

Interfaz con Transmisor de Corriente en Aplicación con DSPIC

M.Sc. Carlos Valdivieso¹, Diana Chele P², Mariuxi Ramírez M³
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, vía Perimetral Km. 30.5, Guayaquil, Ecuador.
cvaldivi@fiec.espol.edu.ec¹, dchele@fiec.espol.edu.ec², xramirez@fiec.espol.edu.ec³

Resumen

Este proyecto fue implementado con el objetivo de mostrar los beneficios de utilizar el DsPic en aplicaciones a larga distancia. En este caso se utilizó el DsPic para controlar la temperatura necesaria en una Cabina de Secado de Pintura para Automóviles. La señal del sensor es acondicionada y amplificada para pasar al transmisor de corriente en forma de entrada de voltaje. Se necesita la ayuda de un receptor bucle para transformar la señal de corriente en voltaje. El Receptor de corriente tiene una salida acondicionada de 0-5 Vcd que se conecta a una entrada analógica del microcontrolador DsPic4011 para leer los datos del sensor. En este proyecto se utiliza Visual Basic para monitorear la señal del sensor mediante el puerto serial Rs232 y el módulo UART del DsPic. El circuito Integrado MAX3232 se encarga de convertir las señales TTL del DsPic a señales con niveles RS232 que lee la PC.

Palabras claves: DsPic, Visual Basic, UART, Transmisor, Bucle

Abstract

This project was implemented with the aim of showing the benefits of using DsPic in applications over long distances. In this case, a DsPic is used to control the temperature in a drying cabinet for Car Painting. The sensor signal is amplified and conditioned to go into the current transmitter as a voltage input. The help of a loop receiver is needed to transform the current signal in voltage. The current receiver has a conditioned output from 0-5 VDC that connects to an analog input of the DSPIC4011 microcontroller in order to read sensor's data. This project makes use of Visual Basic to monitor the sensor's signal using the RS232 serial port and the UART module from the DSPIC. The integrated circuit MAX3232 converts TTL signals from the DSPIC to RS232 level signals for the PC.

Key Words: DsPic, Visual Basic, UART, Transmitter, Receiver.

1. Introducción

En el campo industrial existen diferentes procesos que consisten en el tratamiento completo de una serie de entradas a un dispositivo dando como resultado una acción. En este proyecto, se transmiten datos desde un sensor de temperatura, que controla a una cabina de secado de pintura y realizamos el respectivo control para mantener las condiciones de temperatura adecuadas. Como todo proceso tiene un controlador, en este caso se ha utilizado un DsPIC30F4011, que posee módulos analógicos y la facilidad de construir el control por medio del software Mikrobasic.

Los datos de temperatura van a ser transferidos a través de un transmisor de corriente que controla voltajes comprendidos entre 0 y 10V a la entrada y entrega corriente entre 4 y 20 mA. Luego se procede a la visualización y graficación de datos por medio de Visual Basic.

2. Transmisor de corriente

El transmisor de corriente es un circuito especial utilizado en la industria para comunicar los transductores activos, con controladores y computadores, de manera confiable. El principio de la telemedida por corriente es de gran uso en la transmisión de señales débiles en los entornos industriales, por su relativa facilidad de implementación, confiabilidad y bajo costo.

Se pueden transmitir corrientes normalizadas entre 0 y 25 mA, moduladas por tensiones de entrada también normalizadas, tales como 0-10mV, 0-100mV, 0-1V, 0-5V y 0-10V. Otra ventaja importante de la telemedida por corriente, que depende del tipo de transmisor, es la posibilidad de configurar la técnica de enlace modificando el número de hilos necesarios para transmitir la señal y la alimentación, permitiendo de esta forma, reducir considerablemente las inducciones parásitas sobre los cables cuando estos son de gran longitud.

2.1 Especificaciones técnicas

- Entrada de voltaje DC entre 0 y 10 VDC.
- Salida de corriente DC entre 0 y 20mA.
- Alta impedancia de entrada (mayor a 10MΩ).
- Selector de entrada por buffer y amplificador.
- Factor de amplificación variable entre 1 y 100.
- Niveles de escalas máxima y mínima ajustables.
- Máxima impedancia de carga 500Ω.

2.2 Diagrama de bloques del transmisor

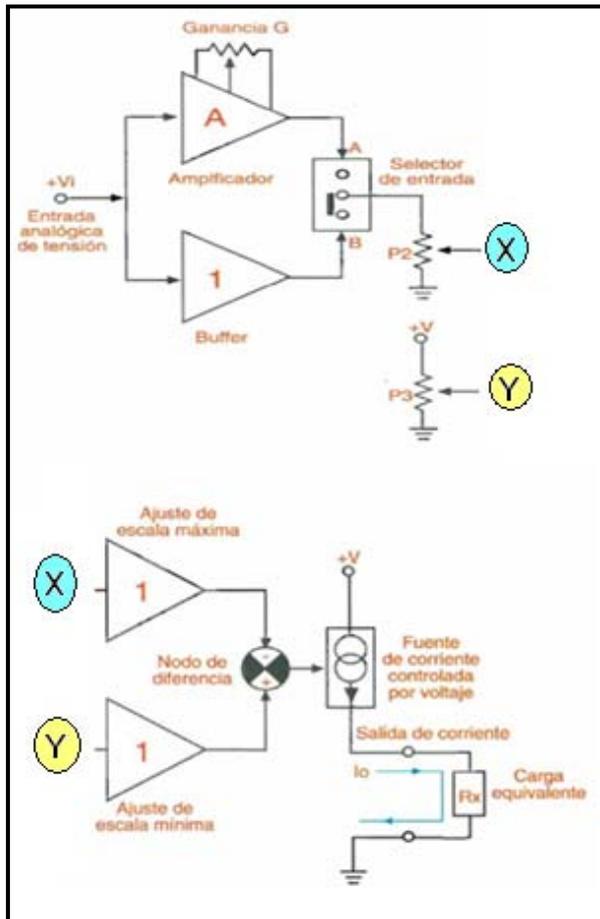


Figura 1. Diagrama de bloques

2.3 Diagrama esquemático del transmisor

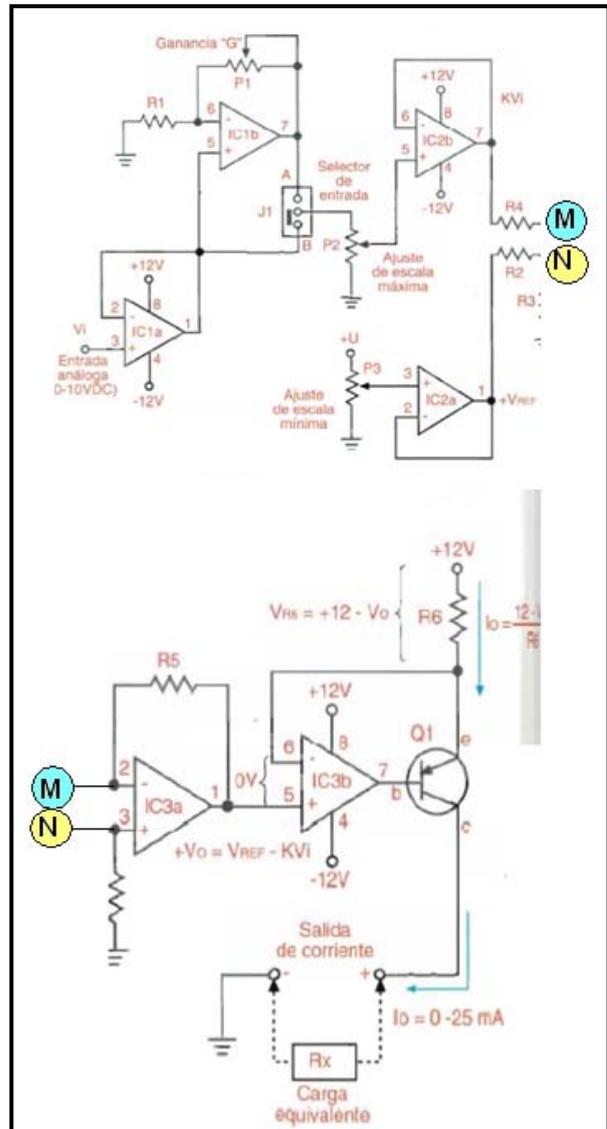


Figura 2. Diagrama esquemático

2.4. Funcionamiento

Cuando se tiene una señal de entrada que varíe entre 0 y 10 VDC se debe colocar el jumper en la posición B de esta forma, el voltaje se acopla a través de un seguidor que lo recibe con alta impedancia de entrada y lo transfiere con ganancia unitaria hacia la siguiente etapa del circuito.

Para todas las tensiones de entrada que estén por debajo de 10 VDC, el circuito cuenta con un amplificador no inversor. Este último se ajusta mediante el trimmer P1.

Una vez que la señal de entrada pasa por el amplificador, se lleva hasta la resistencia variable P2 que se utiliza para dividir la tensión y de esta manera permitir la calibración de la máxima corriente de salida, para el correspondiente voltaje de entrada.

Por medio de una tercera resistencia variable P3 se puede calibrar el mínimo valor de corriente de salida asociado a la tensión de entrada más pequeña.

En los dos casos, la tensión de calibración positiva, proveniente de la terminal móvil de las resistencias variables, se acopla usando los seguidores de tensión.

Un amplificador operacional opera como un nodo de diferencia y se ocupa de sustraer la tensión equivalente al ajuste de escala máxima (+Vref) de la señal variable de entrada y entregar la señal de salida (+Vo).

La última etapa del circuito es una fuente de corriente constante controlada por voltaje que se ha diseñado para cargas conectadas a tierra, usando un amplificador operacional y un transistor bipolar PNP con realimentación del emisor.

Para generar la corriente constante en la salida del dispositivo, se conecta la salida del operacional con la base del transistor Q1 para que sea este el que entregue dicha corriente de salida a través de su colector y no el amplificador operacional, que sólo tiene 10 mA.

2.5 Calibración

Una vez que se haya ensamblado el circuito, se debe calibrar con el fin de obtener la respuesta en corriente esperada para los correspondientes voltajes de entrada; para ello efectúe los siguientes pasos:

- Alimente el circuito a través del conector de potencia con una fuente bipolar de +12V, 0 y -12V.
- Colocar el jumper en alguna de sus dos posiciones laterales.
- Para calibrar el nivel inferior de la corriente de salida, cortocircuite la entrada del circuito y conecte un miliamperímetro entre las dos terminales de salida para leer la corriente, lo que puede estar entre 0 y 4 mA.
- Finalmente, para calibrar el nivel superior de la corriente de salida, retire el cortocircuito de la entrada, conecte una

fuerza DC ajustada al valor máximo de voltaje de entrada esperado y ajuste el control de escala máxima hasta leer en el miliamperímetro la corriente de salida deseada.

3. Diagrama de bloques del proyecto

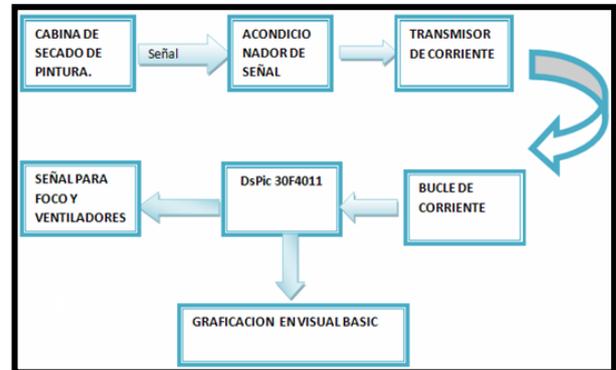


Figura 3. Diagrama de bloques del proyecto

La Unidad de Control está comandada por un DSPIC 30F4011[3] y su respectivo oscilador interno. Además contamos con la ayuda de circuitos especiales como el transmisor de corriente y el receptor bucle utilizados en la industria por su gran alcance en la transmisión y recepción de datos. Como podemos observar en la figura 3 la señal del sensor es acondicionada para poder ingresar al transmisor de corriente, luego pasa a un receptor bucle para finalmente ser leída por uno de los canales analógicos del DSPIC30F4011.

4. Sensor de temperatura LM35

El LM35^[4] es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C. El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el To-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. La salida es lineal y equivale a 10mV/°C. por lo tanto las siguientes equivalencias son ciertas:

mV	°C
+ 1500mV	155°C
+250mV	25°C
-550mV	-55°C

5. Controlador dsPIC30F4011

El principal componente del sistema de control es el microcontrolador DSPIC30F4011^[3], el cual tiene un

núcleo RISC con arquitectura Harvard modificada de 16 bits. Su estructura se puede separar en tres partes: microprocesador, integración del sistema y periféricos.

Para este proyecto se programó un controlador proporcional-integral (PI), el mismo que controla la intensidad de un foco dentro de la cabina para mantenerla a una temperatura saeteada y de esta manera obtener un secado de pintura uniforme. Para lograr este objetivo fue necesario determinar el cruce por cero de la onda y de esta manera disparar un triac justo en ese instante.

5.1 Módulo UART

El UART^[5] (Transmisor Receptor Universal Asíncrono) es un módulo para la comunicación serie asíncrona disponible en los DSPIC30F. Funciona como un sistema full – dúplex o bidireccional asíncrono que puede adaptarse a multitud de periféricos, como ordenadores personales o interfaces RS – 232 y RS – 485. Estas son las principales características del módulo UART:

- Funcionamiento en modo full – dúplex con datos de 8 o 9 bits.
 - Posibilidad de trabajar con paridad par, impar o sin paridad.
 - Uno o dos bits de STOP.
 - Contiene un generador de baudios con un preescalador de 16 bits que se encarga de generar la frecuencia de trabajo del módulo.
 - Buffer de transmisión con capacidad para 4 caracteres.
 - Buffer de recepción con capacidad para 4 caracteres.
 - Posibilidad de emplear interrupciones para indicar la finalización de la transmisión o de la recepción.
 - Patitas específicas TX y RX para transmitir y para recibir.
- El módulo UART está formado por estos tres grandes bloques que se muestran en la figura 4:
- Generador de baudios.
 - Transmisor asíncrono.
 - Receptor asíncrono.

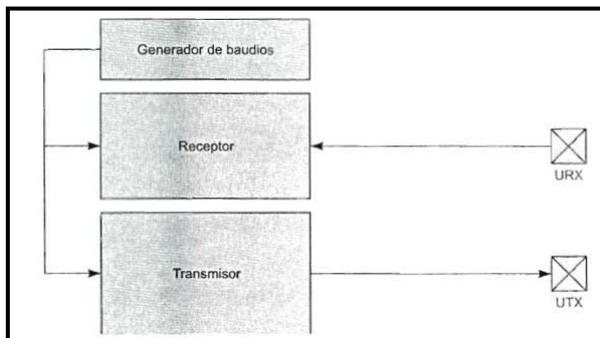


Figura 4. Módulo UART

5.2 Módulo analógico digital

La conversión analógica a digital (ADC) se realiza a través del dsPic30F4011^[3], el cual se encarga de tomar una muestra de las señales analógicas (señales de temperatura del sensor LM35) y convertirla en un número digital de 8 bits.

Como podemos observar en la figura 5 el dsPic30F4011 posee un módulo conversor A/D de 10 bits y 500 Ksps, con 2 ó 4 muestras simultáneas y hasta 16 canales de entrada, incluso con conversión posible en el modo SLEEP.

El convertidor analógico digital tiene las siguientes características:

- Resolución de 10 bits.
- Tiempo de muestreo de 154 ns.
- Conversión por aproximaciones sucesivas.
- Velocidad de conversión de hasta 500 Ksps a 5V (2 us de tiempo de conversión) y 100 Ksps a 2,7V.
- Hasta 9 pines analógicos de entrada.
- Pines de entrada destinados a soportar voltaje de referencia externo.
- Cuatro amplificadores unipolares diferenciales de muestreo y retención.
- Muestreo hasta de cuatro pines de entrada analógica de forma simultánea.
- Modo automático de exploración de canal.
- Fuente seleccionable para relleno del buffer.
- Cuatro opciones de alineamiento del resultado.
- Funciona mientras la CPU se encuentra en los modos Sleep.

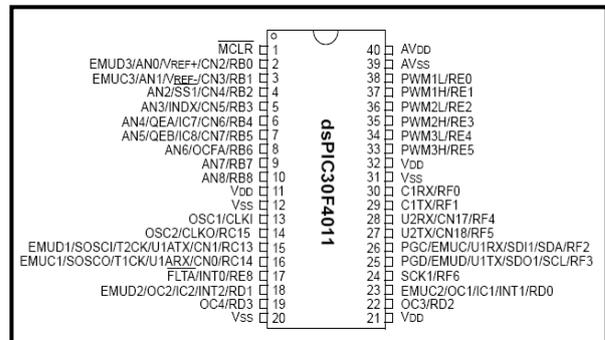


Figura 5. Diagrama del DSPIC 30F4011

5.3 Circuito Integrado Para Conversión De Niveles

El MAX232^[5] es un circuito integrado que convierte los niveles de las líneas de un puerto serie RS232 a niveles TTL y viceversa. El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de una PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS.

Estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS. TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos.

5.4 Control PI

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determinando la desviación y produciendo una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño.

El controlador proporcional es utilizado para “controlar teniendo en cuenta el presente”, es decir, el error actual es multiplicado por una ganancia constante y aplicado al actuador. Cuando el error es cero, la salida de este regulador también es cero, por lo que junto a la señal de control proporcional habría que añadir un offset, o también conocido como bias que sirve de referencia en la operación del controlador.

El controlador integral pretende “controlar teniendo en cuenta el pasado” debido a que el error es integrado (o sumado) hasta el tiempo actual, y entonces multiplicado por una ganancia. Si se utiliza exclusivamente el controlador proporcional normalmente aparecería un error en estado estacionario, es por ello que se suele utilizar el término integral.

Imaginemos por ejemplo un tanque en el que podemos controlar el flujo de entrada mientras que el flujo de salida es constante. En esta situación, con un simple controlador proporcional podríamos mantener una referencia de nivel. Sin embargo, si el flujo de salida varía (imaginemos que se obstruye la tubería de salida), el nivel de referencia no se mantendría existiendo un error en estado estacionario. Este problema se resolvería simplemente con cambiar el controlador con una acción integral la cual ajustaría su valor eliminando los errores que han permanecido durante cierto tiempo.

6. Interfaz Gráfica

Visual Basic^[6] para aplicaciones es una combinación de un entorno de programación integrado denominado Editor de Visual Basic y del lenguaje de programación Visual Basic, permitiendo diseñar y desarrollar con facilidad programas. El término para “aplicaciones” hace referencia al hecho de que el lenguaje de programación y las herramientas de desarrollo están integrados con las aplicaciones del Microsoft Office (en este caso Microsoft Excel), de forma que se puedan desarrollar nuevas funcionalidades y soluciones a medida, con el uso de estas aplicaciones.

El Editor de Visual Basic contiene todas las herramientas de programación necesarias para escribir código en Visual Basic y crear soluciones personalizadas.

En la figura 6 se muestra una interfaz gráfica desarrollada a través de Visual Basic 6.0 para la graficación de datos.

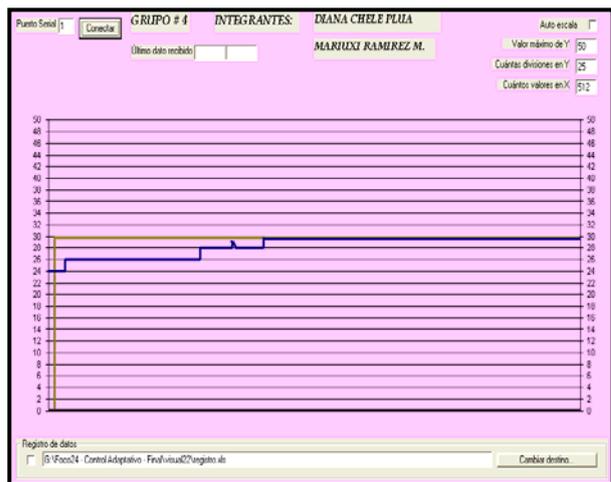


Figura 6. Interfaz gráfica.

7. Conclusiones

El diseño implementado cumple con el objetivo principal que es controlar la temperatura en una cabina de secado de pintura utilizando un controlador PI, el mismo que nos permite mantener la temperatura constante aun cuando haya perturbaciones en el medio.

El transmisor de corriente es muy utilizado en la industria para comunicar transductores con controladores, PLC's y computadores a grandes distancias, actúa como interfaz entre el sensor y el controlador, además permite que se puedan tomar decisiones dependiendo de la corriente generada en su salida.

El receptor bucle se acopla perfectamente a un transmisor de corriente y es utilizado de acuerdo a las necesidades requeridas, en nuestro caso lo utilizamos para que la entrada que lee el canal análogo del DSPIC sea voltaje.

El acondicionador de la señal del sensor es muy fácil de construir, tiene bajo costo y la ganancia es ajustable debido al potenciómetro que se está utilizando.

La utilización de Visual Basic fue necesaria para la observación de datos además para comprobar que son transmitidos correctamente a través del puerto serial.

Debido a las bondades que nos brinda el DsPic se pudo controlar el disparo del TRIAC para la regulación de voltaje alterno en la carga y de esta manera poder controlar de mejor forma la perturbación a la cual fue sometido el sistema.

El uso de los modos de control, es siempre conforme a las características del proceso, lo cual significa que debemos entender bien la operación del proceso antes de automatizarlo y de proceder a las rutinas de los algoritmos de control.

El modo On-Off, es un caso especial del modo proporcional aplicable solamente a un proceso estático, ya que la ganancia del On-Off es infinita ($B.P.=0$). Cuando solo deseamos dar estabilidad al proceso, el modo proporcional es suficiente.

Por último, los parámetros de diseño por lo general son totalmente rígidos y basados en objetivos y criterios de diseño, con los que muchas veces no se pueden cumplir o que se requiere de soluciones extremadamente complejas, por lo tanto se debe saber y tener muy en cuenta entre lo que se quiere hacer y lo que los recursos tecnológicos nos pueden ofrecer.

8. Referencias

- [1] Angulo Usátegui José, Begoña García Zapanian, Sáez Javier Vicente y Angulo Martínez Ignacio. Micro controladores Avanzados DSPIC: Diseño práctico de aplicaciones, 1era edición. Ed. McGraw-Hill. 54-55, 308-310.
- [2] Ing. Ramos Guillermo, Ing. Hernández Jorge, Ing. Castaño Juan Andrés. Curso Práctico de Electrónica Industrial Y Automatización: Proyectos, Tomo 3. CEKIT S.A. 2002 Pereira – Colombia. Pág.: 202-208.
- [3] Hoja de datos del dsPIC30F4011, disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70135C.pdf>
- [4] Hoja de datos del sensor, disponible en: http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/L/M/3/5/LM35.shtml

[5] Comunicación - MAX232 - Conversor TTL-RS232

Descripción por Eduardo J. Carletti disponible en: http://robo-tsargentina.com.ar/Comunicación_max232.htm.

[6] Manual de Visual Basic, disponible en <http://www.monografias.com/trabajos17/manual-visual/manual-visual.shtml>.