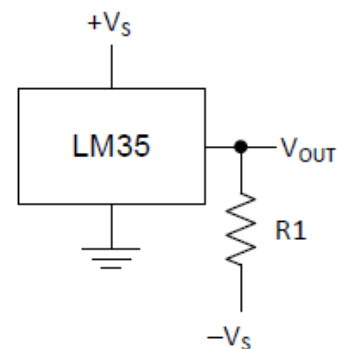


Figure 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
(+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$

Figure 2. Full-Range Centigrade Temperature
Sensor

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾⁽²⁾

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage		−0.2	35	V
Output voltage		−1	6	V
Output current			10	mA
Electrostatic discharge (ESD) susceptibility ⁽³⁾			2500	V
Storage temperature	TO Package	−60	180	°C
	TO-92 Package	−60	150	
	TO-220 Package	−65	150	
	SOIC-8 Package	−65	150	
Lead temperature	TO Package (soldering, 10 seconds)		300	°C
	TO-92 and TO-220 Package (soldering, 10 seconds)		260	
	SOIC Package	Infrared (15 seconds)	220	
		Vapor phase (60 seconds)	215	
Specified operating temperature range: T_{MIN} to T_{MAX} ⁽⁴⁾	LM35, LM35A	−55	150	°C
	LM35C, LM35CA	−40	110	
	LM35D	0	100	

- (1) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
- (2) 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](#).
- (3) Human body model, 100 pF discharged through a 1.5-kΩ resistor.
- (4) Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W, junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the [APPLICATIONS](#) section.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS⁽¹⁾⁽²⁾

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM35A			LM35CA			UNITS (MAX.)
		TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	TYP	TESTED LIMIT ⁽³⁾	DESIGN LIMIT ⁽⁴⁾	
Accuracy ⁽⁵⁾	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		°C
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	±0.3			±0.3		±1	
	$T_A = T_{MAX}$	±0.4	±1		±0.4	±1		
	$T_A = T_{MIN}$	±0.4	±1		±0.4		±1.5	
Nonlinearity ⁽⁶⁾	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C
Sensor gain (average slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10	+9.9, +10.1		+10		+9.9, +10.1	mV/°C
Load regulation ⁽⁷⁾ $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	±0.4	±1		±0.4	±1		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.5		±3	±0.5		±3	

- (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. $V_S = 5 \text{ Vdc}$ 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.
- (2) Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.
- (3) Tested Limits are ensured and 100% tested in production.
- (4) Design Limits are ensured (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.
- (5) Accuracy is defined as the error between the output voltage and 10 mV/°C times the case temperature of the device, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in °C).
- (6) Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the rated temperature range of the device.
- (7) 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.

LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

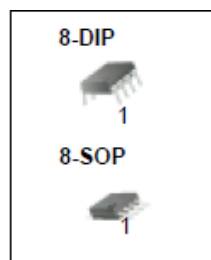
Dual Operational Amplifier

Features

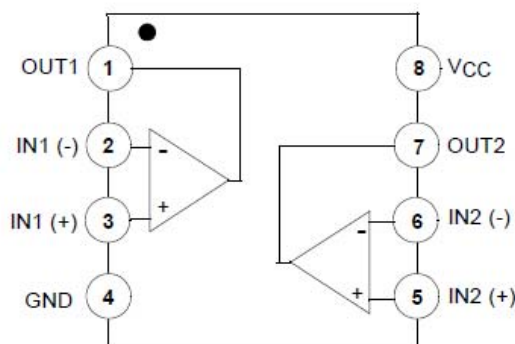
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or $\pm 1.5V \sim 16V$)
LM2904 : 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to $V_{CC} - 1.5V$ DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.



Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM258/LM258A	LM358/LM358A	LM2904	Unit
Supply Voltage	VCC	±16 or 32	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	32	32	26	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND VCC≤15V, T _A = 25°C(One Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Operating Temperature Range	TOPR	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	TSTG	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A

Electrical Characteristics

(V_{CC} = 5.0V, V_{EE} = GND, T_A = 25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM258			LM358			LM2904			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V _{IO}	V _{CM} = 0V to V _{CC} -1.5V V _{O(P)} = 1.4V, R _S = 0Ω	-	2.9	5.0	-	2.9	7.0	-	2.9	7.0	mV	
Input Offset Current	I _{IO}	-	-	3	30	-	5	50	-	5	50	nA	
Input Bias Current	I _{BIAS}	-	-	45	150	-	45	250	-	45	250	nA	
Input Voltage Range	V _{I(R)}	V _{CC} = 30V (LM2904, V _{CC} =26V)	0	-	V _{CC} -1.5	0	-	V _{CC} -1.5	0	-	V _{CC} -1.5	V	
Supply Current	I _{CC}	R _L = ∞, V _{CC} = 30V (LM2904, V _{CC} =26V)	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	-	0.8	2.0	mA	
		R _L = ∞, V _{CC} = 5V	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	-	0.5	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	G _V	V _{CC} = 15V, R _L = 2kΩ V _{O(P)} = 1V to 11V	50	100	-	25	100	-	25	100	-	V/mV	
Output Voltage Swing	V _{O(H)}	V _{CC} =30V (V _{CC} =26V for LM2904)	R _L = 2kΩ	26	-	-	26	-	-	22	-	-	V
			R _L = 10kΩ	27	28	-	27	28	-	23	24	-	V
	V _{O(L)}	V _{CC} = 5V, R _L = 10kΩ	-	5	20	-	5	20	-	5	20	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	70	85	-	65	80	-	50	80	-	dB	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	65	100	-	50	100	-	dB	
Channel Separation	CS	f = 1kHz to 20kHz (Note1)	-	120	-	-	120	-	-	120	-	dB	
Short Circuit to GND	I _{SC}	-	-	40	60	-	40	60	-	40	60	mA	

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

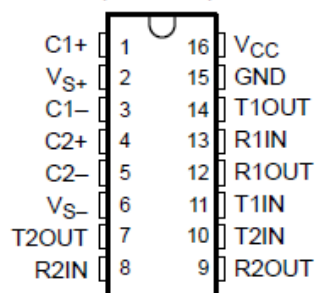
SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- 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
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
-40°C to 85°C	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		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

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.

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	°C
		MAX232I		–40	

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 $V_{CC} = 5$ V $\pm$ 0.5 V.

MAX232, MAX232I

DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN V _I = 0			200	μA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.



Software

Convertidor SERIAL-USB



USB-RS232

Convertidor USB – Serial.

Versión de USB: 2.0

Velocidad: 110bps – 1Mbps(probado a 230400 Mbps)

Señales: RX, TX, RTS, CTS

Sistemas Operativos: Win98/ 98SE/ ME/ 2000/ XP

Probado con Rabbit 4000

Máxima velocidad en Debug: 115200bps

Máxima velocidad de descarga 230400bps



AG Electrónica S.A. de C.V.
República del Salvador N.20 Segundo Piso
Tel. 5130 - 7210

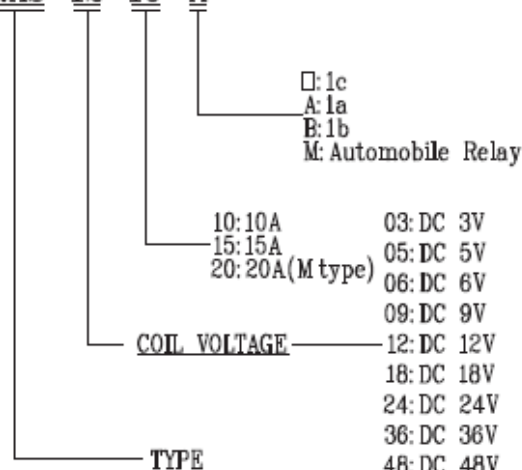
Acotación:	www.agelectronica.com	Escala	Rev 1.MRPG
			Rev 2.JZB
Tolerancia:	Convertidor Serial RS232 a USB2.0.		
Tolerancia:	Fecha: 22/Agosto/08	Número de parte AG USB-SERIAL	



RAS SERIES

ORDER CODE

RAS-12-10-A



Main Features:

- UL, CUR & TUV safety approval.
- Heavy current up to 15 amps available, and special 20amps for using on the car.
- Epoxy seal type and flux free.
- Satisfying all requirements for use in car and household electric appliances.

COIL RATING (at 20°C)

NOMINAL VOLTAGE (VDC)	COIL RESISTANCE (Ω)($\pm 10\%$)	POWER CONSUMPT -ION(W)	NOMINAL CURRENT (mA)($\pm 10\%$)	PULL IN VOLTAGE (VDC)	DROP OUT VOLTAGE (VDC)	MAX. ALLOWABLE VOLTAGE (VDC)
3V	25 Ω	0.36W	120mA	75% MAX	10% MIN.	130%
5V	69 Ω		72mA			
6V	100 Ω		60mA			
9V	225 Ω		40mA			
12V	400 Ω		30mA			
18V	900 Ω		20mA			
24V	1600 Ω		15mA			
36V	3600 Ω	0.51W	10mA	65%	8%	110%
48V	4500 Ω		10.6mA			
12V (M type)	225 Ω	0.64W	53.3mA			

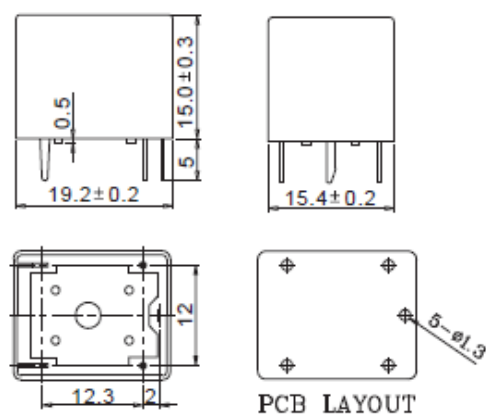
PERFORMANCE (at initial value)

Item \ Type	10A	15A	20A
Contact Resistance	50m Ω Max. (initial value)		
Operate Time	10msec Max.		
Release Time	5msec Max.		
Dielectric Strength between coil & contact between contact	AC1500V (1min) AC750V (1min)		
Insulation Resistance	100M Ω Min.(DC500V)		
Operating Ambient Temperature	-30°C ~ +80°C		
Humidity	35 to 85% RH		
Vibration Resistance	10G (10~55Hz)(Dual amplitude:1.5mm)		
Shock Resistance	10G		
Life Expectancy Mechanically Electrically	10,000,000 ops. Min.(1800 ops./h) 100,000 ops. Min.(1200 ops./h)		
Weight	9.5g(about)		

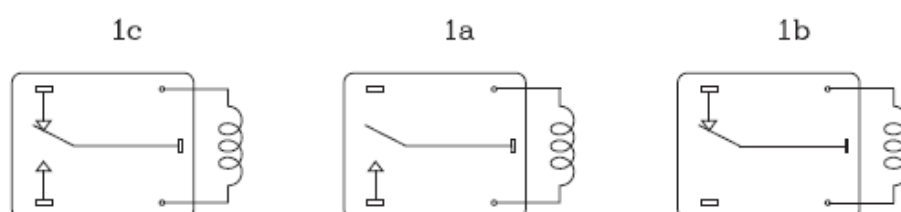
CONTACT RATING

Item \ Type	10A	15A	20A
Rated Carrying Current	AC120V 10A AC250V 7A DC24V 10A	AC125V 15A AC250V 10A DC24V 15A	DC14V 20A DC30V 15A AC120V 15A
Max. Allowable Current	15A	20A	20A
Max. Allowable Voltage	AC 240V DC 110V		
Max. Current (continual)	10A	15A	20A
Contact Material	Ag alloy		

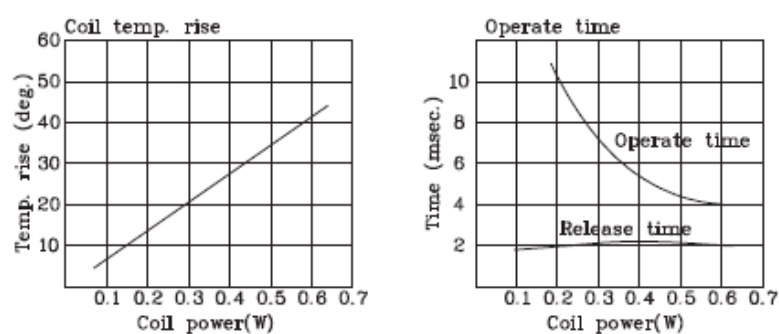
DIMENSIONS(Unit: mm)



WIRING DIAGRAMS(Bottom View)



REFERENCE DATA



DM74LS02

Quad 2-Input NOR Gate

General Description

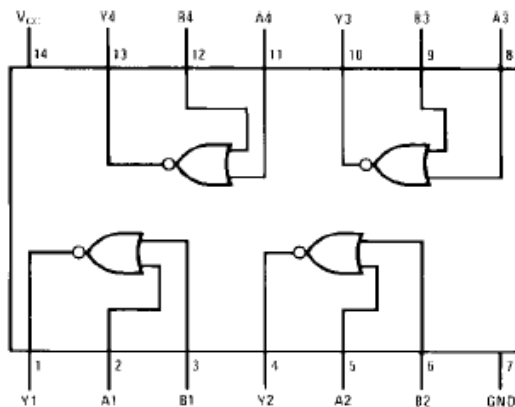
This device contains four independent gates each of which performs the logic NOR function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS02M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS02SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS02N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$$Y = \overline{A + B}$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

H = HIGH Logic Level

L = LOW Logic Level

Absolute Maximum Ratings^(Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			−0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = −18 mA			−1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max, V _{IL} = Max	2.7	3.4		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max, V _{IH} = Min		0.35	0.5	V
		I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.25	0.4	
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			−0.40	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 3)	−20		−100	mA
I _{CCH}	Supply Current with Outputs HIGH	V _{CC} = Max		1.6	3.2	mA
I _{CCL}	Supply Current with Outputs LOW	V _{CC} = Max		2.8	5.4	mA

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Switching Characteristics

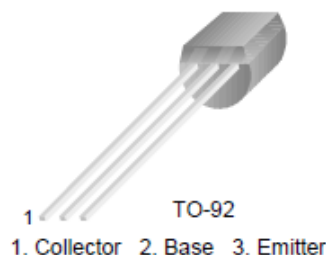
at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output		13		18	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output		10		15	ns

BC546/547/548/549/550

Switching and Applications

- High Voltage: BC546, $V_{CE0}=65V$
- Low Noise: BC549, BC550
- Complement to BC556 ... BC560



NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage : BC546	80	V
	: BC547/550	50	V
	: BC548/549	30	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage : BC546	65	V
	: BC547/550	45	V
	: BC548/549	30	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage : BC546/547	6	V
	: BC548/549/550	5	V
I_C	Collector Current (DC)	100	mA
P_C	Collector Power Dissipation	500	mW
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ C$
T_{STG}	Storage Temperature	-65 ~ 150	$^\circ C$

Electrical Characteristics $T_a=25^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB}=30V, I_E=0$			15	nA
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	110		800	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		90	250	mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		200	600	mV
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C=10mA, I_B=0.5mA$		700		mV
		$I_C=100mA, I_B=5mA$		900		mV
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE}=5V, I_C=2mA$	580	660	700	mV
		$V_{CE}=5V, I_C=10mA$			720	mV
f_T	Current Gain Bandwidth Product	$V_{CE}=5V, I_C=10mA, f=100MHz$		300		MHz
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CB}=10V, I_E=0, f=1MHz$		3.5	6	pF
C_{ib}	Input Capacitance	$V_{EB}=0.5V, I_C=0, f=1MHz$		9		pF
NF	Noise Figure : BC546/547/548 : BC549/550 : BC549 : BC550	$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		2	10	dB
		$f=1KHz, R_G=2K\Omega$		1.2	4	dB
		$V_{CE}=5V, I_C=200\mu A$		1.4	4	dB
		$R_G=2K\Omega, f=30\sim 15000MHz$		1.4	3	dB

h_{FE} Classification

Classification	A	B	C
h_{FE}	110 ~ 220	200 ~ 450	420 ~ 800

Typical Characteristics

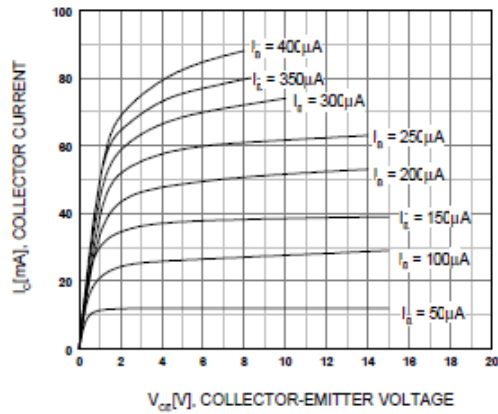


Figure 1. Static Characteristic

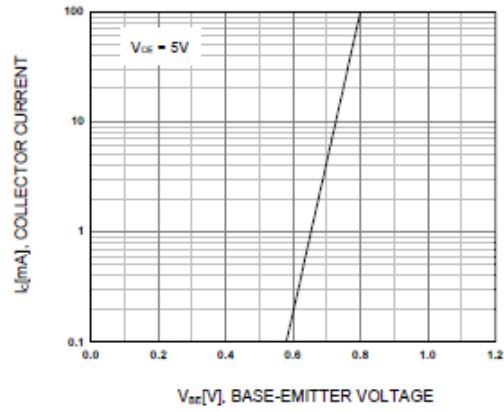


Figure 2. Transfer Characteristic

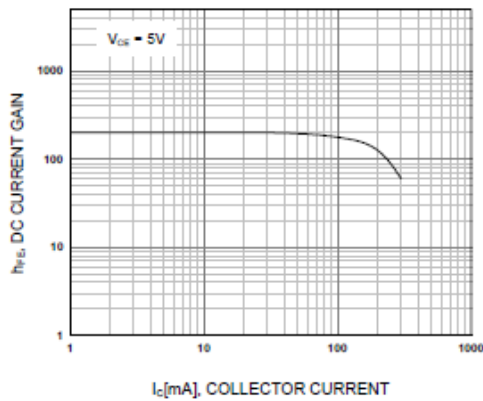


Figure 3. DC current Gain

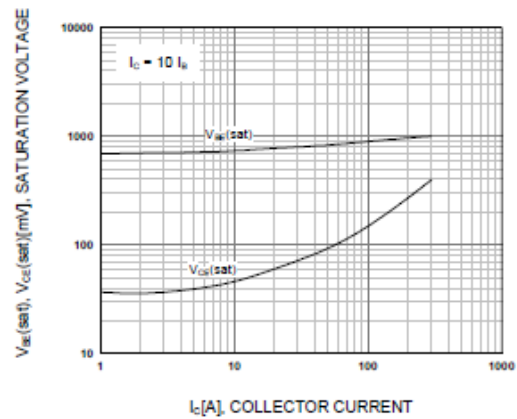
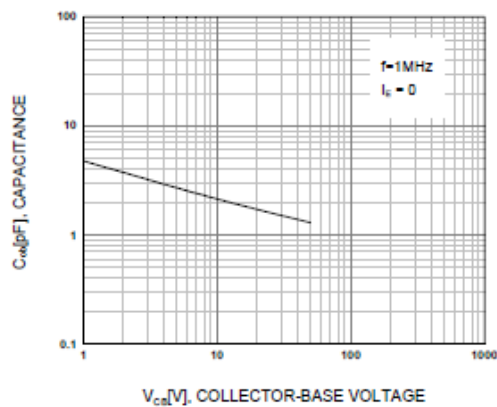
Figure 4. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

Figure 5. Output Capacitance

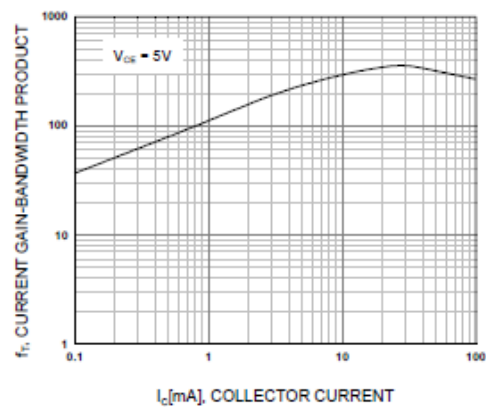


Figure 6. Current Gain Bandwidth Product



1N4001 - 1N4007

Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



DO-41
COLOR BAND DENOTES CATHODE

General Purpose Rectifiers (Glass Passivated)

Absolute Maximum Ratings*

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375 " lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	30							A
T_{stg}	Storage Temperature Range	-55 to +175							$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature	-55 to +175							$^\circ\text{C}$

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
P_D	Power Dissipation	3.0	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C/W}$

Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
V_F	Forward Voltage @ 1.0 A	1.1							V
I_{rr}	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$	30							μA
I_R	Reverse Current @ rated V_R $T_A = 25^\circ\text{C}$	5.0							μA
		500							μA
C_T	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}$, $f = 1.0\text{ MHz}$	15							pF

General Purpose Rectifiers (Glass Passivated) (continued)

Typical Characteristics

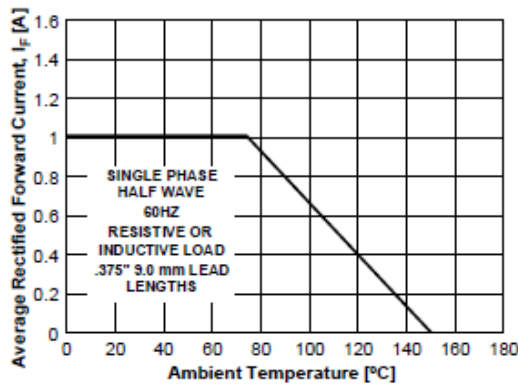


Figure 1. Forward Current Derating Curve

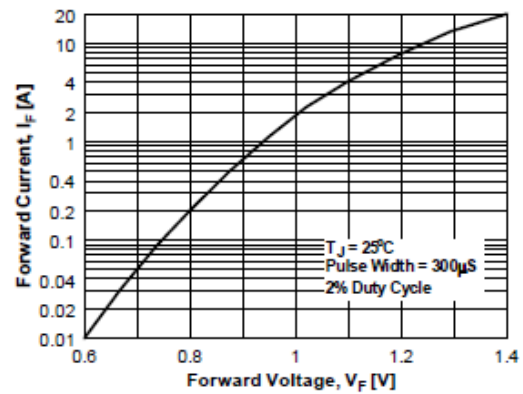


Figure 2. Forward Voltage Characteristics

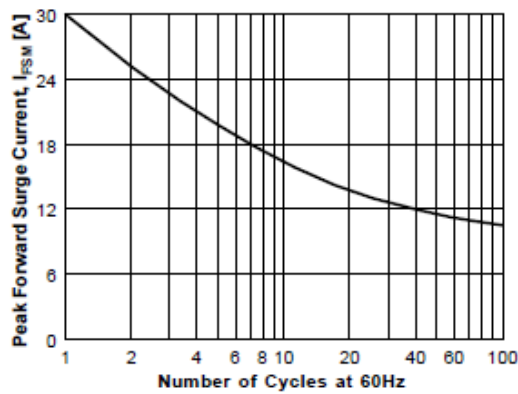


Figure 3. Non-Repetitive Surge Current

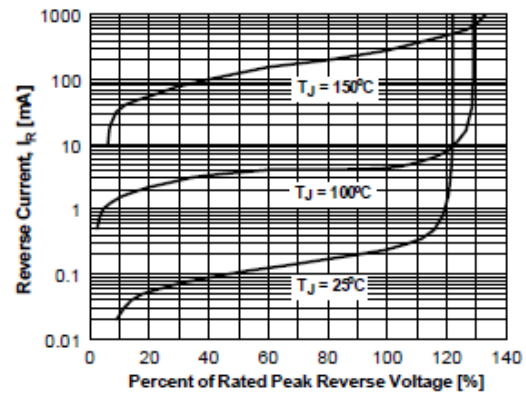


Figure 4. Reverse Current vs Reverse Voltage

Features

- AC and DC Models
- Back-to-Back Dual SCRs (Non-Suffix)
- Internal Snubbers on AC & DC Models
- TRIAC Versions (T-Suffix)
- Random Switching (R-Suffix)
- MOSFET DC Versions (M-Suffix)
- LED Input Status Indicator on Some Models



Ratings

INPUT PARAMETERS

NTE TYPE No.	Control Signal Range	Must Operate Voltage	Must Release Voltage	Input Current
RS3-1D10-51	3-32VDC	3VDC	1VDC MIN	22mA MAX
RS3-1D10-51R	3-32VDC	3VDC	1VDC MIN	3.4mA TYP
RS3-1A10-52*	100-280VAC	80VAC	20VAC MIN	—
RS3-1A25-42	90-280VAC	90VAC	10VAC MIN	2mA MAX
RS3-1D25-24T	3-32VDC	3VDC	1VDC	4mA MAX
RS3-1A40-22	90-280VAC	90VAC	10VAC MIN	2mA MAX
RS3-1D40-41	3-32VDC	3VDC	1VDC MIN	4mA MAX
RS3-1D40-21*	3-32VDC	—	—	14mA MAX
RS3-1D40-21R*	3-32VDC	—	—	34mA MAX
RS3-1A75-22	90-280VAC	90VAC	10VAC MIN	2mA MAX
RS3-1D75-21*	3-32VDC	—	—	34mA MAX
RS3-1D75-41*	3-32VDC	—	—	34mA MAX
RS3-1D12-41M**	3.5-32VDC	3.5VDC	1VDC MIN	1.6mA MAX
RS3-1D40-41M**	3.5-32VDC	3.5VDC	1VDC MIN	1.6mA MAX

* Contains LED Input Status Indicator

** Does NOT meet CSA approval.

OUTPUT PARAMETERS

NTE TYPE No.	Line Voltage Range	Max On-State Current	Max 1-Cycle Surge	On-State Voltage Drop
RS3-1D10-51	24-240VAC	10A	40A	1.5V
RS3-1D10-51R	24-240VAC	10A	40A	1.5V
RS3-1A10-52*	24-330VAC	10A	40A	1.5V
RS3-1A25-42	48-240VAC	25A	245	1.6V
RS3-1D25-24T	48-280VAC	25A	215	1.6V
RS3-1A40-22	48-240VAC	40A	245	1.6V
RS3-1D40-41	80-530VAC	40A	600	1.6V
RS3-1D40-21*	24-280VAC	50A	450	1.6V
RS3-1D40-21R*	24-280VAC	45A	450	1.6V
RS3-1A75-22	48-280VAC	75A	950	1.6V
RS3-1D75-21*	24-280VAC	75A	700	1.6V
RS3-1D75-41*	36-530VAC	75A	700	1.6V
RS3-1D12-41M**	0-100VDC	12A	28	1.6V
RS3-1D40-41M**	0-100VDC	40A	106	2.1V

* Contains LED Input Status Indicator

** Does NOT meet CSA approval.

Note 1. Can be used with R95-186, R95-187 or NTE441A Heat Sink.

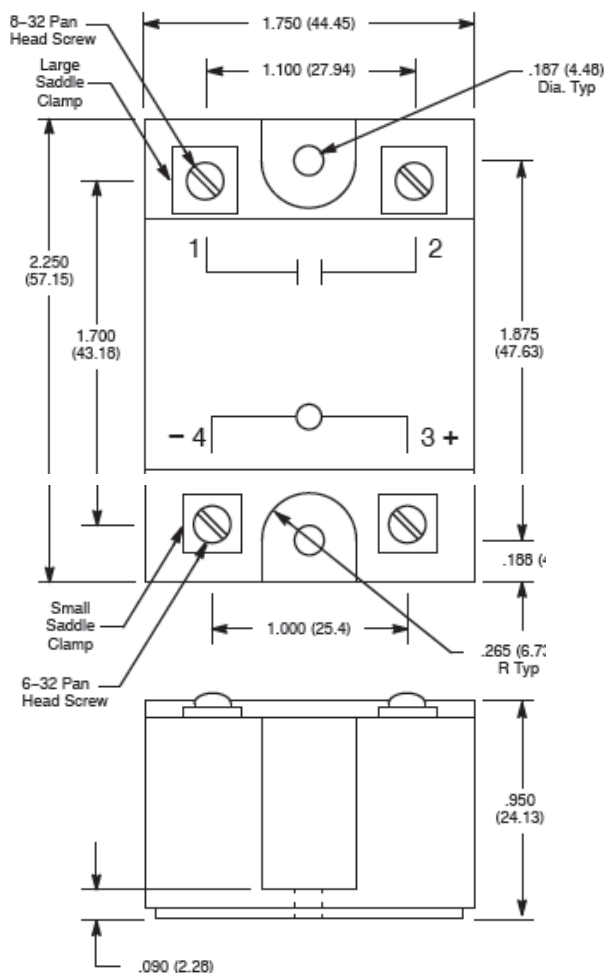
Note 2. Dust Cover R95-184 Available.

RS3 Series



Panel Mount, Heavy Duty, SPST-NO, Solid State AC and DC Power Relays, 10 Amp to 75 Amp.

D31



Products and specifications subject to change without notice

Electrical Specifications

Environmental Characteristics

Operating: -40°C to +80°C

ACCESSORIES

DESCRIPTION	NTE TYPE NO.
Dust Cover, Plastic	R95-184
Heat Sink for Solid State Relay	R95-186
Heat Sink for Solid State Relay	R95-187

KA78XX/KA78XXA

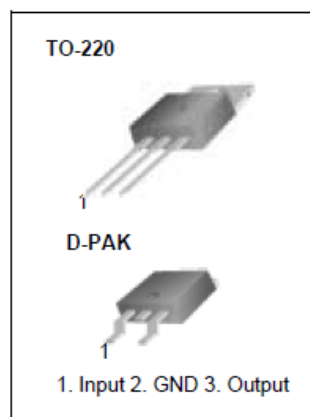
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

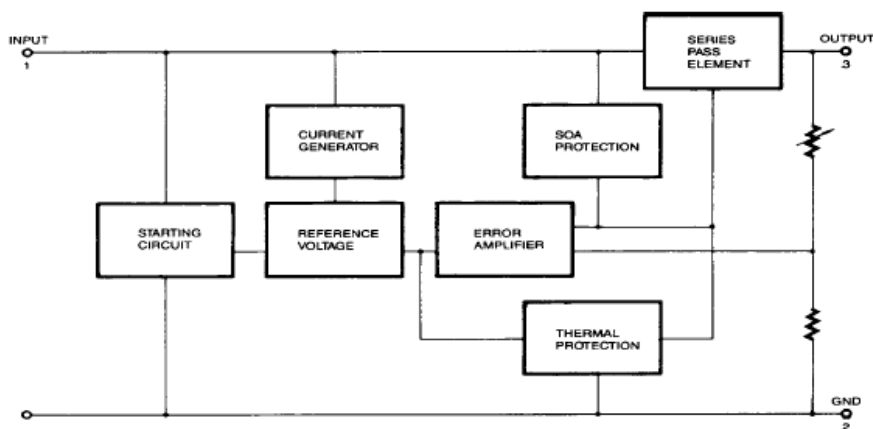
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

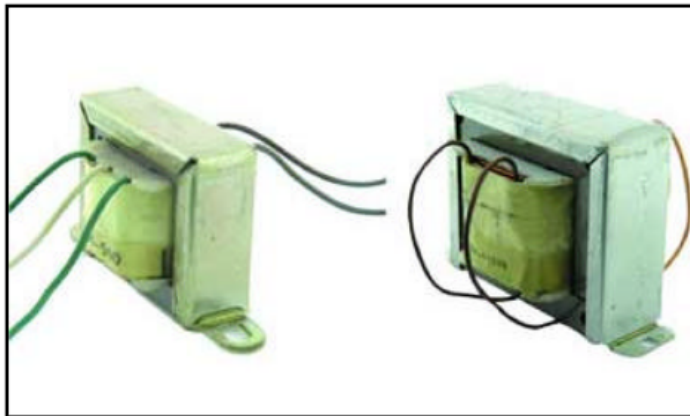
The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



TRANS-12/120, TRANS-12/300, TRANS-12/500, TRANS-12/1200, TRANS-12/2000, TRANS-12/3000



Transformador de 127V de entrada de corriente alterna, 12V de salida, con derivación (Tap) central.

- **TRANS-12/120:** 120mA
- **TRANS-12/300:** 300mA
- **TRANS-12/500:** 500mA
- **TRANS-12/1200:** 1.2A
- **TRANS-12/2000:** 2A
- **TRANS-12/3000:** 3A

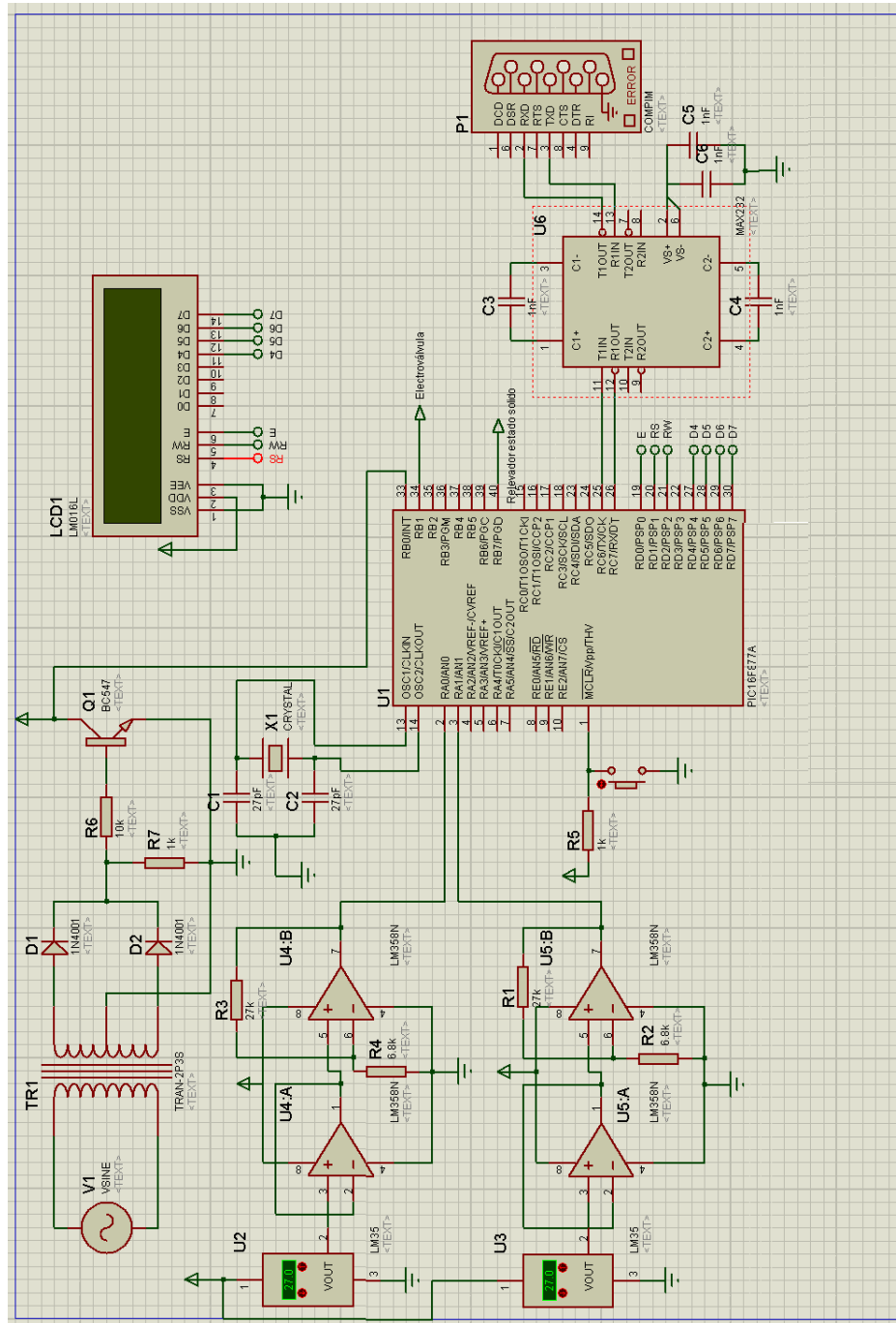


Figura D.1 Circuito electrónico general del sistema

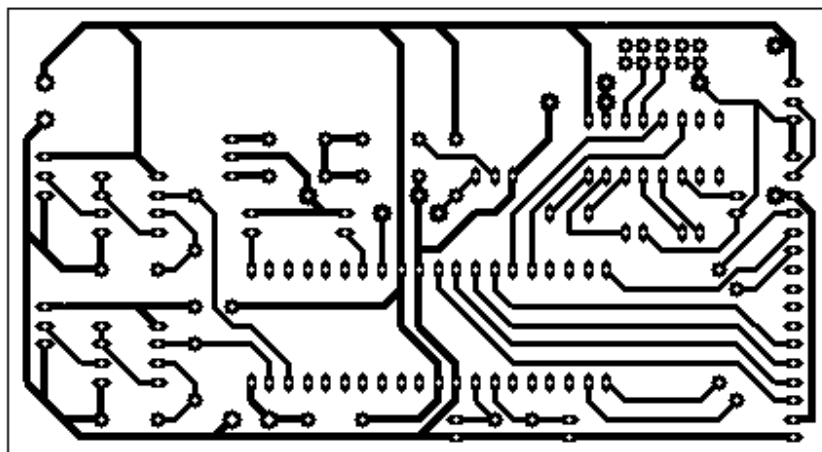


Figura D.2. Circuito impreso del sistema electrónico.

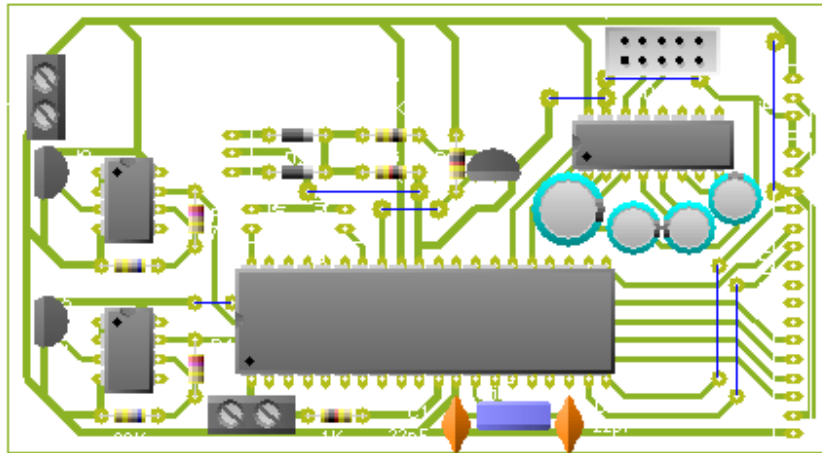
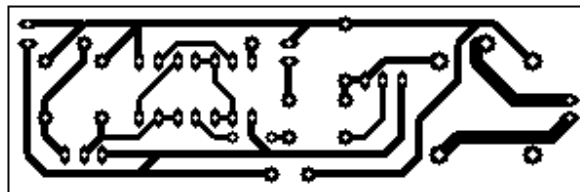


Figura D.3. Ubicación de componentes aproximada en el circuito impreso.



FiguraD.4. Circuito impreso para el sensor de nivel.

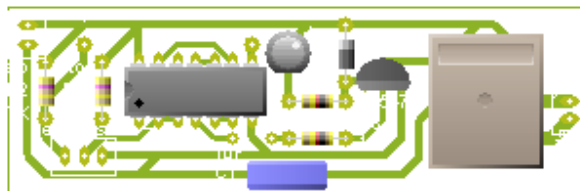


Figura D.5. Ubicación de componentes aproximada del circuito impreso.

Bibliografía:

- G.K. Dubey, S.R. Doradla, A. Joshi y R.M.K Sinha. (1986) “Thyristorised Power Controllers”. 1^{ra} edición, Kanpur India, John Wiley & sons.
- Breijo García Eduardo. (2012). “Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores PIC”. 3^{ra} edición. México D.F. Alfaomega.
- Sebastián Pelegrí José, Vizcaíno Lajara José Rafael. (2007). “LabVIEW Entorno gráfico de programación”. 1^{ra} edición. México D.F. Alfaomega.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “Sensor de Temperatura Centígrada de Precisión”, disponible en:
• http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml
accesado en junio de 2014.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “Amplificador Operacional Dual”, disponible en:
http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM358N.shtml
accesado en junio de 2014.
- www.microchip.com. (2014), “PIC16F87XA”, disponible en:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf>,
accesado en Junio de 2014.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “Dual EIA-232 Driver/Receiver”, disponible en:
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml,
accesado en junio de 2014.
- [http://www.steren.com.mx/.](http://www.steren.com.mx/) (2014), “Adaptador de USB a serial (DB9)”, disponible en:
• <http://www.steren.com.mx/catalogo/prod.asp?sf=41&f=6&p=3727&s>,
accesado en junio de 2014.

- <http://mexico.newark.com>. (2014), “NTE electronics RS3 series”, disponible en: http://www.nteinc.com/relay_web/pdf/RS3.pdf, accesado en junio de 2014.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “Regulador de Voltaje Positivo de 1A 3-Terminales”, disponible en:
 • http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/7/8/0/5/7805.shtml,
 accesado en junio de 2014.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “General Purpose Rectifiers”, disponible en:
http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/N/4/0/1N4001.shtml,
 accesado en junio de 2014.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “NPN Epitaxial Silicon Transistor”, disponible en:
 • http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/B/C/5/4/BC547.shtml,
 accesado en junio de 2014.
- DatasheetCatalog.com. (2014), “Compuerta NOR 2-Input ”, disponible en:
http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/7/4/L/S/74LS02.shtml,
 accesado en junio de 2014.
- <http://www.sunhold.com>. (2014), “RAS (Home Appliance Relays)”, disponible en: <http://www.sunhold.com/upload/prd1/21-3.pdf>, accesado en junio de 2014.
- [AG Electrónica](http://AG_Electrónica). (2014), “Tienda virtual”, disponible en:
<http://www.agspecinfo.com/pdfs/T/TRANS-12.PDF>, accesado en junio de 2014.