

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA UTILIZANDO UN TERMOPAR TIPO K

*Juan Antonio Jaramillo Gómez**

*Luis Guillermo Venegas Pineda**

Instituto Politécnico Nacional

UPIITA

jantonioj@yahoo.com, jjaramillo@ipn.mx, Ext. 56850

luisguillermovp@gmail.com

Resumen

En este documento se presenta el diseño y simulación de un sistema de medición de temperatura utilizando un termopar tipo K, un AD595 como acondicionador de señal, un microcontrolador PIC18F4550 y una LCD para el despliegue de la información medida.

Abstract

In this document is presented the design and simulation of a temperature measurement system using a thermocouple type K, an AD595 as signal conditioner, a microcontroller PIC18F4550 and a LCD used to display the data measured.

Introducción

En el mundo de la industria muchos procesos que son requeridos para el desarrollo de productos necesitan una temperatura específica para obtener los resultados deseados.

Existen muchos tipos de sensores térmicos, cada uno presenta ventajas y desventajas, sin embargo, uno de los más utilizados en la actualidad es el termopar dada su alta resistencia, buena respuesta y bajo coste.

Los termopares son sensores para medir temperatura. Se componen de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Pertenecen a un grupo especial de sensores conocidos como sensores generadores, los cuales son capaces de entregar una respuesta o señal eléctrica a partir de la magnitud que miden sin la necesidad de contar con una alimentación adicional o externa.

Los termopares operan bajo dos efectos físicos reversibles, el efecto Peltier y el efecto Thompson. (OMEGA, 2015)

Efecto Peltier

Consiste en el calentamiento o enfriamiento de una unión entre dos metales diferentes cuando son expuestos al flujo de corriente eléctrica (ver Figura 1). Es muy parecido al efecto Joule, sin embargo el efecto Peltier puede cambiar su dirección ya que su relación utiliza la magnitud de la corriente y no su cuadrado.

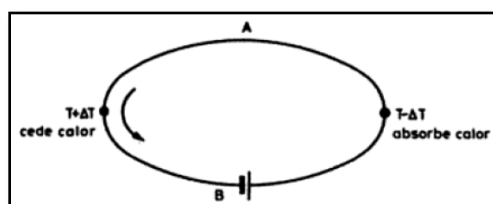


Figura 1: Ilustración del efecto Peltier (Pallás Areny, 2003).

El efecto Peltier es reversible y puede tomar cualquier sentido, es decir, si se aplica calor en un extremo la corriente circulará en un sentido, sin embargo, si se cambia el extremo de aplicación de calor el sentido de la corriente también cambiará, independientemente de la forma y dimensiones de los conductores.

(Burgos García, 2013)

Efecto Thompson

Se trata de un efecto que consiste en la liberación o absorción de calor por un conductor homogéneo con temperatura no homogénea por el cual circula una corriente.

De forma resumida, se absorbe calor si la corriente y el calor fluyen en direcciones opuestas, de lo contrario se libera calor.

(Cachafeiro, 2009)

Tipos de termopares

Para un correcto diseño de termopar se requieren cubrir ciertas características en la unión de ambos materiales, como son una alta resistencia, sin la necesidad de un cuerpo de grandes dimensiones, un coeficiente de temperatura débil en la resistividad, resistencia a la oxidación y corrosión, así como alta linealidad.

Para proteger al sensor del medio ambiente, generalmente se emplea una vaina, normalmente de acero inoxidable (ver Figura 2). Dicha vaina puede causar errores en la velocidad y calidad de la medición del sensor.



Figura 2: Ejemplo de termopar con recubrimiento (Mecánica Cairó, 2015).

A continuación se presentan algunos tipos de termopares y sus características:

- Tipo T: Se trata de una aleación Cobre - Constantán; formados por un alambre de cobre como conductor positivo y una aleación de 60% de cobre y 40% de níquel como elemento conductor negativo. Su costo es reducido y tiene un rango de 0° a cerca de 400° C.
- Tipo J: Aleación Hierro - Constantán. Mide temperaturas superiores al tipo T, cerca de los 700° C, ya que el hierro empieza a oxidarse a esa temperatura. Su costo es muy reducido y es uno de los más utilizados en el mercado.
- Tipo K: Aleación Chromel - Alumel. Es una aleación de 90% níquel y 10% de cromo, Chromel, para la aleación positiva y un compuesto de 94% níquel, 2% aluminio, 3% de manganeso y 1% silicio, Alumel, para el negativo. Llega a medir temperaturas cerca de los 1200° C, el único limitante es su precio, ya que es más elevado que los casos anteriores.
- Tipo R: Aleación Platino Rodio - Platino. Se forma con un alambre de platino como conductor negativo y una aleación de 87% de platino con 13% de rodio. Logran medir hasta 1500° C y son altamente delicados.

- Tipo S: La aleación es la misma que en el caso de los termopares tipo R, sin embargo los porcentajes son distintos. El conductor positivo es una aleación de 90% de platino y 10% de rodio, mientras que el conductor negativo es un alambre de platino. Su límite se encuentra a los 1000° C, ya que después se comienza a tener ruido en las mediciones.

(Madrid, 2004)

Desarrollo

Para poder implementar un sistema de medición de temperatura es necesario conocer el valor máximo de la misma para determinar qué tipo de termopar utilizar.

En el presente trabajo se requiere medir temperaturas cerca de los 1200°C, por lo que se ha seleccionado un termopar tipo K, el cual tiene un rango de -50° a 1275°C.

En primer lugar se requiere un acondicionamiento de la señal entregada por el termopar, para ello se usará un AD595A, el cual consiste en un amplificador de instrumentación y compensador de termopar con unión fría (ver Figura 3). El acondicionador cuenta con diferentes ventajas, entre ellas que tiene un error de ± 1 °C y una salida de 10 mV/°C. (ANALOG DEVICES, 1999)

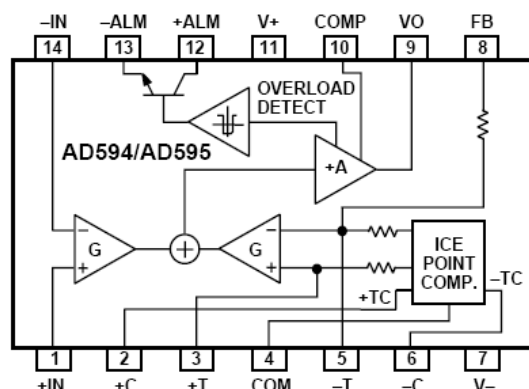


Figura 3: Diagrama funcional de bloques de circuito AD595A (ANALOG DEVICES, 1999).

Una vez que se tiene la señal acondicionada se procede a leer dicho valor analógico a través de uno de los ADC con los que cuenta el microcontrolador y posteriormente se realiza la escritura de datos en la LCD, lo anterior se programará utilizando el software PIC C Compiler®. Cabe destacar que el microcontrolador solo puede soportar 5V como valor máximo en sus terminales, por lo que es necesario realizar

el divisor de tensión R1 (33k Ω) | R2 (8.25k Ω) (ver Figura 4) y posteriormente hacer un ajuste por programación.

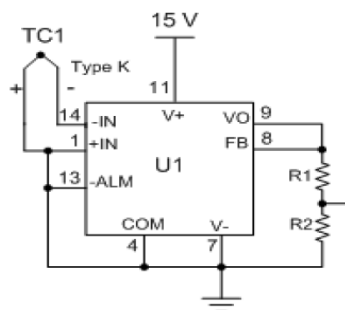


Figura 4: Circuito esquemático de AD595A con divisor de tensión para lectura de datos con el microcontrolador PIC18F4550.

A continuación se presenta el código empleado para la programación del microcontrolador.

/*Lectura de datos entregados por acondicionador AD595A de termopar tipo k, el cual tiene un rango de operación desde -50°C a 1250°C, entregando un nivel de tensión entre 0 a 5V. La lectura de datos se hace a través de un conversor analógico-digital. La conversión de datos y su despliegue en la LCD es controlado por el microcontrolador PIC18F4550.*/

```
#include <18F4550.h> //Librería PIC18F4550
#device adc=10 //Número de bits del conversor
#FUSES XT, NOWDT //Operación con Oscilador externo y sin WatchDog
#use Delay (clock=4M) //Oscilador a 4MHz
#include <lcd.c> //Librería para LCD

void main(){
    int16 Dato; //Variable para lectura de dato en ADC
    float Voltaje; //Variable para conversión a voltaje
    float Temperatura; //Variable para conversión a Temperatura
    setup_adc_ports(AN0); //Iniciación de ADC en puerto AN0
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); //Operación ADC oscilador interno
    lcd_init(); //Iniciación de LCD
    while(TRUE){ //Bucle infinito
        set_adc_channel(0); //Configuración del canal para ADC
```

```

delay_us(20);                                     //Retardo en operación

Dato = read_adc();                                 //Lectura de dato en ADC

Voltaje = 15.0*Dato/1024;                          //Conversión de Dato a Voltaje (Vss = 15V)

Temperatura = Voltaje*100;                         //Conversión de Voltaje a Temperatura con
                                                    relación 10mV/°C

printf(lcd_putc, "\fVoltage = %01.2fV", Voltaje);  //Despliegue de información del
                                                    Voltaje en LCD

printf(lcd_putc, "\nTemp = %fC", Temperatura);    //Despliegue de información de la
                                                    Temperatura en LCD

delay_ms(100);                                    //Retardo de operación

}

}

```

En las siguientes imágenes (ver Figuras 5, 6 y 7) se puede apreciar la simulación del código empleado.

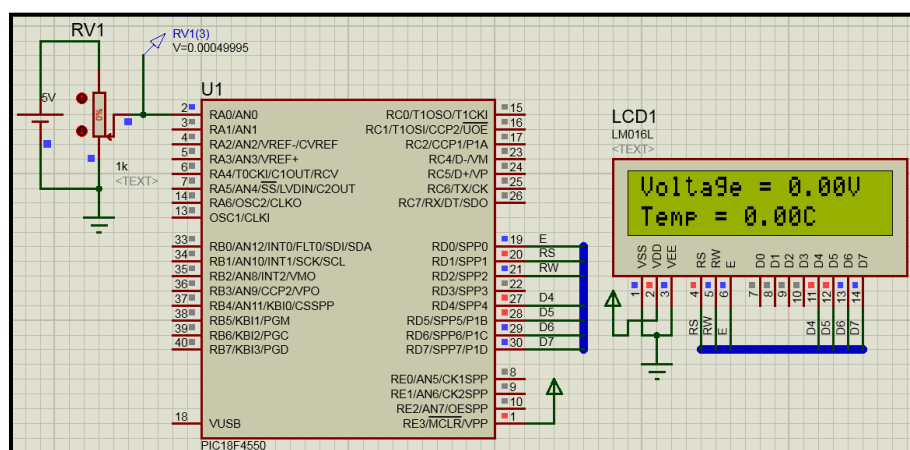


Figura 5: Simulación de circuito, voltaje de lectura en ADC = 0 V, Temperatura = 0 °C.

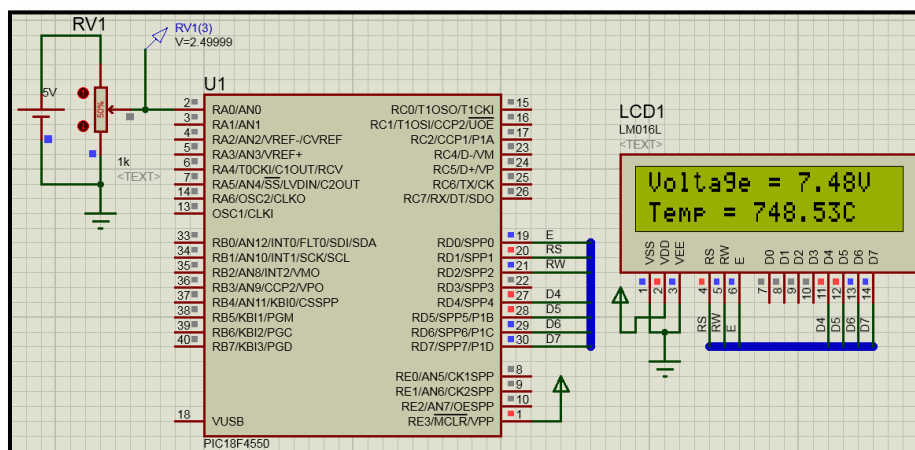


Figura 6: Simulación de circuito, voltaje de lectura en ADC = 2.49V, Temperatura = 748.53°C

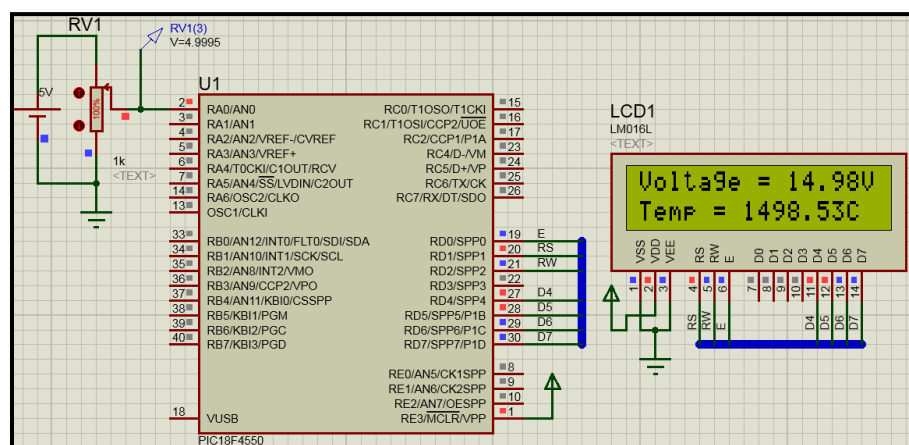


Figura 7: Simulación de circuito, voltaje de lectura en ADC = 4.99V, Temperatura = 1498.53°C.

Conclusiones

Los termopares presentan varias ventajas y son de los sensores más populares para medir temperaturas a pesar de sus limitaciones. Tienen una buena fiabilidad y estabilidad aceptable. Cuentan con respuestas rápidas y sobre todo no requieren de una alimentación externa para operar, por lo que no presentan errores por auto calentamiento o ruido inducido. Finalmente, poseen robustez, simplicidad y flexibilidad de manejo e implementación, lo que los convierte en sensores altamente recomendables.

Se desarrolló el sistema de medición de temperatura utilizando un microcontrolador PIC18F4550, programado con el software PIC C Compiler®, y un termopar, sin embargo, a partir del código y las consideraciones realizadas se puede tener la idea básica para el desarrollo de cualquier sistema de medición basado en un sensor, un

microcontrolador y una LCD ya que una gran gama de sensores entregan medidas de voltaje analógicas.

Referencias

ANALOG DEVICES. (1999). Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation. Norwood, U.S.A.

Burgos García, V. (2013, mayo 1). *Ohmios*. Retrieved from Ohmios:
<http://ohmios.es/2013/05/01/efecto-peltier/>

Cachafeiro. (2009, abril 7). *tcofisica*. Retrieved from tcofisica:
<http://tcofisica.blogspot.com/>

Madrid, U. A. (2004, junio 23). *UAM - Laboratorio virtual de física de materiales*. Retrieved from UAM - Laboratorio virtual de física de materiales.:
<https://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/Anexo/termopar2.htm>

Mecánica Cairó. (2015). *Mecánica Cairó Aplitex*. Retrieved from Mecánica Cairó Aplitex:
<http://www.mcairoaplitex.com/portfolio/termopares/>

OMEGA. (2015, diciembre 21). *OMEGA*. Retrieved from OMEGA:
<http://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>

Pallás Areny, R. (2003). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Barcelona, España: Marcombo.