

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BAÑO TÉRMICO PARA LA CALIBRACIÓN DE TERMOPARES

Hernández Gutiérrez Germán (1), José Luis Luviano Ortiz (2)

¹ [Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, DICIS] | Dirección de correo electrónico: germanhg12@gmail.com]

² [Mecánica, División de Ingenierías, Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [jl.luvianoortiz@ugto.mx]

Resumen

Para el desarrollo de proyectos de investigación y experimentos en el área de termofluidos del Departamento de Ingeniería Mecánica se requiere contar con controles óptimos para la medición de transferencia de calor en los cuerpos que se encuentran bajo análisis. Uno de los dispositivos de mayor uso en la medición de temperaturas es el termopar, éste puede ser fabricado o comprado pero en ambos casos se deben conocer sus errores de medición, para ello, se requiere un dispositivo que permita realizar la calibración. Debido a lo anterior se diseñó y fabricó un baño térmico a través de usar un control digital de temperatura capaz de monitorear y controlar una temperatura deseada por el usuario con una resolución de 0.1 °C y el cual cumplió además con los objetivos requeridos.

Abstract

For the development of research projects and experiments in the area of thermal fluids of Mechanical Engineering Department is required to have an optimum control for measuring heat transfer in bodies that are under analysis. One of the most widely used devices for measuring temperature is the thermocouple, It can be manufactured or purchased but in both cases, their measurement errors must be known, for this, is required a device allowing perform the calibration. Due to foregoing, it was designed and fabricated a thermal bath through a temperature digital control able to monitor and control a desired temperature by user with a resolution of 0.1 °C, moreover this device satisfied the required objectives.

Palabras Clave

Microcontrolador, PIC, Temperatura, Sensor, Termopar.

INTRODUCCIÓN

BAÑO TÉRMICO

- *APLICACIÓN*

El baño térmico es un equipo muy importante en el laboratorio de termofluidos debido a que una gran parte de los experimentos bajo estudio dependen de la variación de la temperatura. Una aplicación muy importante del baño térmico es la calibración de sensores de temperatura, ya que éstos se pueden calibrar dentro de un baño térmico a una temperatura constante conocida y por lo tanto se tiene la temperatura registrada por el sensor y así obtener su error de medición.

- *DISEÑO*

Para el diseño de un baño térmico es necesario contar con un control de temperatura lo más preciso y estable posible el cual permita mantener temperaturas constantes del fluido que se está calentando, por otra parte se requiere que el recipiente que contiene el fluido tenga pérdidas mínimas de temperatura.

- *FABRICACIÓN*

Con los avances de la tecnología hoy en día es posible crear sistemas digitales muy eficientes los cuales tienen aplicaciones en muchos de los productos electrónicos que se emplean en la vida cotidiana. Uno de los dispositivos que han permitido estos posibles avances son los microcontroladores PIC (*Controlador de Interfaz Periférico*)[1].

Los PIC tienen una aplicación muy grande debido a su tamaño, bajo costo y un consumo de energía muy bajo, por estas razones se ha considerado utilizar PIC para el desarrollo de este proyecto.

Los microcontroladores se clasifican en 3 categorías:

- Gama baja: instrucciones de 12 bits.
- Gama media: instrucciones de 14 bits.
- Gama alta: instrucciones de 16 bit.

El control de temperatura de un baño térmico no es un sistema de control muy robusto y por lo tanto para este proyecto se utilizó un microcontrolador (PIC Microchip® 16f887, IMAGEN 1) de gama media en conjunto con un sensor de temperatura para monitorear y controlar la temperatura dentro del recipiente del baño térmico con el fin de conocer el error de termopares.

MATERIALES Y MÉTODOS

- 1 Microcontrolador PIC 16f887.
- 1 Relevador 5 VDC, 10 A.
- 1 Oscilador externo 20 MHz.
- 1 Fuente de alimentación 5 VDC.
- 1 Sensor de temperatura LM35DZ(IMAGEN 2).
- 1 Teclado matricial 4x4.
- 4 LED's.
- 1 plantilla protoboard.
- 1 bocina 8 ohms.
- 1 display LCD 16x2.
- 4 Capacitores 22 pF.
- 1 Resistencia Variable 10 K.
- 2 transistores BD135.
- 1 programador PICKit 3.
- 2 láminas de unice1 1 m x 0.5 m de 0.02 m de grosor.
- Resistencias (Distintos Valores).

Control digital

El método de control utilizado fue un sistema de control ON-OFF(ver IMAGEN 3), este tipo de control consiste en tener una temperatura de referencia que es a la cual se quiere llegar, cuando el sistema de control detecta que se ha llegado a esta temperatura desactiva el calefactor y cuando el sistema detecta que la temperatura es menor que la de referencia activa de nuevo el calefactor.

El comportamiento se ilustra claramente en la IMAGEN 3.

La estructura del programa para el diseño del sistema de control digital se realizó en el software PIC C COMPILER utilizando el lenguaje de programación C. El desarrollo de este programa se centra en 3 partes fundamentales: leer la temperatura por medio del sensor LM35DZ (IMAGEN 2), poder ingresar las temperaturas deseadas por medio de un teclado (IMAGEN 6) y activar el calefactor (etapa de potencia), en este caso es un foco incandescente de 100 watts.

Sensor LM35DZ: en la parte de programación enfocada a leer la temperatura se hizo uso del convertidor analógico digital del PIC, la diferencia de potencial en mV detectada por el sensor se multiplicó por un factor de conversión para tener el valor de la temperatura en °C, el factor de conversión, en este caso 0.125 depende de que se tienen 10 bits de resolución en el CAD, un voltaje de alimentación de 5 V y la equivalencia del sensor, $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 10\text{ mV}$. Una vez que se conoce la temperatura (valor digital) se almacena en una variable la cual puede ser utilizada y manipulada a lo largo del programa.

Teclado Matricial: El teclado matricial utilizado se muestra en la IMAGEN 4, cabe mencionar que solamente se utilizaron las teclas de 0 – 9, asterisco(*) y gato(#). Para ello, se creó una librería que clasifica las teclas por un número determinado utilizando el convertidor analógico digital del PIC. En la IMAGEN 5 se observa que la conexión del teclado incluye resistencias de distintos valores las cuales sirven para crear divisores de voltaje, cuando el usuario presiona una tecla se crea un lazo cerrado a través del cual circula la corriente creando una caída de tensión que es detectada por el PIC, después este valor de voltaje lo convierte a un número de bits (cada tecla tiene asignado un rango de valores de 0 a 1023).

Etapa de potencia: una vez que se puede leer la temperatura por medio del LM35 e ingresar una temperatura con el teclado es posible activar o desactivar el calefactor de acuerdo a las necesidades del usuario.

Esta parte de la programación consiste en comparaciones, una vez que el usuario ingresa una temperatura por medio del teclado ésta se almacena en una variable y la temperatura registrada por el sensor se guarda en otra variable diferente, cuando la temperatura registrada por el sensor es menor a la temperatura ingresada por el usuario se manda un 1 lógico (5 VDC) a través de un pin del PIC. Cuando el sensor está a una temperatura más alta que la ingresada, manda un 0 lógico (0 VDC) a través del mismo pin.

Para realizar lo anterior, se utilizaron 4LED's como indicadores:

- Calefactor encendido.
- Temperatura alta.
- Temperatura deseada.
- Temperatura baja.

Para que el sistema de control funcionara a una velocidad muy alta se utilizó un oscilador externo de 20 MHz, esto quiere decir que los registros y comparaciones de temperatura los ejecuta más veces por segundo y por lo tanto el sistema de control es más eficiente.

Una vez terminado el programa, en el software PROTEUS 8 PROFESIONAL se realizó la simulación de todos los componentes electrónicos incluyendo la simulación del programa. Después de que se verificó que la simulación del sistema de control funcionó correctamente se programó el PIC utilizando el software PICKIT 3 v3.10 y posteriormente se realizaron las conexiones correspondientes para poder pasar el programa al PIC.

Por último, se realizó la conexión física de todos los componentes electrónicos como se mostró en la IMAGEN 4.

Recipiente del baño térmico

Se fabricó una caja utilizando madera triplay con un espesor de 12 mm, las dimensiones de la base son de 30 cm x 30 cm con una altura de 35 cm. Para evitar fugas de calor, las esquinas interiores de la caja se sellaron con resistol y después se utilizó unicel de 0.02 m de espesor para recubrir todo el interior de la caja. En la IMAGEN 6 se muestra la caja armada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez terminado el baño térmico se procedió a realizar la calibración de un termopar comercial tipo J, éste se conectó a una tarjeta de adquisición de datos para registrar las temperaturas medidas por medio de una interfaz gráfica desarrollada en LabView, la cual genera un archivo *.txt* con las temperaturas registradas por el sensor y se capturaron varias muestras cada 5 segundos durante un tiempo total de 2 minutos para cada muestra.

El termopar se calibró a 4 temperaturas diferentes (22 °C, 30 °C, 35 °C, 40 °C), y por último se obtuvo su gráfica de calibración que se muestra en la IMAGEN 7.

CONCLUSIONES

Las pruebas que se realizaron con el baño térmico fueron muy satisfactorias ya que se logró tener un rango de temperaturas desde la temperatura ambiente hasta 60 °C, lo cual permitió calibrar los sensores a 4 temperaturas diferentes y obtener su error de medición.

Por otra parte, el diseño del recipiente del baño térmico presentó pérdidas muy pequeñas de temperatura, esto ayudó a que el sistema de control no activara y desactivara el calefactor en lapsos de tiempo muy pequeños.

AGRADECIMIENTOS

Externo mis agradecimientos a la Universidad de Guanajuato y Veranos UG por brindarme la oportunidad y apoyo para realizar este proyecto.

Al Dr. José Luis Luviano Ortiz por sus consejos, apoyo y dedicación durante el desarrollo de este proyecto para poder culminarlo satisfactoriamente.

REFERENCIAS:

[1] Valdés Pérez, Fernando E.(2007) Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC. (pp. 14-51) Macrocombo.

IMÁGENES

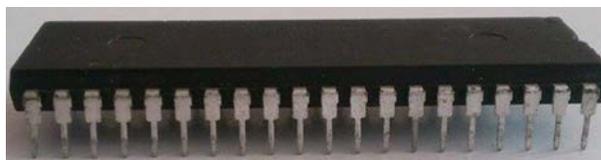


IMAGEN 1: Microcontrolador Microchip®.

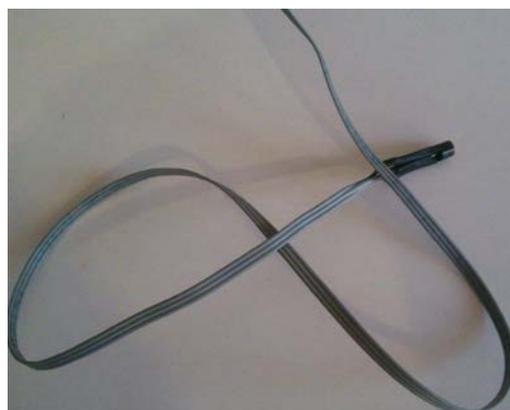


IMAGEN 2: Sensor de temperatura LM35DZ, se puede observar que se le soldó una extensión para poder colocar el sensor dentro del baño térmico.

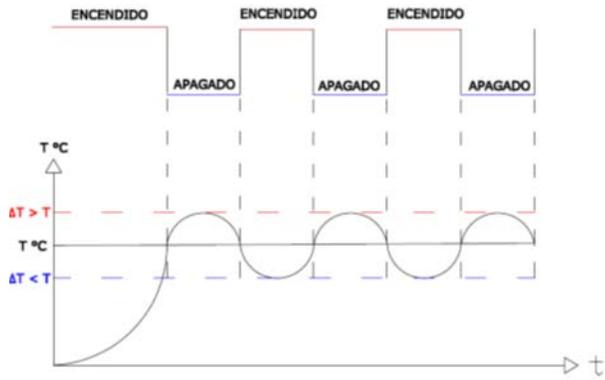


IMAGEN 3: Gráfica del comportamiento del sistema de control ON-OFF.

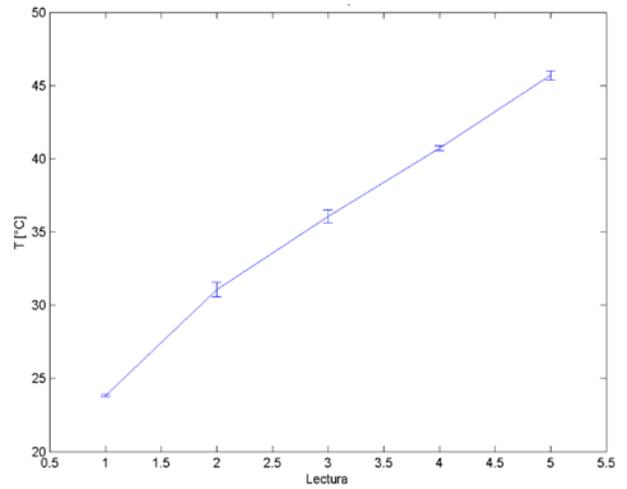


IMAGEN 7: Calibración de un termopar comercial.

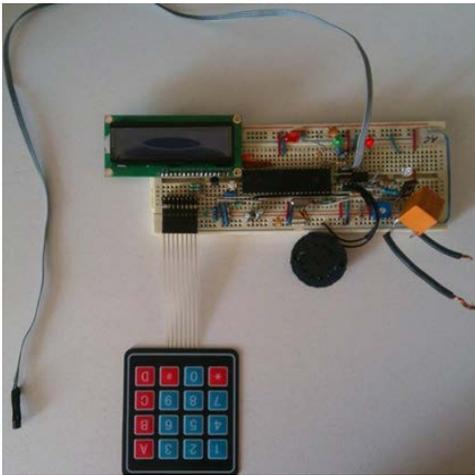


IMAGEN 4: Circuito electrónico.

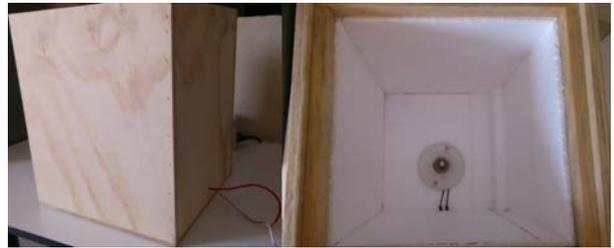


IMAGEN 6: Exterior e interior del baño térmico ya terminado.

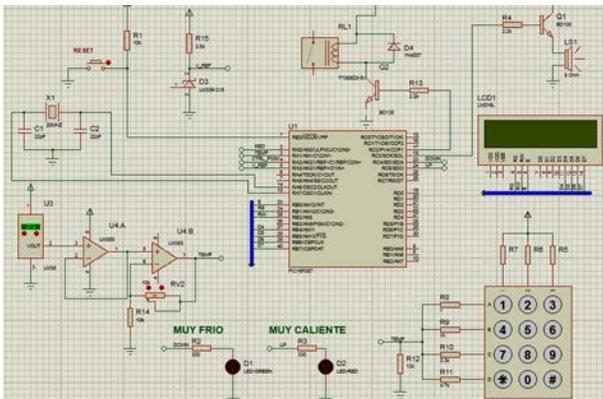


IMAGEN 5: Simulación en PROTEUS 8.