

Diseño y Construcción de un Transmisor de Temperatura Basado en Interfaz Digital Directa

Córdoba Antonio y Custodio Angel

UNEXPO-Puerto Ordaz Centro Instrumentación y Control, Puerto Ordaz, Venezuela, cicunexpo@gmail.com

RESUMEN

La interfaz existente entre sensores y microcontroladores en transmisores de temperatura normalmente requieren de circuitería analógica convencional y muchas veces de un diseño complejo que aumentan su costo y tamaño, con el fin de aportar acondicionamiento a las variables de medición. Por la necesidad de simplificar y optimizar esta interfaz se propone el diseño y construcción de un transmisor de temperatura basado en interfaz digital directa con salida analógica para control de proceso y visualización de datos. Los datos generados de forma aleatoria desde sensores (Pt100 y termistor) de temperatura seleccionables son procesados por una Interfaz Digital Directa y enviados directamente al microprocesador sin necesidad de usar amplificadores, ni filtros, ni convertidores A/D. De esta forma el circuito se reduce significativamente tanto en diseño como en costo. El error obtenido fue inferior al 1 % en todo el margen.

Palabras claves: Interfaz Directa, Sensor, Temperatura, Transmisor

ABSTRACT

The interface between sensors and temperature transmitters microcontrollers normally require conventional analog circuitry and often of a complex design that increase their cost and size, to provide packaging to the measurement variables. On the need to simplify and optimize this interface is proposed the design and construction of a temperature transmitter based on direct digital interface with analog output for process control and data visualization. The randomly generated data from sensors (Pt100 and Thermistor) selectable temperature are processed by a Direct Digital Interface and sent directly to the microprocessor without the need for amplifiers or filters, or A / D converters In this way the circuit is significantly reduced in both design and cost. The error obtained was less than 1% across the margin.

Keywords: Direct Interface, Sensor, Temperature, Transmitter

1. INTRODUCCIÓN

Un transmisor industrial está formado tradicionalmente por un circuito electrónico mediante el cual se adquiere la señal del proceso y, posteriormente, se procede a realizar un acondicionamiento utilizando amplificadores, filtros y convertidores de señales, lo cual incrementa el costo de diseño y fabricación de estos dispositivos. Para reducir los costos se desarrollan sistemas de medición basados en interfaz digital directa, mediante el cual, la señal proveniente de un sensor es convertida directamente en digital para su procesamiento digital en un microcontrolador.

Custodio (Custodio et Al., 2001) desarrolló un método de diseño de interfaz digital directa para diversos sensores resistivos, inductivos y capacitivos. Mas tarde (Custodio, 2006a) presentó un método para conectar sensores generadores a microcontroladores usando esta técnica. También presentó, posteriormente el diseño de una interfaz para sensores resistivos (Custodio, 2006b).

En este marco de desarrolló se presenta la Interfaz Universal para Sensores desarrollada por la empresa Smartec la cual integraba en un chip un circuito basado en la interfaz digital directa para diversos tipos de sensores. Torres

(Torres y Custodio, 2006) presentan una interfaz para diversos sensores resistivos basados en esa tecnología. Balza (Balza, Custodio, 2006) presentan otra interfaz con este dispositivo pero para sensores infrarrojos para medir temperatura.

El procedimiento empleado en estas dos últimas investigaciones será tomado como base para el desarrollo del presente trabajo. Ahora el sistema se especializará para sensores resistivos tipo termistor y termorresistencia, con capacidad de escalamiento, ajuste del margen de medición, ajuste de errores de cero y ganancia, y salida en corriente estandarizada de 4 mA a 20 mA.

Para ello se usará como metodología el diseño en bloques del instrumento a fabricar. Luego se irán implementando cada una de las etapas. Finalmente se programará el microcontrolador con las rutinas necesarias para darle las características impuestas al diseño.

2. DISEÑO

El transmisor de temperatura posee: 2 pines de entrada destinados a la conexión del sensor que se vaya a utilizar en una configuración a 2 hilos; 6 pines de entradas puenteadas a través de jumpers cuya configuración determina el sensor a utilizar que puede ser una RTD-PT100 o un termistor NTC de 10k. Las otras 2 entradas corresponden a la alimentación del transmisor que puede variar entre (15-30)V y por último se tienen 2 salidas de corriente variable de (4-20)mA, el valor de la corriente corresponde a la magnitud de la señal que se está midiendo con respecto a unos límites de medición previamente configurable por el usuario y dispuesta para la interconexión con dispositivos destinados al monitoreo de señales analógicas como los PLC. Además el transmisor posee una pantalla LCD que permite la visualización y configuración de los parámetros de medición. Este sistema se puede apreciar de forma general en la figura 1.

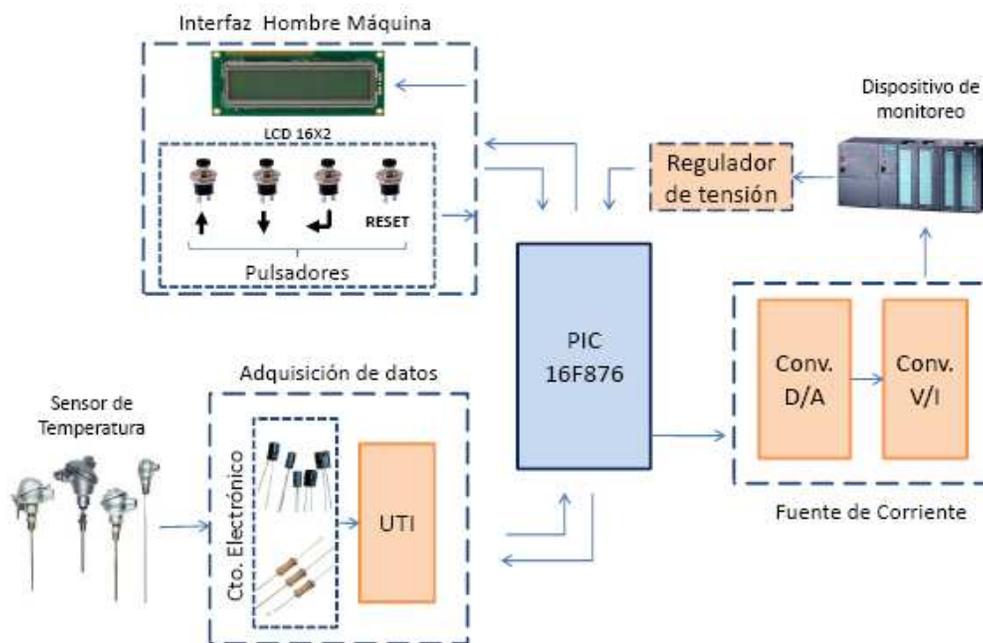


Figura 1: Diagrama de bloques del transmisor de temperatura

Se diseñó el transmisor de temperatura de forma tal que permitiera la conexión de PT-100 y Termistores NTC de 10K como dispositivos de sensado de temperatura. Para la selección del PIC se tomó en cuenta la frecuencia

interna, el tamaño de la memoria de datos, el número de módulos ccp, los timers disponibles y el número de puertos de I/O; siendo seleccionado el PIC16f876. El circuito electrónico que conforma el transmisor de temperatura se divide básicamente en 4 etapas. La primera etapa es de adquisición de la señal proveniente del sensor y realizada través de la UTI. El procesamiento de datos y la interfaz con el usuario son llevadas a cabo por el microprocesador en una segunda etapa. En la tercera se genera la señal de corriente correspondiente al valor de temperatura. Y por último se encuentra la fuente de alimentación en una cuarta etapa. En la figura 2 se muestra el diagrama electrónico completo del transmisor.

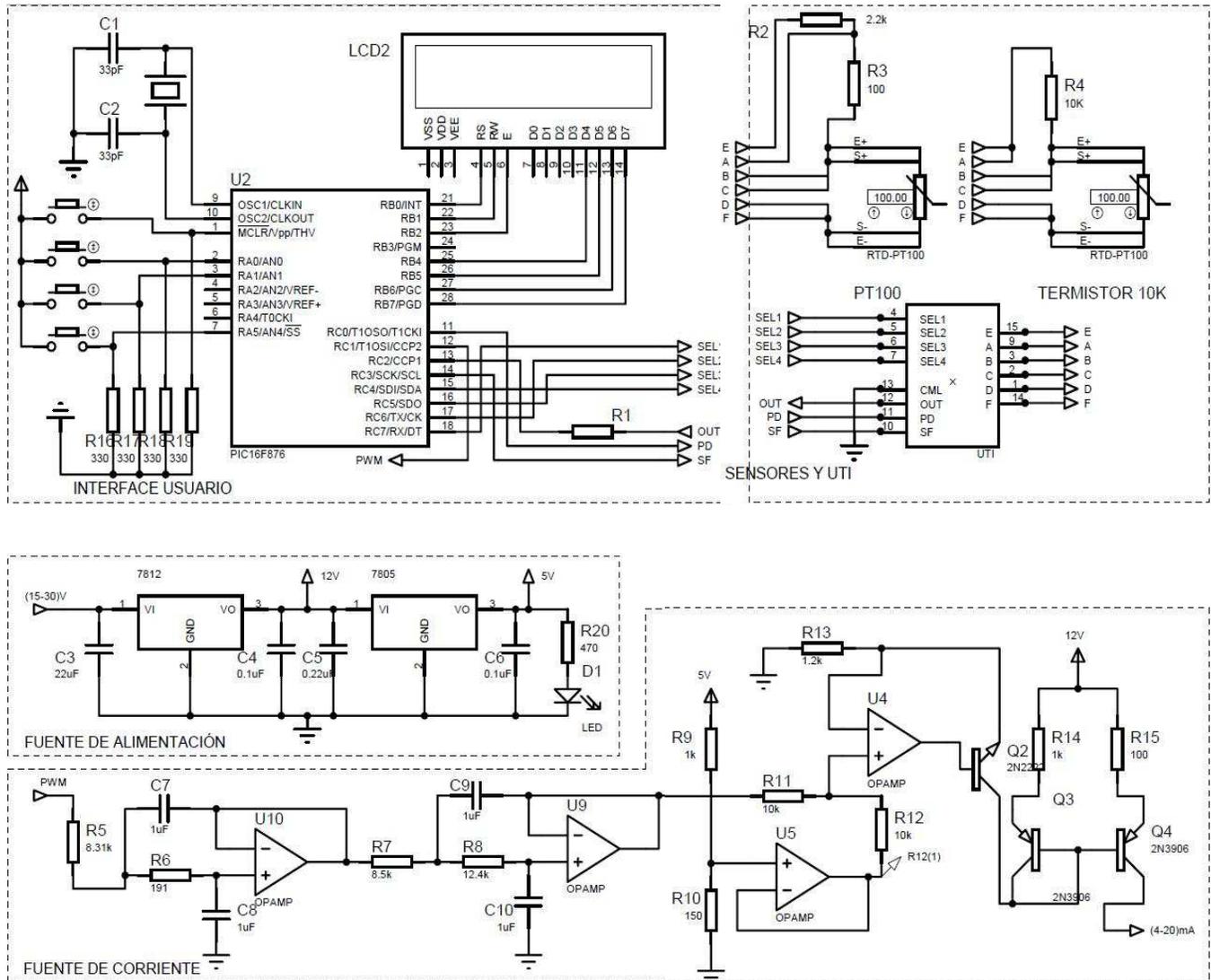


Figura 2: Diagrama eléctrico del hardware

El proceso de adquisición de la señal proveniente del sensor es realizado a través de la UTI el cual consta de 16 pines: 6 de ellos son A, B, C, D, E y F dedicados a la conexión del sensor con su configuración específica; los pines sel1, sel2, sel3 y sel4 poseen una determinada configuración lógica que asigna el microcontrolador para establecer el modo de funcionamiento que corresponde para cada sensor; los pines OUT, SF y PD se utilizan para hacer el envío del valor de medición hacia el microcontrolador en forma de una PWM constituida por 3 periodos distintos, para establecer la velocidad de transmisión de datos y habilitar el funcionamiento de la UTI respectivamente.

En el caso particular del diseño del transmisor de temperatura se seleccionó los modos de funcionamiento 5 y 6 correspondientes a la PT100 y el termistor de 10kΩ mediante la escritura del mismo número en binario en los pines selectores. Las resistencias de 100Ω y 10kΩ representan las resistencias de referencia de cada sensor, y la resistencia de 2,2kΩ se utiliza para fijar la corriente que atraviesa la PT-100 de aproximadamente 2mA y es sugerida por el mismo fabricante. El procesamiento digital de los datos proveniente desde la UTI es realizado por el PIC 16f876.

Una vez realizado el procesamiento digital de los datos con sus respectivos cálculos algorítmicos explicados con más detalle en la descripción del software que se dará más adelante, se obtiene del PIC una señal de salida que corresponde al valor de temperatura ajustado a un margen de medición, offset y ganancia. Esta señal es generada usando el módulo CCP (Compare Capture Pulse) en Modo PWM (Pulse Width Modulation o modulación de ancho de pulso) presente en el pin RC1. Esta última conexión crea el enlace con la tercera etapa y es la base para la obtención de la señal de corriente que se desea generar. Esta tercera etapa es una fuente de corriente que se encarga de tomar la señal proveniente del PIC en formato PWM (ya que no hay convertidor D/A) y llevarlo a tensión, y luego, convertirla en una corriente de 4 mA a 20 mA. La última etapa es una fuente de tensión de alimentación.

En la figura 3, 4 y 5 se muestran los diagramas de flujo del software programado en el PIC.

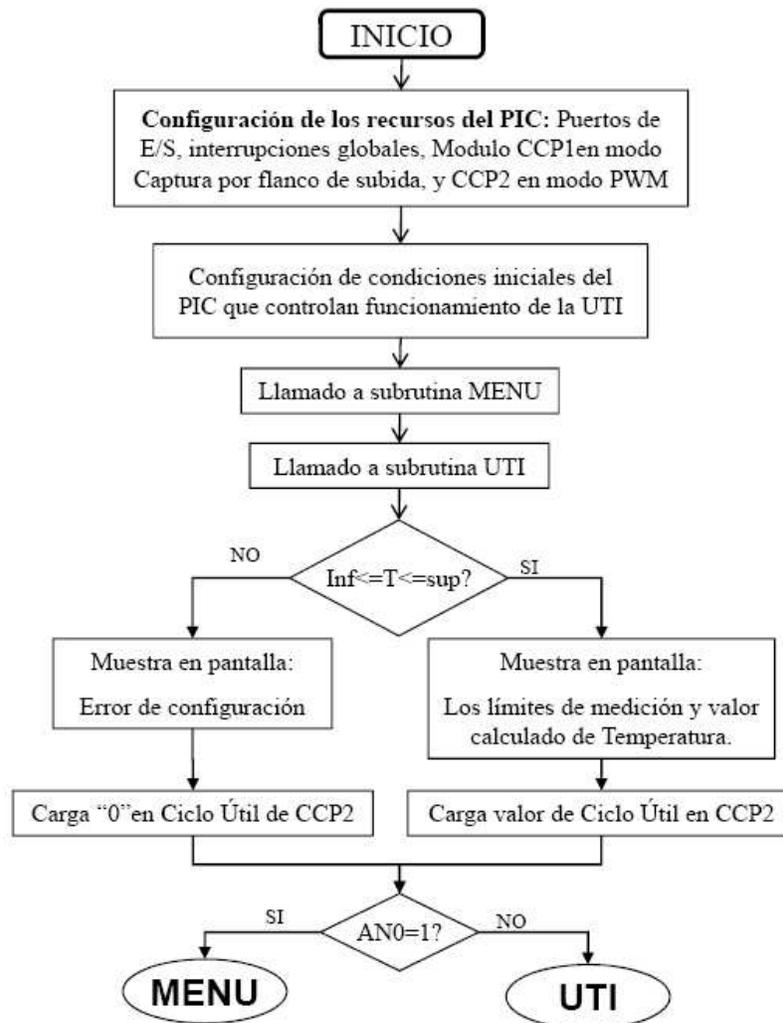


Figura 3: Diagrama de flujo del programa principal

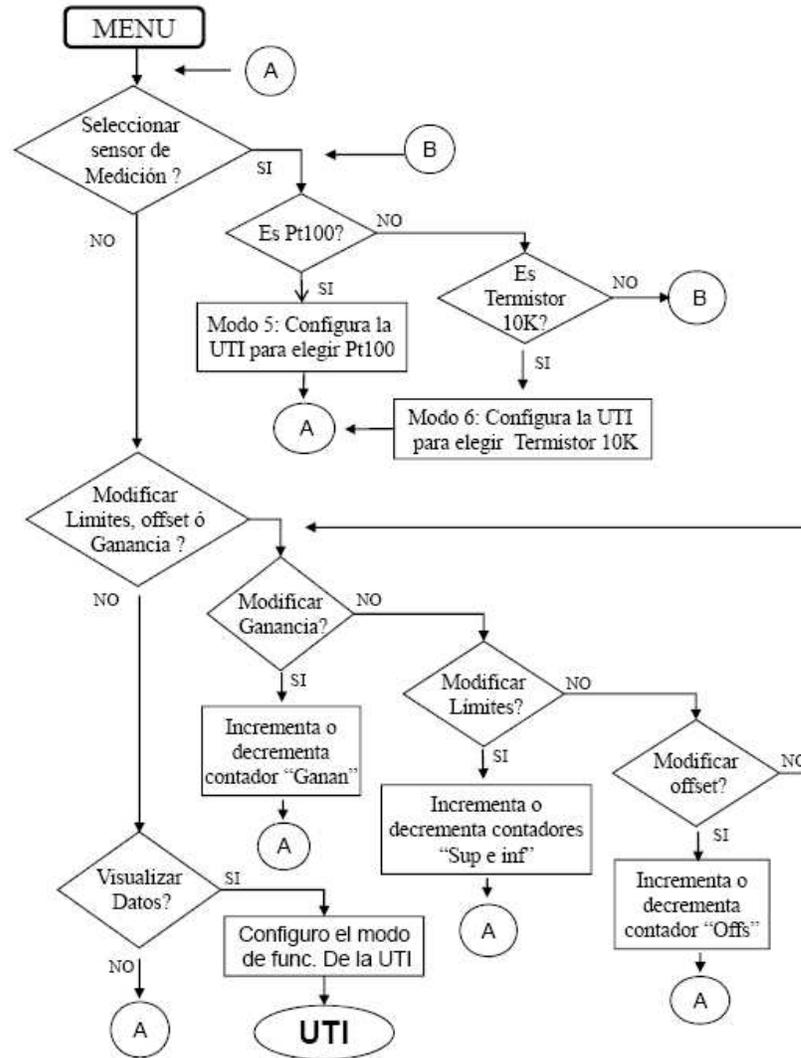


Figura 4: Diagrama de flujo de la subrutina MENU

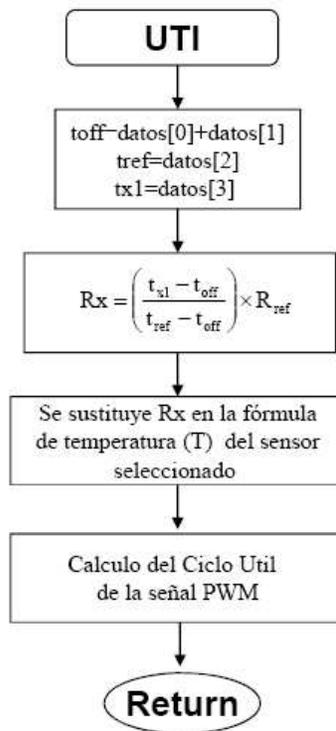


Figura 5: Diagrama de flujo de la subrutina UTI

El programa principal sigue la siguiente secuencia:

Paso 1. Llama a la subrutina MENU donde se da la opción de elegir entre: Selección del sensor, configuración del margen de medida, ajuste de offset y ganancia, y visualización de datos.

Paso 2. Llama a la subrutina UTI, donde revisa el registro datos (el cual es un vector) y la configura.

Paso 3. Luego se calcula el valor de temperatura con los datos obtenidos.

Paso 4. Una vez obtenido el valor de temperatura se calcula el ciclo útil (CU) de la señal PWM que se genera a través del pin ccp2.

Paso 5. Se muestra en la LCD los valores de los límites de medición así como el valor calculado de temperatura y se carga el valor de CU en CCP2.

Paso 6. Se queda repitiendo los pasos del 2 al 5 hasta que vea un estado lógico en el pin AN0 igual a 1, de esta forma se hace que siempre este refrescando los valores de pantalla. Cuando AN0 es igual a 1 se regresa a la subrutina MENU.

Las Entradas digitales AN1 y AN2 se usan para desplazarse a través de las opciones del menú y para incrementar o decrementar los contadores. El pulsador AN0 se utiliza a modo de confirmación para seleccionar alguna opción y para introducir algún ajuste en los parámetros

3. RESULTADOS

Para obtener la temperatura patrón denominada T_{patron} se utilizó el multímetro digital (en modo °C) marca UNI-T modelo UT70B, el cual posee un termopar tipo K para realizar mediciones de temperatura. En la tabla 1 los resultados obtenidos.

Tabla 1: Valores de temperaturas experimentales

T_{patron} (°C)	$T_{experimental}$ PT-100 (°C)	$T_{experimental}$ Termistor 10K (°C)
0	0,5	1,1
25	25,6	23,0
50	52,0	49,0
75	75,0	74,1
100	98,5	97,6

En la tabla 2 se observa los resultados obtenidos a nivel de corriente, una vez ajustado el transmisor. Para el cálculo de los errores se usarán los resultados obtenidos en la tabla 1, usando los valores de T_{patron} y los valores de $T_{experimental}$ obtenidos para cada sensor.

El error de cero para el PT100 fue de 0,5 °C, y para el termistor fue de 1,1 °C. Para el cálculo del error de ganancia se procedió a obtener la pendiente de la curva linealizada obtenida para cada sensor con los datos de la tabla 1. Y luego se determinó el error porcentual referido a la pendiente ideal. Para la termorresistencia se obtuvo un valor de 1,84 %, y para el termistor se obtuvo 2,36 %.

Tabla 2: Valores salida de corriente vs T_{patron} margen de medida [-20,160] °C con ajustes de offset y ganancia

T_{patron} (°C)	Corriente
	$I_{experimental}$ (mA)
-20	4,00
0	5,81
20	7,62
40	9,41
60	11,15
80	13,01
100	14,78
120	16,53
140	18,30
160	20,04

El error de no linealidad para el PT-100 y para el termistor se muestra en la figura 6.

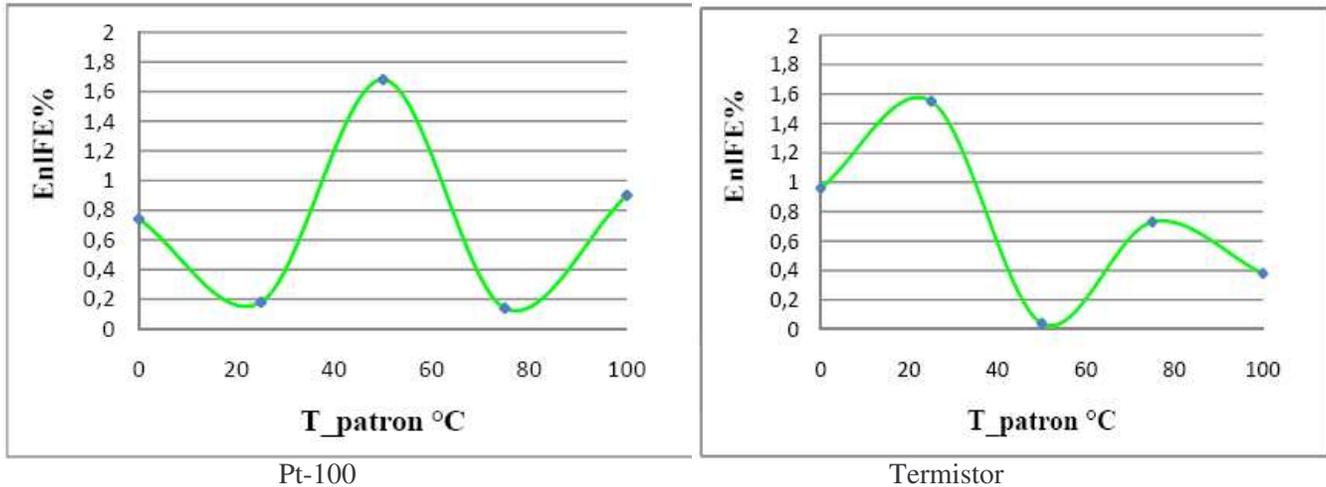


Figure 6: Error de no linealidad a fondo escala obtenido para la PT-100 y para el Termistor

Luego de realizada las pruebas y observados los resultados, se obtiene que el sistema de transmisión de temperatura diseñado funciona de forma eficiente para cualquiera de los 2 sensores para el cual fue programado.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación se concluyó lo siguiente:

- El Diseño del transmisor es sencillo y bastante compacto, la utilización de la UTI provee una interfaz directa con los sensores de fácil manipulación y conexión con el microprocesador.
- La Programación realizada en el PIC para comunicación con la UTI funcionó de forma exitosa, logrando así establecer una buena comunicación entre los dos integrados, lo que hizo posible un constante monitoreo de los valores de temperatura.
- Se logró visualizar el proceso de medición y las rutinas del menú a través de la pantalla LCD dispuesta para tal fin.
- A través de una interfaz diseñada y compuesta tanto de hardware como por software en el pic se logró que el usuario tuviera acceso a un menú de configuración y demás opciones permitiendo así el ajuste de valores tales como margen de medida, ajuste de offset, y ganancia.
- Con el diseño e implementación de una interfaz analógica conectada al microprocesador se logró generar una señal analógica de corriente de (4-20) mA que representan el valor de medición. Dejando la posibilidad de realizar interconexiones con dispositivos controladores como PLC.

REFERENCIAS

Custodio, A., (2006). "Nuevo método de conexión de sensores generadores a microcontroladores sin utilizar convertidores analógico a digital". *Universidad Ciencia y Tecnología*, Vol.10, No.37, pp.13-17.

Custodio, Á., y Díaz, A., (2006). “Nuevo método de conexión de termistores a microcontroladores basada en la técnica de conversión digital directa”. *Universidad Ciencia y Tecnología*, Vol.10, No.39, pp.143-146.

Custodio, A., Bragos, R., y Pallas, R. (2001). “Contribución al diseño de interfaz de señal en sensores inteligentes”. PhD thesis. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Torres, R., y Custodio, Á. (2006). “Conexión directa de múltiples sensores a microcontroladores sin utilizar convertidor analógico digital”. *Universidad Ciencia y Tecnología*, Vol.10, No.39, pp.147-151.

Balza, Z., y Custodio, Á. (2006). “Sistema de medición de temperatura sin contacto con el proceso”. *Universidad Ciencia y Tecnología*, Vol.10, No.38, pp.73-76.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.