

## CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UNA PC

Cubero O.

*Instituto de Investigaciones Físicas  
Universidad Mayor de San Andrés  
La Paz-Bolivia*

### RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un termostato que es capaz de mantener la temperatura de un baño dentro de un rango de  $1^{\circ}\text{C}$ . La hornilla de calentamiento es controlada por una PC, que es retroalimentada por un termopar a través del puerto paralelo.

### 1. INTRODUCCIÓN

En el trabajo diario de un laboratorio se requiere a veces tener control sobre la temperatura de un determinado medio, como ocurre en el caso de cultivos de diferentes organismos vivos y otras técnicas usadas en microbiología, en el revelado de ciertas emulsiones, o también en la deposición de películas delgadas, pues para que ésta se “adhiera” al substrato es necesario mantener su temperatura dentro de un rango conveniente.

En las siguientes secciones se presenta el esquema general del circuito para a continuación pasar a describir cada una de sus partes: termopar, circuito amplificador y circuito de control de potencia. También se hacen algunos breves comentarios sobre la rutina de control y la resolución. Finalmente se presentan dos gráficas cuyos datos han sido obtenidos por el sistema de control desarrollado.

### 2. ESQUEMA GENERAL

El esquema general del termostato se presenta en la figura 1. Un termopar se encarga de tomar la temperatura del medio de trabajo (baño), y su señal analógica, tras ser amplificada, es convertida mediante el conversor analógico-digital (ADC) en un byte que es introducido en la PC a través de su puerto paralelo[1].

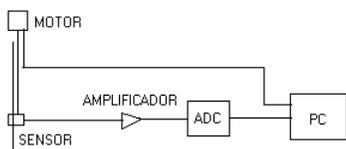


Figura 1. Diagrama de bloques del controlador de temperatura.

A continuación, y dependiendo de la temperatura del baño, el computador manda una señal al controlador de potencia para encender o apagar la hornilla. Todo este ciclo es manejado mediante un sencillo programa en C,

de forma que podemos especificar la temperatura a la que queremos que el baño se estabilice.

En los siguientes apartados explicaremos con más detalle la función que cumple cada una de las partes: termopar, circuito amplificador y circuito de control de potencia.

### 3. TERMOPARES

Un termopar es un sensor de temperatura termoelectrónico cuyo funcionamiento se basa en el efecto Seebeck. Este efecto consiste en la generación de fem cuando se ponen en contacto dos conductores metálicos y sus uniones se mantienen a diferente temperatura; cuanto mayor es la diferencia de temperatura, mayor es la fem térmica que se genera; su magnitud depende también de los materiales con los que están fabricados ambos hilos del termopar.

La American National Standard (ANSI) MC96.1 establece las designaciones para termopares, hilo de termopar, así como normas recomendadas para su fabricación; este estándar, Temperature Measurement Thermocouples, está apoyado y publicado por la Instrument Society of America (ISA). En la siguiente tabla[2] se muestran tipos estándares de hilos de termopar.

Designación	Temp. Máx. <sup>a</sup> ( $^{\circ}\text{C}$ )
T <sup>b</sup>	200
J <sup>c</sup>	370
E <sup>d</sup>	430
K <sup>e</sup>	870
S <sup>f</sup>	1480
R <sup>g</sup>	1480
B <sup>h</sup>	1700

<sup>a</sup> Para cable No. 24 AWG (0.51 mm)

<sup>b</sup> Cobre-Constantan (55% Cu, 45 % Ni).

<sup>c</sup> Hierro (99.9% de pureza)-Constantan.

<sup>d</sup> Chromel (90% Ni, 10% Cr)-Constantan.

<sup>e</sup> Chromel-Alumel (95% Ni, 2% Al, 2% Mn, 1% Si).

<sup>f</sup> Pt (90%)/Rh-Platino

<sup>g</sup> Pt(87%)/Rh-Platino

<sup>h</sup> Pt(70%)/Rh-Pt(94%)

Las tablas de referencia que muestran la fem generada por los termopares estándar, dentro de su rango de temperaturas aplicable, han sido publicadas por el National Bureau of Standards y actualizadas tras la revisión del International Practical Temperature Scale IPTS-68.

En este trabajo se ha usado un termopar tipo K. Como todas las tablas para termopares, las fems corresponden al caso en el que una de las uniones (referencia) está a  $0^{\circ}\text{C}$ . Si la temperatura de referencia es otra distinta habrá que sumar el voltaje correspondiente que aparece en la tabla al medido en el termopar, y este voltaje total corresponderá, según la tabla, a la temperatura real de la unión con la que estamos trabajando.

#### 4. CIRCUITO AMPLIFICADOR

Debido al pequeño voltaje y gran sensibilidad de la señal que entrega el termopar es necesario amplificar ésta antes de introducirla al ADC. A modo de ejemplo se tiene, para un termopar de tipo K y cuando la unión de referencia está a  $0^{\circ}\text{C}$  y la unión de trabajo a  $25^{\circ}\text{C}$ , una fem de 1.000 mV (un milivoltio), voltaje que va aumentando a razón de tan solo  $40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ .

El amplificador que se ha usado es el LM725[3], este es un operacional de bajo ruido (corriente de entrada de offset 2 nA, voltaje de entrada de offset 0.5 mV sin ajuste externo), y baja deriva con la temperatura (deriva del voltaje de entrada  $0.6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ). Como dice su hoja de características está especialmente diseñado para aplicaciones instrumentales donde se manejen bajos niveles de voltaje y pequeñas corrientes.

En la figura 2 se muestra como se ha polarizado el amplificador operacional, la ganancia es de un factor 100 (100K/1K) y su salida es no inversora. Debido a que las resistencias no son exactas, y a que tienen deriva respecto de la temperatura, este factor puede variar ligeramente.

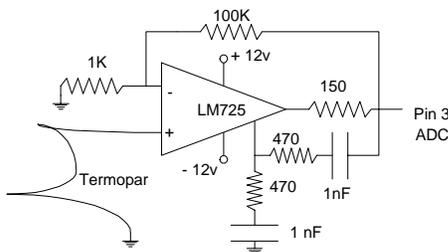


Figura 2. Amplificador no inversor 100x.

#### 5. CIRCUITO DE CONTROL DE POTENCIA

Por último necesitamos “decirle” a la hornilla que se apague o encienda según algún criterio que veamos conveniente. Para esto usaremos básicamente un Triac, que funciona como un interruptor, solo que su encendido-apagado, en lugar de hacerse de forma mecánica, se hace mediante corriente. Su característica principal es que puede manejar una gran corriente, pero siendo ésta controlada por una pequeña corriente ( $\approx 10\text{ mA}$ ). El Triac utilizado en el circuito es el BT137[4] que puede conducir hasta 8 A con una diferencia de potencial de 600 V. Para dispararlo, y con la finalidad de proteger el puerto de la computadora de un posible cortocircuito en el Triac, se ha optado por aislar ópticamente a ambos; para ello se ha elegido el MOC3041[5], que consiste en un diodo infrarrojo acoplado a un detector de silicio que dispara a su vez un triac interno justo cuando la señal de alterna pasa por cero. En la figura 3 se muestra el circuito para el control de potencia. El inversor 7404 se ha usado para hacer más legible el programa de software, ya que el pin 1 del puerto paralelo tiene salida inversora.

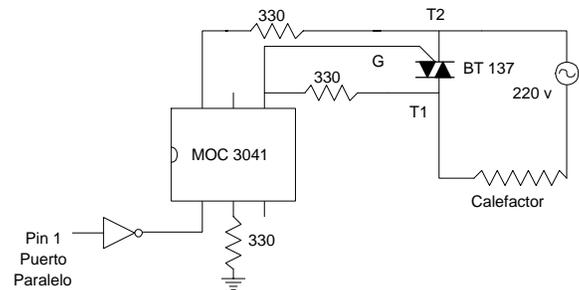


Figura 3. Circuito de control de potencia

#### 6. RESOLUCIÓN

Veamos ahora como se va “transmitiendo” la señal y con que resolución llega al computador. Supongamos que la unión de referencia está a  $0^{\circ}\text{C}$  y la otra unión se encuentra a  $25^{\circ}\text{C}$ , pues bien, según la tabla tendremos a la salida del termopar 1.000 mV, y por lo tanto, a la salida del amplificador tendremos, si somos lo suficientemente cuidadosos, 0.1 v. El ADC está alimentado en su pin 9 por un voltaje de referencia, suministrado por un LM10, de 200 mV, por lo que la resolución del ADC es de  $400/256\text{ mV}$ , es decir, 1.56 mV. Volvamos entonces hacia atrás haciéndonos la siguiente pregunta, ¿si en el computador tenemos 0.1 v, cuál es la temperatura del baño? Esos 0.1 v representan, antes del ADC, cualquier voltaje comprendido en  $100 \pm 0.78\text{ mV}$ ; suponiendo como antes que el factor de amplificación del operacional es 100 tendremos que el voltaje correspondiente en el termopar es de  $1\text{ mV} \pm 7.8\mu\text{V}$ . Por lo tanto el error que introduce el ADC es de  $0.2^{\circ}\text{C}$  (el factor de escala del termopar es de  $40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ). Todo el error puede venir

entonces del amplificador operacional, pero esto siempre se puede solucionar midiendo directamente el factor de amplificación, siempre que este no cambie en el lapso de tiempo en que necesitemos estabilizar la temperatura de nuestro baño de trabajo.

## 7. SOFTWARE DE CONTROL

El control de todo el circuito se realiza básicamente con el mismo programa presentado en [1], pero esta vez se introduce una rutina que decide apagar la hornilla cuando estamos por encima de la Temperatura de trabajo ( $T_t$ ), o cuando estamos  $\Delta T$  grados centígrados por debajo de la  $T_t$  y la temperatura del medio dada por el termopar esta subiendo; la rutina enciende la hornilla cuando estamos  $\Delta T$  grados centígrados por debajo de la  $T_t$  y la temperatura del medio dada por el termopar esta bajando; en cualquier otra situación enciende la hornilla. El encendido o apagado se hace mandando un 1 lógico (5 voltios) ó un 0 lógico (0 voltios) a través del pin 1 del puerto paralelo. El programa necesita como parámetros  $T_t$ ,  $\Delta T$ , y el tiempo que dura el encendido o el apagado.

## 8. DOS EJEMPLOS

A continuación mostramos los datos obtenidos mediante este sistema de control de temperatura. El baño consistió en un vaso de agua, y el elemento calefactor fue una hornilla. La unión de referencia del termopar se dejó a temperatura ambiente, y la otra se introdujo en el baño junto con un termómetro, para asegurarnos del grado de estabilidad logrado por el sistema. Los resultados se muestran en las figuras 4 y 5.

## 9. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un sistema que es capaz de mantener la temperatura de un baño dentro de un margen de  $1^\circ\text{C}$ . Debido a que todos los componentes utilizados son estándar, y que se pueden conseguir fácilmente en el mercado local, su costo es muy económico ( $\sim 22\$$ ). Y no sólo eso, sino que puede ser modificado y ampliado a futuro, o incorporarlo a otros sistemas de control que dependan para su funcionamiento del parámetro temperatura.

Esta es la principal ventaja que representa abordar el problema tecnológico desde sus bases, conocimiento y versatilidad, y por lo tanto, bajos costos económicos y cierto grado de autonomía.

## REFERENCIAS

- [1] Oscar Cubero, 2001. *Adquisición de datos a través del puerto paralelo de una PC: aplicación a un espectrofotómetro*. Número .... Revista Boliviana de Física.
- [2] Harry N. Norton, 1995. *Sensores y analizadores*. Ed. Gustavo Gilli, S.A., Barcelona.

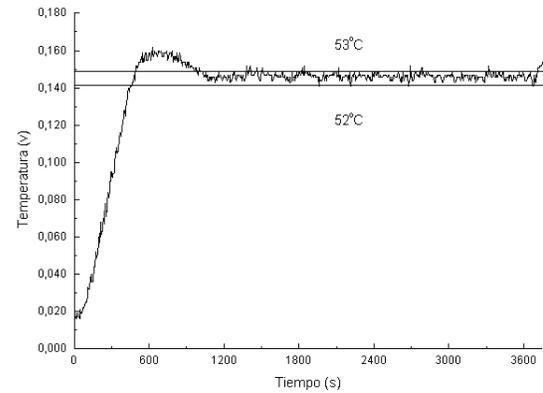


Figura 4. La estabilidad se alcanza en unos 20 minutos, manteniéndose la temperatura del baño dentro de un margen de  $1^\circ\text{C}$

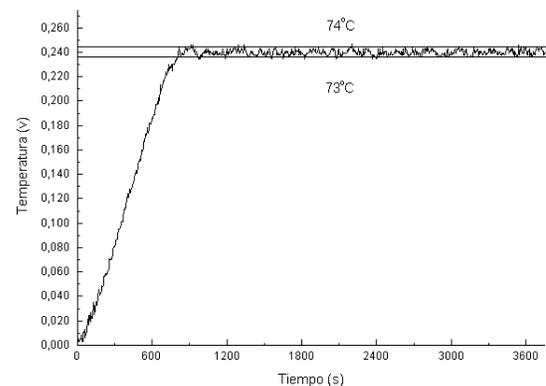


Figura 5. La estabilidad se alcanza en unos 15 minutos, manteniéndose la temperatura del baño dentro de un margen de  $1^\circ\text{C}$

[3] [www.national.com](http://www.national.com)

[4] [www.semiconductor.philips.com](http://www.semiconductor.philips.com)

[5] [www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)