

Control de potencia bidireccional con cargas resistivas, a través de un microcontrolador PIC 16f887, aplicación didáctica.

Ibarra, Camargo Arnulfo,
arnulfoibarra@hotmail.com

Ibarra, Gutiérrez Cesar A

Instituto Tecnológico de Huatabampo
Av. Tecnológico s/n, c.p 85900
Huatabampo, Sonora

Resumen

Dentro del actuar académico, se ha encontrado con la inquietud de controlar la potencia en corriente alterna monofásica, utilizando como medio un microcontrolador, ya que, los jóvenes en sus clases lo hacen utilizando técnicas y procedimientos de la electrónica analógica. Ésta, es la razón del presente trabajo y para mostrarlo se hace una aplicación práctica donde se observa el control de corriente alterna, aplicado en control de temperatura, utilizando el microcontrolador PIC 16f887 y el lenguaje de programación MikroC, donde se abordaran además otros temas interesantes en el área de la mecatronica; la lectura de temperatura mediante el sensor d18b20, la utilización de la técnica de transmisión de datos onewire diseñada por la empresa Dallas Semiconductor, el sistema de control proporcional implementado por software y la implementación de circuitos detectores de cruce por cero. Dando como resultado la implementación de un control de temperatura con corriente alterna, demostrando a los estudiantes que hay diferentes alternativas para realizar un proyecto. Se utilizan los conocimientos adquiridos en diferentes materias, fortaleciendo así las materias de electrónica analógica, electrónica digital, control y microcontroladores entre otras.

Palabras clave: cruce por cero, pic 16f887, MikroC, control corriente alterna, onewire, ds18b20.

1. Introducción

El uso de la electrónica digital, la programación de microcontroladores y los sistemas embebidos tienen una gran demanda y expansión en la actualidad, pueden resolver problemas de una manera relativamente sencilla, gracias a su versatilidad.

En el presente trabajo se propuso el siguiente problema, ¿Cómo controlar potencia en corriente alterna monofásica, para mantener la temperatura a través de un calefactor, utilizando un microcontrolador 16f887?

Al utilizar un microcontrolador en la solución de este problema se tienen algunas ventajas, una de ellas, la facilidad modificar características del proyecto por medio de software.

Los objetivos del presente trabajo son: Diseñar y construir un sistema de control de temperatura basado en microcontrolador, que manipule el ángulo de disparo de la señal de corriente alterna, para controlar la corriente que alimenta un calefactor.

Mostrar a los alumnos la capacidad que tienen los microcontroladores para resolver problemas, de una manera eficiente.

Aunque ya se encuentran sistemas de control de temperatura en el medio, algunos lo hacen utilizando calefactores de corriente continua otros más controlan la temperatura con agua, y otros con corriente alterna pero con sistemas encendido

apagado (on-of), este proyecto muestra una manera de hacerlo controlando la corriente alterna, esto es controlando el ángulo de disparo de la onda senoidal, para así, por medio de un triac, controlar la corriente que circula por un resistencia calefactora.

El manejo del ángulo de disparo lo realiza un microcontrolador pic 16f887, apoyándose del circuito detector de cruce por cero.

Para la presentación del presente proyecto se divide en varios apartados el primero, es el marco teórico donde se muestra la información de los temas a tratar; El control bidireccional monofásico con cargas resistivas, la manera de implementar un sensor de temperatura DS18B20, la comunicación *one-wire*, los convertidores analógicos digitales, y el acondicionamiento de señales.

En el segundo apartado denominado como análisis de resultados, se muestra el trabajo realizado en cada etapa presentada en el capítulo anterior, los circuitos implementados, la programación desarrollada, y la relación de cada una de las etapas para lograr el objetivo de la presente investigación.

Por último las conclusiones, los trabajos futuros para mejora del proyecto.

El proyecto se construyó de manera real y se comprobó su funcionamiento y para mayor claridad en la presentación, se muestran módulos virtuales en isis de proteus para apreciar los componentes utilizados y las conexiones realizadas.

2. Marco Teórico

2.1 El control bidireccional monofásico con cargas resistivas.

En la figura 1 se aprecia un controlador monofásico de onda completa con carga resistiva.

Durante el semiciclo de voltaje de entrada positiva se controla el flujo de potencia variando el ángulo de retraso del tiristor T1; y el tiristor T2 controla el flujo de potencia durante el semiciclo de voltaje de entrada negativa. Los pulsos de disparo de T1 y T2 se conservan a 180° uno del otro. Las formas de onda para el voltaje de entrada, para el voltaje de salida y para la señales de disparo aparecen en la figura 2.

Variando los pulsos de disparo de 0 a 180° se puede controlar el voltaje de salida desde 0 a 100%. [5]

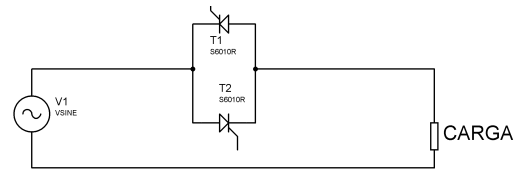


Figura 1. Control monofásico carga resistiva

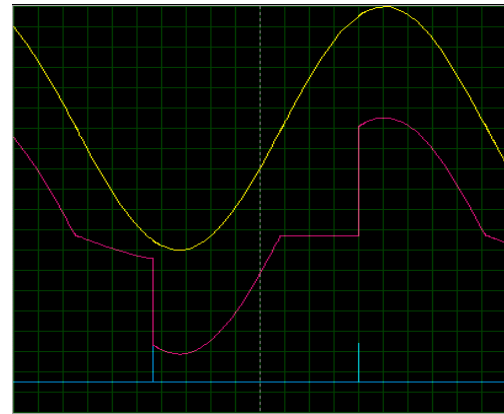


Figura 2. Formas de entrada, salida y disparo

2.2 Sensor de temperatura DS18B20

El sensor de temperatura DS18B20 toma lecturas con resolución de 9 a 12 bits. Se comunica con el protocolo *one-wire*, el cual solo requiere una línea de datos, además de voltaje y tierra, para comunicarse con el microcontrolador, opera con un rango de temperatura de -55 a 125 °C, con una precisión de .5 °C, en el rango de -10 a 85 °C. El DS18B20 contiene una serie de 60 bits que lo identifica, y da la oportunidad de tener muchos sensores en el mismo bus *one-wire*, manipulados por el mismo microcontrolador. [1]

2.2.1 Protocolo one-wire

Los microcontroladores PIC cuentan con múltiples pines de entrada-salida de propósito general (GPIO) y pueden ser configurados para implementar el protocolo *one-wire*. Este protocolo permite la interacción con muchos dispositivos de la empresa *dallas semiconductores*, como son baterías, dispositivos de mediciones de temperatura, memorias, entre otros. Los componentes *one-wire* proveen la solución de identificación, memorización, medición y control. La interface es reducida al mínimo, una sola línea de datos. [2]

La comunicación se presenta en un esquema maestro-esclavo, solo el maestro puede iniciar la

comunicación y lo hace a través de un pulso de reset, donde el esclavo le responde con un pulso de presencia, otras señales que implementa el maestro son:

Escritura de nivel lógico “0”.

Escritura nivel lógico “1”.

Lectura nivel lógico “0”.

Lectura nivel lógico “1”.

Todas las señales, con excepción de la de presencia, son inicializadas por el microcontrolador maestro.[3]

A partir de estas señales se pueden construir tramas para hacer la comunicación de datos. Entre las que se encuentran:

- Comandos de funciones de ROM, los cuales se relacionan con la búsqueda, lectura y utilización de la dirección de 64 bits que identifica a esclavos.
- Comandos de funciones de control, estos incluyen comandos para leer/escribir en localidades de memoria, leer memorias de “scratchpad”, controlar el inicio de la conversión, cada dispositivo define su propio conjunto de comandos.
- Transferencia de bytes o datos. [4]

2.3 Convertidores analógicos digitales.

La conversión análogo digital es un proceso por el cual se puede tomar muestras de una señal continua de voltaje. El uso de esta conversión es de gran utilidad para realizar procesamiento digital de señales. La conversión análogo digital, o ADC, se puede realizar con algunos microcontroladores que tienen implícito un convertidor de este tipo.

Este proceso se realiza con el convertidor interno de los microcontroladores. Este módulo está incorporado en la mayoría de los microcontroladores de gama media y alta. La conversión implementada por los PIC cuenta con una resolución de 10 bits, lo que permite obtener un número con un rango de 0 a 1023, que es proporcional a los valores de referencia, que por defecto son 0 voltios y 5 voltios. Esto significa que si una entrada análoga, tiene una tensión de 0 voltios su resultado es 0, y si la tensión es de 5 voltios el resultado de la conversión es 1023 de igual manera si la tensión es de 2.5 voltios, el resultado será 512.[4]

3. Análisis de resultados

3.1 El control de cruce por cero.

Se diseñó y construyó un sistema de detección de cruce por cero, que le informa al microcontrolador Pic cuando la señal de corriente alterna se encuentra en 0 volts, para que este pueda generar el pulso de disparo.

Para verificar la etapa de control de potencia se utilizó como elemento calefactor una lámpara de 100 w, en la cual se puede apreciar la variación de potencia con la intensidad de iluminación, además de monitorear la señal de disparo con osciloscopio, se apreció los diferentes niveles de potencia con relación a la temperatura leída por el sensor, se utilizó un amperímetro de gancho para medir las diferencias de corrientes consumidas por la lámpara calefactora, variando estas de .55 amp en su etapa más alta hasta .11 amp.

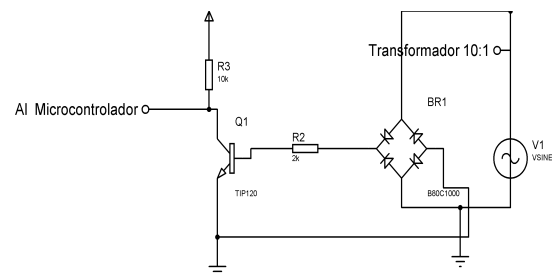


Figura 3. Diagrama eléctrico detector de cruce por cero

En la etapa de lectura de temperatura por medio del sensor ds18b20, se comprobó midiendo la temperatura con multimetro digital, comprobando la variación de temperatura durante el proceso de control.

La corriente alterna distribuida en México tiene a una frecuencia de 60 Hz, esto es un periodo de 16.6ms, cada 16.66 milisegundos se ejecuta un ciclo de señal del cual 8.3ms son positivos y 8.3 son negativos, el sistema de detección de cruce por cero tiene un rectificador que convierte a los 2 ciclos positivos y nos indica cuando estos están en cero volts, el diagrama eléctrico se observa en la figura 3.

Para la implementación de control en corriente alterna, se diseñó una rutina en lenguaje C, utilizando la técnica de interrupción. Cuando el detector de cruce por cero envía el pulso, se genera una interrupción, el microcontrolador en este instante deja de ejecutar el programa principal

momentáneamente y se dedica a ejecutar el programa que se encuentra en el vector de interrupción.

En el vector de interrupción se encuentra programado un retardo de 800 microsegundos, que es repetido desde cero hasta 10 veces como la variable “tiempo” lo indique, se tienen 10 niveles de potencia programados controlados por la variable “tiempo”, la variable “tiempo” es una variable de control y es manipulada en otra etapa.

Después de este retardo se genera un pulso por el bit de uso genérico RA0, que activa a un optotriac MOC3010 que a su vez dispara el triac MAC12DG quien es el que finalmente controla el calefactor, el diagrama eléctrico se muestra en la figura 4.

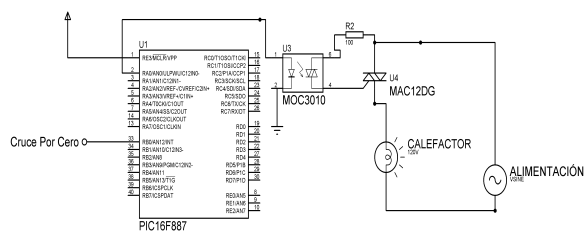


Figura 4. Diagrama eléctrico de calefactor

El programa del vector de interrupción se muestra a continuación:

```
void interrupt() {
    for (i = 0; i < tiempo; i++) {
        delay_us(800);
    }
    porta.RA0=1;
    delay_us(10);
    porta.RA0=0;
    intcon.intf=0;
}
```

3.2 Sensor de temperatura DS18B20.

Para controlar la temperatura el sistema necesita la medición de ésta, se utiliza el medidor de temperatura DS18B20, el cual es un medidor digital que utiliza el protocolo one-wire para su comunicación.

Para la implementación de este sensor se utilizan las librerías one wire incluidas en el compilador de mikroC, se configura como línea de datos el bit de propósito general RE2 y se sigue el protocolo, primeramente se envía la señal de reset

para iniciar la comunicación, posteriormente se envía el comando ROM, “SKIP ROM”, ese permite direccionar de forma directa sin enviar identificación, esto es posible porque solo se encuentra un sensor en el bus.

Posteriormente se envía el comando de control “READ_SCRATCHPAD”, y por último el de lectura de temperatura, esta se almacena en la variable “temp”, como solamente interesa la temperatura entera, la variable “temp” es dividida por 16 para eliminar la información fraccionaria. Cabe aclarar que para hacer a comunicación one wire, no debe haber interrupciones por tal motivo al inicio del proceso se desactivan las interrupciones y se activan nuevamente al fin de la toma de lectura, la toma de lectura se programó para hacerse 1 vez por segundo aproximadamente, en la figura 5 se muestran las conexiones.

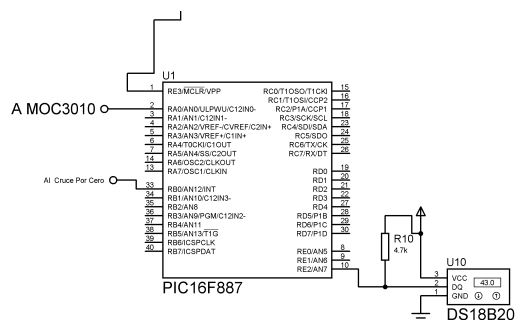


Figura 5. Conexión del medidor de temperatura DS18B20

El programa de lectura del temperatura se muestra a continuación.

intcon.inte=0; se deshabilitan interrupciones

```
Ow_Reset(&PORTE, 2); se envía la señal de reset onewire
Ow_Write(&PORTE, 2, 0xCC); se envía el comando
SKIP_ROM
Ow_Write(&PORTE, 2, 0x44); se envía el comando
CONVERT_T
Delay_us(120);
```

```
Ow_Reset(&PORTE, 2); se envía la señal de reset onewire
Ow_Write(&PORTE, 2, 0xCC); se envía el comando
SKIP_ROM
Ow_Write(&PORTE, 2, 0xBE); se envía comando
READ_SCRATCHPAD
```

```
temp = Ow_Read(&PORTE, 2); la lectura se almacena en
la variable temp
temp = (Ow_Read(&PORTE, 2) << 8) + temp;
```

```
intcon.inte=1; se habilitan nuevamente las
interrupciones
```

3.3 convertidores analógico digitales (DAC).

Hasta este punto del trabajo, se puede manipular la potencia de un calefactor para aumentar la temperatura y se puede también tomar mediciones, falta la manera de introducir un parámetro de referencia u objetivo, la temperatura que se desea para el sistema, para resolver este problema se utiliza una de las entradas analógicas del microprocesador, se selecciona la entrada AN1, y se coloca una resistencia variable de 1k en serie con resistencia de 2k para limitar la corriente cuando la resistencia variable este en cero, conectadas de modo divisor de voltaje que es leído por el convertidor analógico digital del microcontrolador.

Se hace el ajuste de la señal de entrada, para esto, se considera que el control de temperatura debe variar de 20° a 40 °C, se toman lecturas cuando la resistencia está al mínimo y cuando esta al máximo (646 y 1023) y, se ajustan los valores a un comportamiento lineal. Quedando la ecuación:

$$\text{consigna} = (20 + ((\text{consigna}-646)/18.75));$$

la variable “consigna” contiene el valor al cual se debe de ajustar la temperatura, restando en valor de la variable “temp” que contiene la temperatura real. Se puede calcular el error que indica que tan lejos esta del valor de temperatura deseado y en consecuencia, se manipula la variable “tiempo” que es la que controla la potencia del calefactor, cerrando así el ciclo de control, en el presente trabajo la variable error se multiplica por un KP igual a 2. La programación en mikroC se muestra a continuación.

`consigna = adc_read(1);` lectura del CAD

`consigna = (20 + ((consigna-646)/18.75));`
acondicionamiento

`error=(consigna-temp)*2;` // kp =2

`if(error <= 0) error=1;` //el control de ac solo
tiene un rango 10

`if(error > 10)error=10;`

`tiempo=10-error;`

los valores de las variables “temp” temperatura actual, la de “consigna” que es la temperatura

deseada y la de “error” se muestran en una pantalla LCD, para ver su comportamiento, las conexiones de la resistencia variable y la pantalla LCD se muestran en figura 6.

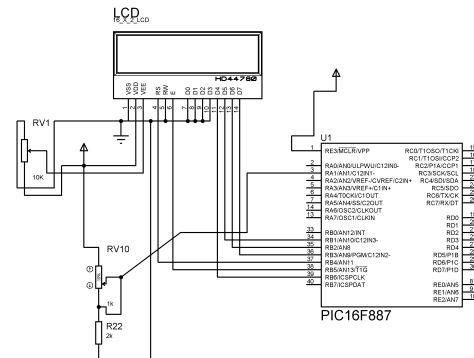


Figura 6. Conexiones de la resistencia variable y la pantalla LCD

En la figura 7 se muestran los componentes del sistema de control de temperatura, cada uno de ellos con su propio objetivo, y de los cuales se puede hacer un investigación individual, pero en conjunto cumplen con el objetivo del presente trabajo.

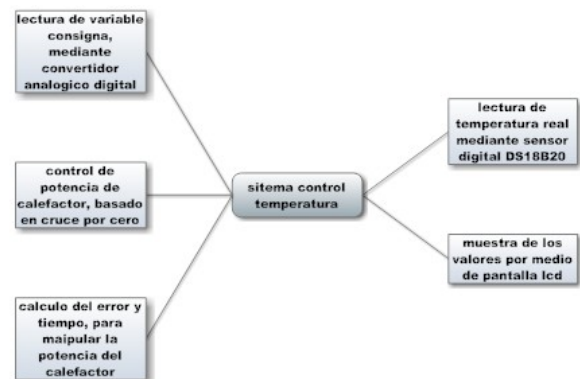


Figura 7. Modelo del controlador de temperatura

4. Conclusiones

En figura 8 se muestra fotografía del prototipo, los valores de temperatura mostrados en la LCD (pantalla de cristal liquido del prototipo) son; la de la izquierda la temperatura objetivo del sistema, la de la derecha es la temperatura medida a través del DS18B20 y para verificar, el multímetro muestra la temperatura tomada a través de su sensor.

Se observan resultados satisfactorios, entre ellos:

- Se desarrollo un prototipo donde se implementa un sistema de control de potencia bidireccional con cargas resistivas, a través de un microcontrolador.
- Se diseña y construye un detector de cruce por cero
- Se implementa un sensor de temperatura ds18b20 en un microcontrolador y se muestra temperatura en display.
- Se muestro a los alumnos la capacidad que tienen los microcontroladores para resolver problemas de control, siendo este de controlar corriente alterna no solo continua.

Aunque se cuenta con el prototipo real construido en tarjeta de prueba, aún no se cuenta con un uso específico, pero para las futuras investigaciones se proponen trabajar en los siguientes aspectos.

Se trabajará en la mejora de la rutina de interrupción ya que hace más lento al sistema se también en la utilización de los *timer* incluidos en el microcontrolador para dejar mas descargado al procesador.

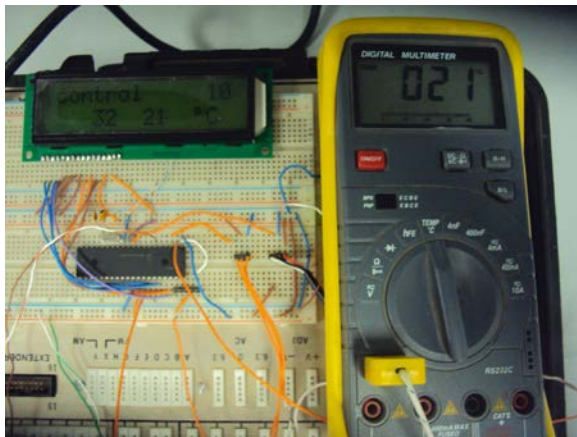


Figura 8. Fotografía del prototipo. Donde se muestra la temperatura objetivo y la temperatura tomada en este instante.

Se implementará el sistema a el control de temperatura de agua para uso domestico.

Se construirá prototipo adecuado a las instalaciones domesticas, donde pueda resolver el problema de la temperatura del agua, y se analizará como mejora para ahorro de energía, comparado con las regaderas eléctricas.

Se analizará la adaptación en sistemas calentadores de agua solares, donde se necesite una pequeña ayuda para mantener la temperatura de agua en días nublados.

Los resultados de este trabajo son solo el inicio, de una gran posibilidad de mejoras, que se pueden aplicar par la solución de problemas de control de temperatura de líquidos o de ambientes, invito a los lectores a que den rienda suelta a su ingenio y hagan de este también su proyecto.

Referencias

- [1] Maxim Integrated, “DS18B20 *Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer*”, datasheet. 2008.
- [2] Microchip, “1-Wire® *Communication with PIC® Microcontroller*”AN119, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A. , 2008.
- [3] Palacios E. Remiro F. López L, “*Microcontrolador pic16f84 desarrollo de proyectos*”, Alfaomega Ra-Ma, Mexico, 2da Edicion,2006.
- [4] Clavijo J., “*Diseño y simulación de sistemas microcontrolados en lenguaje C*”, Colombia, 2011. ISBN 978-958-44-8619-6
- [5] Rashid M., “*Electrónica de Potencia*”, Prentice Hall Hispanoamerica S.A., 2da Edicion,1995.