

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRANSMISOR PASIVO PARA TERMOPARES TIPO J Y K

Bolívar Carlos

UNEXPO, Puerto Ordaz, Bolívar, Venezuela, cicunexpo@gmail.com

Urdaneta Elizabeth

UNEXPO, Puerto Ordaz, Bolívar, Venezuela, ecurdaneta@unexpo.edu.ve

Custodio Ángel

UNEXPO, Puerto Ordaz, Bolívar, Venezuela, acustodio@unexpo.edu.ve

ABSTRACT

The work involves the design and construction of a passive temperature transmitter for thermocouple types J and K with linear output (4 to 20) mA. Proposed a hardware design consists of three basic stages. The step of measuring and signal conditioning supported by the AD595 which transforms the variation of temperature sensed by the thermocouple type K in the range (0-300) ° C in an output signal with a ratio of 10 mV / °C. The second stage consists of a microcontroller PIC18F2550 and whose function is to convert received analog process signals. These signals are manipulated using mathematical algorithms in the case of the J type thermocouple using polynomial approximation methods to obtain the temperature value in the input circuit, the output of this stage is divided into two: the Information Display (LCD) , output pulse width modulated (PWM). The third stage or output circuit consists of a XTR115, this IC generates a 5Vdc signal which is used as a source to feed the whole circuit, but its main function is that of voltage-current converter which ensures passive output linear in a range of (4-20) mA. To make adjustments you have three buttons through which you can vary the parameters temperature range (minimum and maximum), zero and gain affecting output (4-20) mA ...

Keywords: Temperature transmitter, passive, thermocouple J, K thermocouple, AD595

RESUMEN

El trabajo consiste en el diseño y construcción de un transmisor de temperatura pasivo para termopar tipo J y K con salida lineal de (4– 20) mA. Se propuso un diseño de hardware compuesto por tres etapas básicas. La etapa de medición y acondicionamiento de señal sustentada por el AD595 el cual, transforma la variación de temperatura sensada por el termopar tipo K en un rango de (0-300) °C en una señal de salida con una relación de 10mV/ °C . La segunda etapa conformada por un microcontrolador PIC18F2550 cuya función es transformar y procesar las señales analógicas recibidas. Estas señales son manipuladas utilizando algoritmos matemáticos que en el caso del termopar tipo J se utilizan métodos de aproximación polinómica para obtener el valor de temperatura en la entrada del circuito, la salida de esta etapa se divide en dos: Información a la Pantalla (LCD) , salida modulada en ancho de pulso (PWM). La tercera etapa o circuito de salida está formada por un XTR115; este integrado genera una señal de 5Vdc el cual es utilizado como fuente para alimentar todo el circuito, pero su función principal es la de convertidor de voltaje-corriente pasivo el cual garantiza una salida lineal en un rango de (4-20)mA. Para realizar los ajustes se cuentan con tres pulsadores por medio de los cuales se pueden variar los parámetros rango de temperatura (mínima y máxima), cero y ganancia afectando la salida de (4-20)mA.

Palabras claves: Transmisor de temperatura, pasivo, termocupla J, termocupla K, AD595

1. INTRODUCCIÓN

El departamento de Instrumentación y Control de la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre” (UNEXPO) cuenta con un laboratorio de instrumentación el cual está disponible para que la comunidad universitaria pueda realizar la evaluación de sus prácticas de laboratorio y proyectos de investigación, los cuales generalmente abarcan: prueba de equipos de medición, circuitos electrónicos, transmisores, elementos finales de control y la simulación de procesos industriales.

Sulani y Custodio (Enero 2009), diseñaron y construyeron un transmisor de presión diferencial inteligente pasivo con salida de (4 a 20) mA. Se propuso un diseño de hardware compuesto por tres etapas básicas. La etapa de medición y acondicionamiento de señal sustentada por el sensor PX26-001DV el cual, mide la variación de Presión del proceso y genera un nivel de tensión de baja amplitud que es acondicionada por el amplificador de Instrumentación AD620. La etapa de procesamiento de datos, donde se programa el PIC18F4550 para adquirir la señal del proceso, determinar las magnitudes de Presión y Corriente a ser mostradas a través de una pantalla LCD y realizar el ajuste de los parámetros internos de transmisor. La etapa de salida, donde se obtiene la señal de corriente estándar del instrumento empleando el conversor de voltaje a corriente AD694. Luego realiza pruebas experimentales que permitieron comparar la respuesta del equipo con respecto a un manómetro de Tubo en U y mediante el cálculo de errores determinó que el instrumento presento una respuesta lineal conforme a la variación del proceso. Se comprueba que la calibración introduce mejoras sustanciales en la respuesta del equipo ya que reduce significativamente los errores del sistema.

Córdova y Custodio (Diciembre 2009), diseñaron y construyeron un transmisor de temperatura basado en interfaz inteligente. Se propuso un diseño para un transmisor activo con salida de (4 a 20) mA, con alimentación independiente.

Vargas y Custodio (Mayo 2009), diseñaron y construyeron un transmisor de presión diferencial con salidas rs232 y rs485. West y Custodio (Abril 2009), construyeron un transmisor inteligente de presión diferencial basado en un microcontrolador con puerto de comunicaciones USB. Ruiz y Custodio (Octubre 2009) construyeron un transmisor de presión diferencial con interfaz digital directa: Se ha diseñado e implementado un transmisor de presión, basado en una metodología directa sensor microcontrolador, donde su modo de convertir datos analógicos en digitales no requiere de la presencia de los componentes de acondicionamiento, por ello representa una gran ventaja ya que hace de esta interfaz, un hardware mucho más compacto y económico.

Todos los trabajos anteriormente expuestos son de gran utilidad y sirven de referencia para el desarrollo de la investigación, en especial el de Sulani Danieles el cual trata de un transmisor de presión pasivo con salida de corriente de (4 a 20) mA, sirviendo de apoyo para la documentación en cuanto al diseño de un lazo analógico pasivo de corriente de (4 a 20) mA. A su vez, se obtiene conocimiento acerca del funcionamiento de un sistema donde un mismo par de hilos es utilizado para alimentar y transportar la señal de salida del sistema, mientras que el de Antonio Córdova el cual se basa en un transmisor de temperatura con salida de activa de corriente de (4 a 20) mA. Con respecto a esta investigación la diferencia básicamente se encuentra en las características y tipo de sensor utilizado, mientras él trabaja con sensores resistivos Termistor y Pt100, en el diseño de este proyecto se utilizó sensores generadores (termopar tipo J y K), por otra parte, la etapa de acondicionamiento de la señal se utilizó un acondicionador de la señal AD595, en cambio en el trabajo de Córdova se utiliza una Interfaz Transductora Universal (UTI).

2. OBJETIVO

Diseñar y fabricar un transmisor de temperatura pasivo con salida de corriente de (4 a 20) mA para termopares tipo J y K, que funcione en un rango de temperatura de (0 a 300) °C, para ser utilizado en el laboratorio de instrumentación y control.

3. DISEÑO

Se diseñó un Transmisor de temperatura pasivo para termopares tipo J y K con salida de corriente lineal de (4 a 20) mA. Ver figura 1. La etapa principal del diseño se basa un acondicionador de la señal AD595 fabricado por ANALOG DEVICES este dispositivo se encarga de amplificar y compensar la unión fría del termopar tipo K; el cual transforma la variación de temperatura sensada por el termopar en un rango de (0 a 300) °C en una señal de salida de (0 a 3) Vdc, al mismo tiempo se utiliza un sensor de temperatura LM35 para sensar la temperatura ambiente, ambos con una relación de salida de 10mV/°C. Estas señales previamente filtrada son enviadas al microcontrolador PIC18F2550, quien se encarga de realizar la conversión analógica-digital de la señal activando el módulo de conversión analógica digital (ADC) interno del microcontrolador. El dato digital es procesado y mediante algoritmos matemáticos se calculan los valores de temperatura y corriente, mientras para el caso del termopar tipo J se utilizan una ecuación polinómica obteniendo los coeficientes al aplicar métodos de aproximación.

El microcontrolador PIC18F2550 por medio de una interface hombre-máquina conformada por tres pulsadores, los cuales sirven para ajustan los parámetros internos del transmisor de temperatura (tipo de termopar, temperatura mínima, temperatura máxima, ZERO, SPAN).

La salida del transmisor está controlada por una señal modulada por ancho de pulso (PWM) que es generada por microcontrolador que luego de ser filtrada entra al XTR115 controlando la salida de corriente expresada en los valores estándares (4 a 20) mA.

El equipo posee una pantalla de cristal líquido (LCD) en la cual se visualiza la temperatura y los parámetros ajustados de temperatura mínima y máxima (Figura 1).

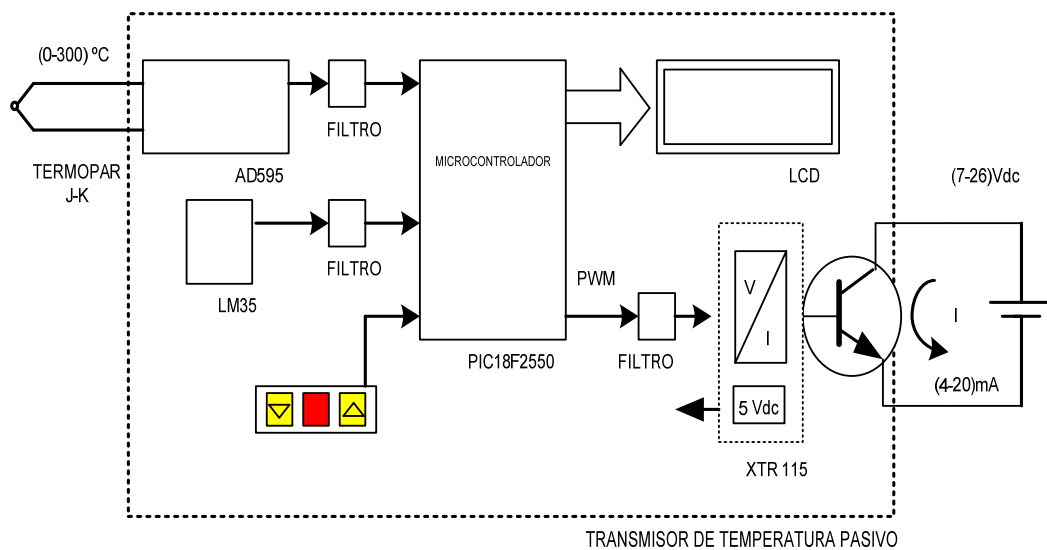


Figura 1. Esquema general del Transmisor

Entre las características que se tomaron en cuenta para el diseño de este Transmisor de temperatura pasivo para termopar tipo J y K se encuentran las siguientes:

- Consumo de corriente de funcionamiento. Debe ser menor a 4 mA. Lo que implica la utilización de dispositivo de baja consumo.
- La alimentación de dispositivos internos del transmisor deben funcionar a partir de una única fuente de excitación externa positiva. No se cuenta con fuentes adicionales.
- La alimentación debe conectarse a una única de fuente externa en un rango (7,5 a 36) Vdc ideal 24Vdc y al mismo tiempo se debe utilizar para la transmisión de la salida de corriente (4 a 20) mA.

Figura 2B Diagrama de conexión del LM35

La etapa de procesamiento y visualización de la señal está conformada básicamente por un microcontrolador PIC18F2550, ver figura 3, el cual lleva a cabo los procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en lenguaje ensamblador y son introducidos en este a través de un programador. Se configura el puerto (A) como entrada y las entradas (AN0, AN1) son configuradas como entradas analógicas de 10 bits, por la entrada (AN0)(PIN 2) entra la señal del sensor de temperatura LM35 luego de haber pasado por un filtro paso bajo, cuya función es sensar la temperatura ambiente, mientras que (AN1)(PIN 3) entra la señal del AD595 el cual sensa la temperatura del proceso. La conversión analógica digital se logra al activar el convertidor interno del microcontrolador, luego utilizando algoritmos matemáticos se logra convertir la información obtenida a través del conversor en dos valores para cada una de las entradas una en milivoltios (mV) y la otra en grados centígrados (°C). Las entradas RA2, RA3 y RA4 (PIN 4, PIN 5, PIN 6) respectivamente se utilizan como entradas digitales y conforma la interface hombre-máquina y son utilizadas para la configuración y ajuste de los parámetros internos.

La salida modulada por ancho de pulso (PWM) es la encargada de variar la salida del sistema, modificando el ciclo útil de la señal. Esta señal está configurada para salir por CCP1 (PIN13) y su función es entregar al XTR115 una señal analógica luego de filtrarla, utilizando un filtro paso bajo conformado por la resistencia (R7) y el condensador (C4) y varíe en un rango de (1 a 5) Vdc obteniéndose a la salida de este último una variación de corriente de (4 a 20) mA en forma lineal.

El dispositivo de visualización representado por la LCD, requiere de 7 bits distribuidos en 4 bits para los datos y 3 bits de control para su funcionamiento. La visualización se realiza a través del puerto B para ello, se utilizan tres de control (RB7- RS)(PIN28), (RB6 -R/W)(PIN27), (RB5- E)(PIN26) y cuatro de datos (RB4-D4)(PIN25), (RB3-D5)(PIN24), (RB2-D6)(PIN23), (RB1-D7)(PIN22) es de hacer notar que la librería fue modificada para facilitar la construcción de circuito impreso. El display de cristal líquido utilizado es una HANTRONIX .INC modelo HDM1621 6H-5-SOOS de bajo consumo de corriente.

El circuito de salida de corriente de 4 mA a 20 mA fue implementado con el XTR115 (figura 4). Este es un convertidor de precisión con salida de corriente diseñado para transmitir señales analógicas de (4-20) mA para un lazo de corriente industrial estándar. Los mismos proveen funciones de límite de corriente y escalamiento preciso. El regulador de voltaje incluido en el chip garantiza una fuente regulada de 5Vdc y es utilizado para alimentar un circuito externo por medio del (pin8). Una referencia de voltaje (Vref) de precisión integrada (2,5 Vdc) puede ser usado hacer Offset o excitar transductores. El (pin3) es utilizado para el retorno de corriente (Iret), ésta sensa la corriente usada en el circuito electrónico del prototipo y asegura un control preciso de la salida de corriente del integrado XTR115. El circuito utiliza un transistor de paso NPN modelo (NTE184), el cual es conectado de la siguiente forma: el colector al (pin7), la base al (pin6) y el emisor al (pin5), la conexión de la alimentación de todo el prototipo se conecta al (pin7) el positivo (+) mientras que el negativo es conectado al (pin4), es de hacer notar que el circuito puede ser alimentado en un rango de (7,5-36) Vdc.

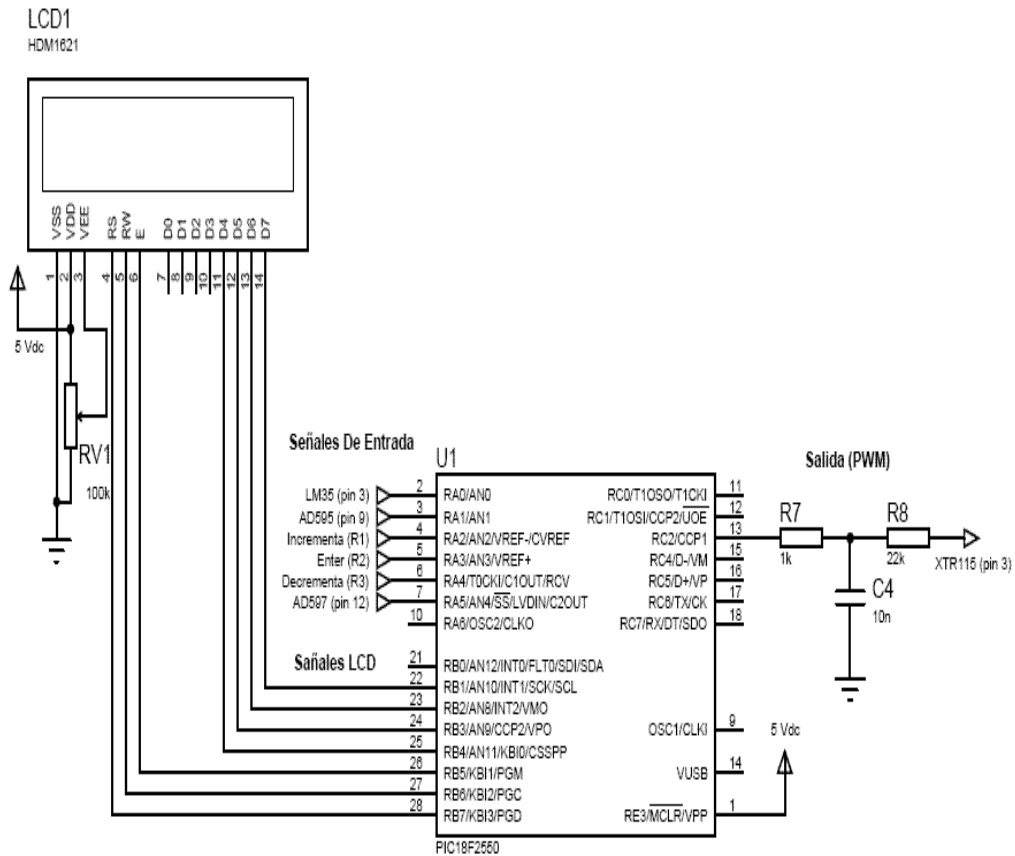


Figura 3 Conexión Microcontrolador- LCD.

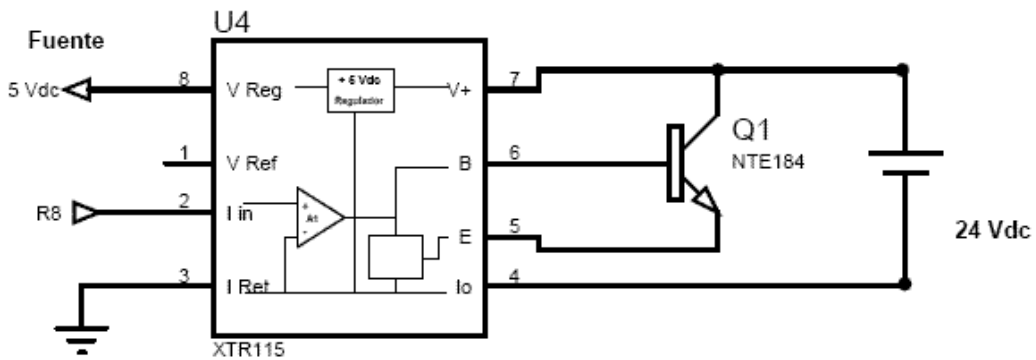


Figura 4. Conexión XTR115

4. RESULTADOS

En la figura 5 puede observarse los circuitos implementados.

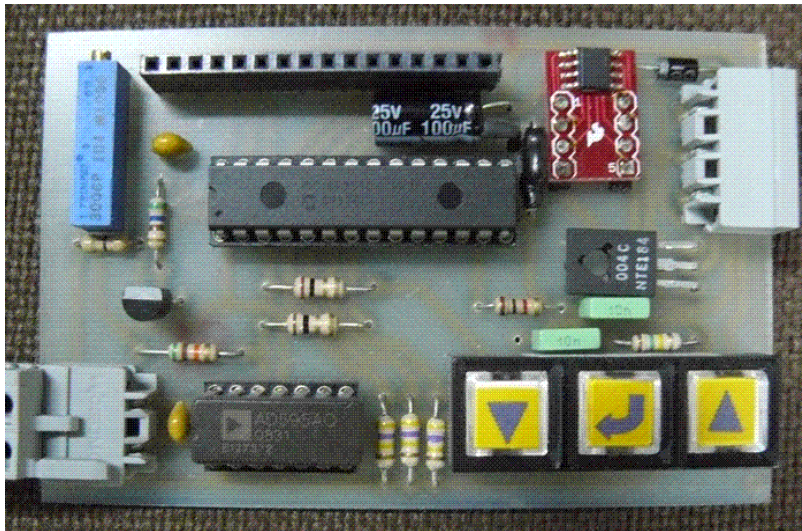


Figura 5. Transmisor de Temperatura (Prototipo)

Parar comprobar el correcto funcionamiento del transmisor de temperatura diseñado, se realizan pruebas que permiten comparar la respuesta del equipo en función de un instrumento patrón. Este capítulo muestra los resultados del comportamiento del prototipo, se presentan las pruebas realizadas, mostrando imágenes y generan una serie de tablas las cuales son utilizadas para determinar errores en el proceso de calibración y ajuste del transmisor. El instrumento es calibrado con el fin de garantizar el buen funcionamiento y confiabilidad de las medidas realizadas.

Se procedió a la certificación de las mediciones de temperatura del instrumento diseñado, utilizando un patrón de calibración de proceso marca: FLUKE modelo: 744 el cual es usado como patrón (figura 6).

A continuación se presenta los resultados de los cálculos del promedio, desviación estándar, regresión lineal, error de no-linealidad, error en fondo de escala y la histéresis obtenidas (Tabla 1 y 2).

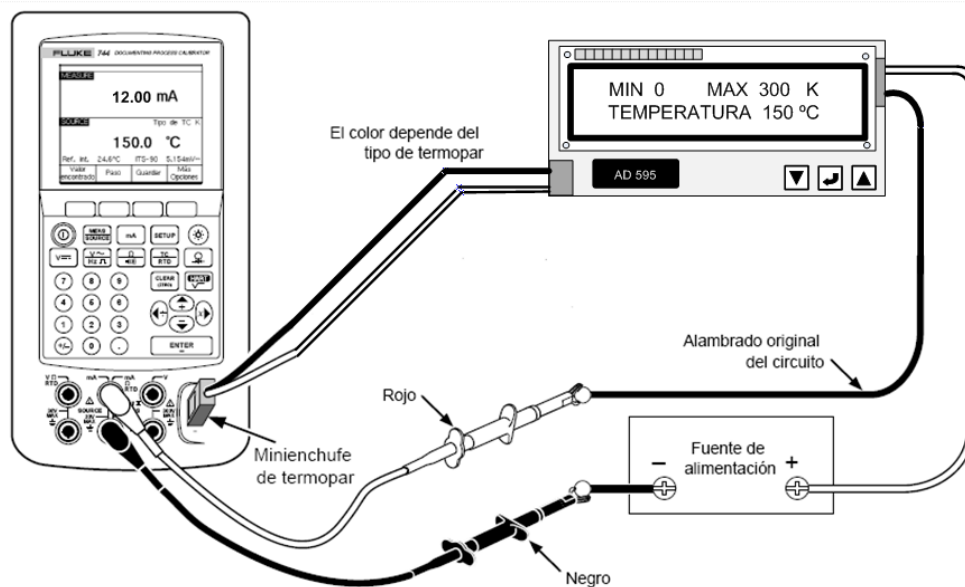


Figura 6. Montaje experimental

Tabla 1. Valores y errores calculados termopar K

TIPO K		Valores Calculados						Errores calculados		
Patron		Subiendo [mA]		Bajando [mA]		Regresion lineal	Histeresis	ELFe	No-linealidad ↑	
[°C]	[mA]	Media	± Desv	Media	± Desv	$Y=1,0009 X + 0,0034$	[mA]	[%]	[%]	
0	4,00	4,00	± 0,01	4,00	± 0,01	4,01	0,006	0,02	0,05	
75	8,00	8,01	± 0,01	8,01	± 0,01	8,01	0,002	0,04	0,01	
150	12,00	12,01	± 0,01	12,01	± 0,02	12,01	0,006	0,04	0,03	
225	16,00	16,01	± 0,01	16,01	± 0,01	16,02	0,000	0,05	0,04	
300	20,00	20,01	± 0,01	20,01	± 0,01	20,02	0,002	0,06	0,05	

Tabla 2. Valores y errores calculados para el termopar J

TIPO J		Valores Calculados						Errores calculados		
Patron		Subiendo [mA]		Bajando [mA]		Regresion lineal	Histeresis	ELFe	No-linealidad ↑	
[°C]	[mA]	Media	± Desv	Media	± Desv	$Y=1,0002 X + 0,0066$	[mA]	[%]	[%]	
0	4,00	4,02	± 0,01	4,02	± 0,01	4,01	0,004	0,09	0,05	
75	8,00	8,00	± 0,01	8,00	± 0,01	8,01	0,000	0,01	0,05	
150	12,00	11,99	± 0,01	12,00	± 0,01	12,01	0,004	0,03	0,07	
225	16,00	16,03	± 0,01	16,03	± 0,01	16,01	0,004	0,15	0,10	
300	20,00	20,03	± 0,00	20,03	± 0,01	20,01	0,002	0,14	0,09	

La figura 7 se muestran las curvas obtenidas al graficar el comportamiento del transmisor de temperatura pasivo para termopares tipo J y K. Se grafica el error en fondo de escala (ELFe) en función del valor teórico de corriente para una salida de (4 a 20) mA. Se observa un mejor comportamiento del trasmisor cuando tiene

simulado el termopar tipo K donde el rango de variación es desde 0,02 hasta 0,06 %, mientras que con el termopar tipo J simulado varía entre 0,01% hasta 0,15 %.

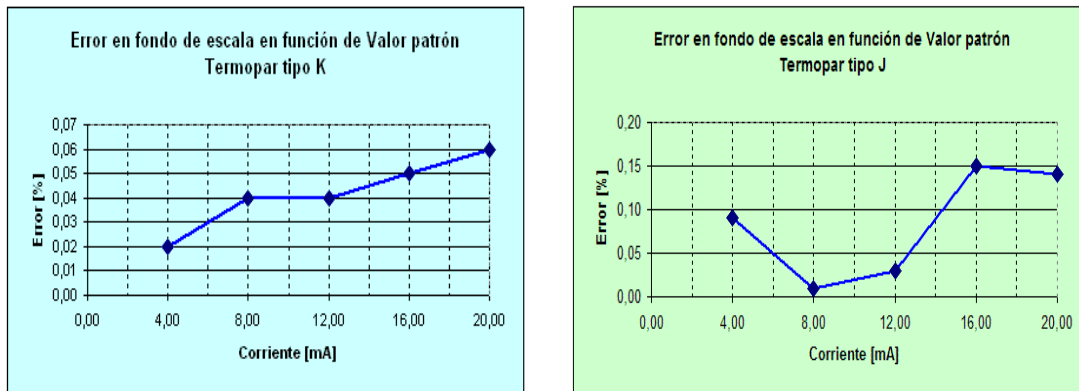


Figura 7. Error en fondo de escala en función del patrón

5. CONCLUSIONES

Se realizó una selección adecuada de componentes para lograr un consumo máximo de 2,56 mA.

La utilización de componentes especiales tales como el acondicionador AD595, el microcontrolador PIC18F2550 y el convertor de voltaje corriente XTR115 facilitaron que el diseño sea de fabricación compacta.

Con el diseño e implementación del transmisor de temperatura pasivo se logró generar una señal analógica lineal de salida de corriente de (4 a 20) mA equivalente a la variación de temperatura al extremo del sensor.

REFERENCIAS

- CÓRDOVA ANTONIO y CUSTODIO ANGEL, Diseño y construcción de un transmisor de temperatura basado en interfaz inteligente. UNEXPO Puerto Ordaz (Diciembre 2009),
- DANIELES SULANI Y CUSTODIO ANGEL, Diseño y construcción de un transmisor de presión diferencial inteligente pasivo con salida de (4 a 20) mA UNEXPO Puerto Ordaz (2009).
- RUIZ KONY Y CUSTODIO ANGEL. Transmisor de presión diferencial con interfaz digital directa. UNEXPO Puerto Ordaz (Octubre 2009).
- VARGAS MARLIN Y CUSTODIO ANGEL, Diseño y construcción de un transmisor de presión diferencial con salidas rs232 y rs485. (Mayo 2009).
- WEST GUILLERMO Y CUSTODIO ANGEL, Diseño y construcción de un transmisor inteligente de presión diferencial basado en un microcontrolador con puerto de comunicaciones USB. UNEXPO Puerto Ordaz (Abril 2009),..

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.