

Digitalización de una Fuente de Alimentación Simétrica Variable para Aplicaciones a WebLabs

Baruch Hernández Samantha, Blas Martínez Damián, Gómez Blas Alfredo
y López Alfonso Amado Enrique

Universidad CEUNICO
Av. Corregidora #900, Col. Centro, Coatzacoalcos, Veracruz,
C.P. 96400, México, Teléfono (01921) 21 26803, (01 800) 70 27404

Resumen

La revolución tecnológica de Internet permite la creación de nuevos modelos educativos a distancia, uno de los más sobresalientes son los WebLabs. El problema en la construcción de WebLabs radica en los altos costos de la instrumentación. En este trabajo, se desarrolla la digitalización de un sistema de alimentación lineal simétrico variable para WebLabs, que está integrado por un control digital (MCP4261), una interfaz del usuario (teclado 4x4, LCD 20x4) y un módulo Ethernet (ENC28J60). Se establecen las consideraciones al momento de diseñar el equipo y se determina que el PIC18F4520 es la mejor opción para el procesamiento. Los resultados indican que la fuente de alimentación presenta un error de 0.1% en el ajuste de la tensión de salida. Por último, se establece que con un microcontrolador y dispositivos digitales de nueva generación se pueden adaptar instrumentos analógicos para su control vía remota.

Palabras clave: WebLabs, fuente simétrica, TCP/IP, MCP4261, ENC28J60, SPI y PIC18F4520.

1. Introducción

En la actualidad los modelos educativos buscan una mayor participación de los estudiantes en las disciplinas técnicas y científicas, la realización de experimentos es fundamental para consolidar los conceptos adquiridos en las aulas teóricas [1] [2]. Sin embargo, debido a diferentes factores los laboratorios reales no siempre están disponibles, lo cual impone restricciones en el aprendizaje.

La instalación de laboratorios remotos vía Internet o WebLabs son una alternativa viable para proveer un aprendizaje y entrenamiento a distancia [2], ya que permiten acceder a través de una página

Web a un sistema físico real para su manipulación directa. Un WebLab proporciona múltiples beneficios, dentro de los que se encuentran: máximo rendimiento de las instalaciones, mejor organización del trabajo de los estudiantes, aprendizaje autónomo, cursos a distancia, integración de estudiantes discapacitados, entre otros [3] [4]. Se pueden encontrar ejemplos de WebLabs en diferentes países: USA, Colombia, España, Portugal, Italia y Corea [5].

Para implementar laboratorios remotos se necesitan instrumentos que puedan ser controlados a través de una página Web [6] [7]. En la actualidad existen una amplia gama de instrumentos de laboratorio con buenas prestaciones pero sus altos costos no permiten la proliferación de los WebLabs. Debido a lo mencionado se busca diseñar un equipo de bajo costo aplicado a la educación a distancia, el cual consiste en una fuente de alimentación lineal simétrica programable con conexión a Ethernet. Una característica importante es que la página Web estará hospedada en el mismo dispositivo programable que controla la fuente simétrica. En esta publicación se desarrollará el diseño (software y hardware), del sistema de control digital y la comunicación vía Ethernet de una fuente de alimentación simétrica variable.

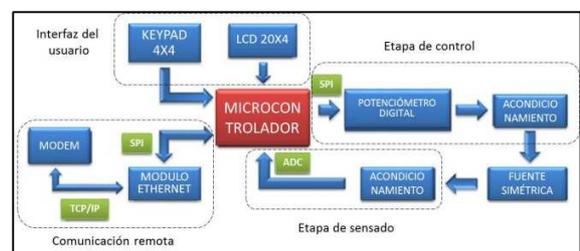


Fig. 1. Arquitectura del sistema de control de la fuente lineal simétrica.

2. Etapa de control

En el control de las fuentes lineales variables, comúnmente se aplican los potenciómetros mecánicos para el ajuste de la tensión eléctrica de salida. Debido a la naturaleza analógica de este dispositivo, presenta una ineficiencia en los sistemas de control de ganancia programable [8]. A consecuencia de esto se requiere de un potenciómetro con arquitectura digital que se pueda manipular desde un dispositivo lógico programable. Tomando en cuenta los requerimientos ya mencionados, se optó por el MCP4261 de la empresa Microchip®.

El MCP4261 es un circuito integrado cuyo funcionamiento simula a un potenciómetro analógico. Dentro de sus características se puede encontrar que contiene dos potenciómetros digitales que operan con 257 posiciones en escala lineal, esta dualidad de potenciómetros va a permitir el control de los reguladores LM317 y LM337. Se comunica usando el estándar 3-wire SPI (Serial Peripheral Interface), además cuenta con una memoria no volátil (EEPROM) [9].

Los comandos que controlan al MCP4261 son de 16 bits (figura 2), donde los primeros 9 bits contienen las 257 posiciones del potenciómetro digital (el bit 10 no se utiliza). Los últimos 4 bits representan las direcciones que permiten el acceso a los diferentes modos de operación.

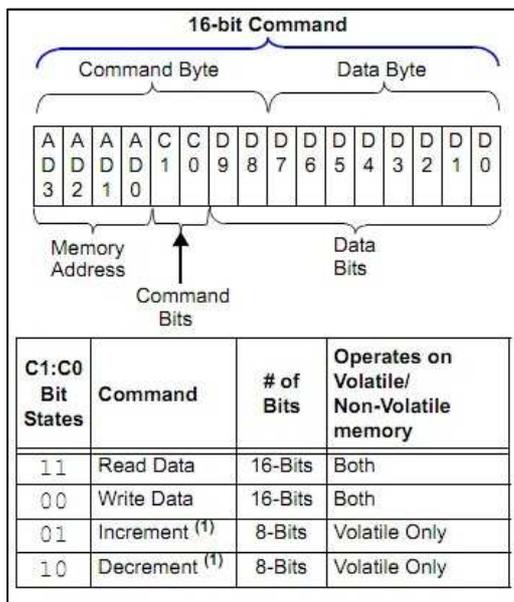


Fig. 2. Formato de los comandos para la transmisión SPI del MCP4261.

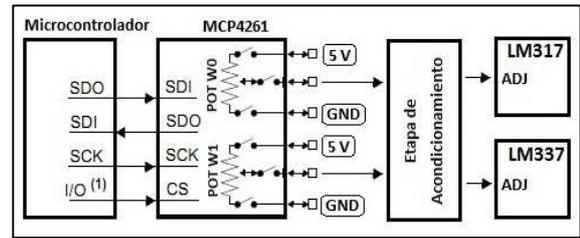


Fig. 3. Diagrama de conexiones del MCP4261 para el ajuste de la fuente simétrica.

2.1 Acondicionamiento del MCP4261

Los reguladores lineales LM317 y LM337 necesitan aproximadamente 13.76 volts en su pin de ajuste para proporcionar una salida de 15 volts. Debido a que el rango de operación que presenta el MCP4261 es de 0 a 5 volts, requiere una etapa de acondicionamiento para elevar dicha tensión.

En la figura 4 se presentan los diagramas de acondicionamiento tanto de la etapa positiva como negativa de la fuente de alimentación simétrica.

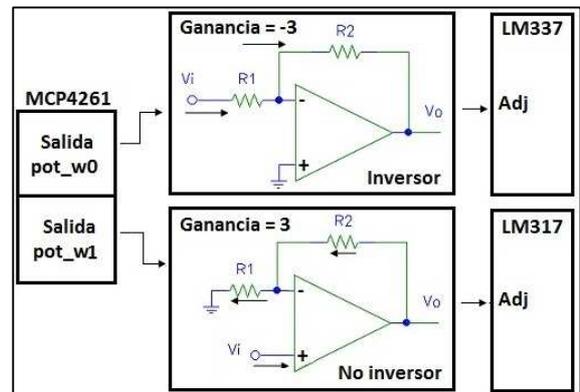


Fig. 4. Etapa de acondicionamiento de las señales de salidas del MCP4261.

3. Interfaz del usuario

3.1 Periférico de entrada

Para poder realizar la interacción entre el sistema y el usuario se utilizó un teclado matricial, el cual consiste en 16 botones organizados en una matriz de 4 filas y 4 columnas. En la figura 5 se muestra la conexión del teclado con el microcontrolador.

3.2 Periférico de salida

La visualización de las diferentes opciones de operación, así como la etapa de monitoreo de la salida de la fuente simétrica, se logró mediante un LCD alfanumérico de 20x4 caracteres. El controlador de la LCD es el Hitachi 44780 y la conexión con el microcontrolador se realizó con un bus de 4 bits (figura 5).

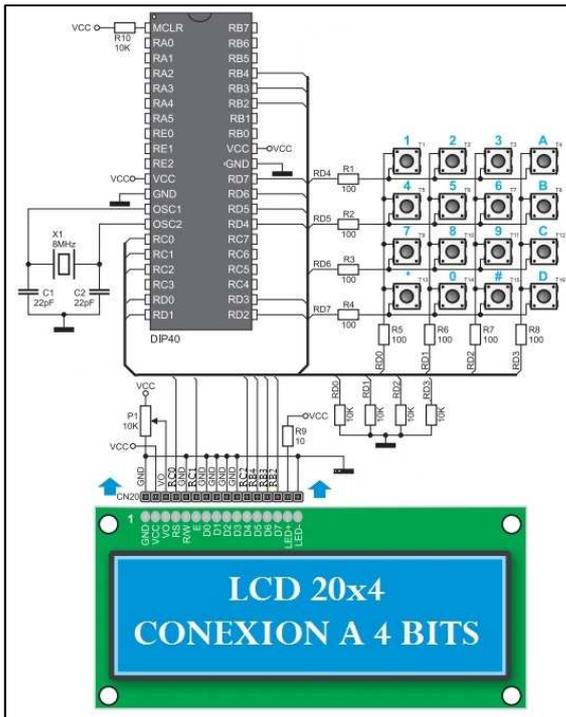


Fig. 5. Diagrama de conexiones del microcontrolador con el teclado matricial y la LCD alfanumérica.

4. Etapa de sensado

Para que el usuario pueda conocer los diferentes niveles de tensión suministrados por la fuente simétrica, se requiere de un sistema de monitoreo (voltímetro). Estos niveles de tensión eléctrica son variables analógicas, para que estas variables puedan ser procesadas por el dispositivo programable, se necesita una etapa de digitalización. Una forma de digitalizar dichas señales es a través del convertidor analógico digital (ADC) del microcontrolador. Debido a que las salidas proporcionadas por la fuente lineal simétrica superan el rango máximo de operación del ADC [9], es necesario implementar una etapa de

acondicionamiento de las señales, tanto para la etapa positiva como la etapa negativa.

5. Autocalibración

La combinación binaria (pot_{bits}) que requiere el MCP4261 para que la fuente lineal simétrica proporcione los niveles de tensión deseados (V_{out}), está regida por la siguiente fórmula:

$$pot_{bits} = \frac{(V_{out}-V_{min})(2^n)}{(V_{max}-V_{min})} \quad (1)$$

donde n es igual al número de bits del MCP4261, V_{max} es el valor máximo proporcionado por la fuente y V_{min} es el valor mínimo.

La problemática surge debido a que en la actualidad, los niveles de tensión eléctrica suministrados por CFE varían de acuerdo a múltiples factores [10]. Esta variación en la red eléctrica provoca que V_{max} no sea una constante y por consecuencia la combinación binaria que requiere el potenciómetro digital no siempre va a ser la misma. Una forma de solucionar esto es considerando a V_{max} y V_{min} como variables, lo cual consiste en mandar a su valor máximo al potenciómetro para obtener V_{max} y de ahí mandar a su valor mínimo para obtener V_{min} , esto permitirá realizar un proceso de autocalibración en el arranque del sistema.

6. Etapa de comunicación remota

Debido a que la fuente lineal simétrica tiene un sistema de control de ganancia programable, permite que pueda ser manipulada a través de una página Web. Para realizar esta comunicación se utilizó el ENC28J60 de la empresa Microchip, el cual es un controlador Ethernet dotado de un puerto SPI que se encarga de la comunicación con el microcontrolador host. El controlador cumple con las especificaciones IEEE 802.3 y contiene un módulo DMA interno [9].

El protocolo de comunicaciones utilizado entre el cliente (usuario remoto) y el servidor (microcontrolador) es el protocolo HTTP, el cual forma parte de la pila de protocolos TCP/IP. El protocolo HTTP permite el envío de datos a través de formularios, requisito indispensable para la utilidad que en este trabajo se propone.

La página Web a la que accede el cliente está creada mediante el lenguaje de marcado de hipertexto (HTML) y se encuentra hospedada en el microcontrolador, esto permite que el servidor no dependa de una PC. Después de crear la página HTML se deben de configurar las direcciones IP, DNS, Gateway y máscaras de subred proporcionadas por el proveedor de Internet. La parte más importante del programa es la función Spi_Ethernet_userTCP [11], que procesa todos los comandos recibidos. Después de recibir la petición "GET" del navegador web, enviada desde la PC a la dirección IP del sistema de control, el microcontrolador responderá con la página Web almacenada en su memoria. Esta página será mostrada automáticamente en la pantalla de la PC por el navegador web (Internet Explorer, Firefox, etc.).

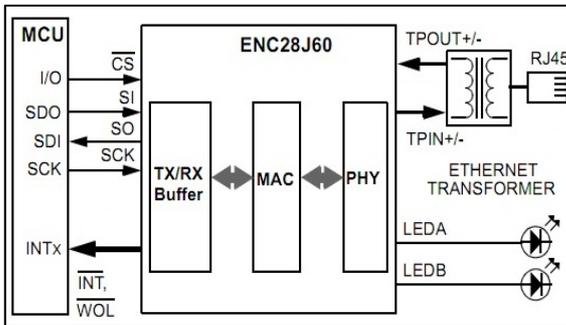


Fig. 6. Conexión entre el microcontrolador y el ENC28J60.

7. Etapa de procesamiento

El dispositivo lógico programable que se encargará de controlar todo el sistema debe de cumplir con ciertas especificaciones, dentro de las se encuentran; el manejo del protocolo serial SPI, el cual permite la comunicación con el MCP4261 y ENC28J69, un ADC que posibilite el monitoreo de las salidas simétricas de la fuente, una amplia memoria FLASH para hospedar la página Web, además múltiples pines I/O para el soporte de la conexión del teclado matricial y del LCD de 20x4.

Debido a lo mencionado, se eligió el microcontrolador PIC18F4520 de la empresa Microchip el cual posee una memoria FLASH de 32 KB, periféricos de comunicación SPI y USART, ADC de 13 canales y 10 bits, tiene 33 pines I/O y alcanza velocidades de hasta 10 MIPS. La compilación fue realizada con el software MikroC [11].

8. Resultados

A continuación se presentan los resultados que desplegó la fuente de alimentación al ingresarle diferentes valores de tensión de eléctrica. Estos valores se le introdujeron desde el teclado matricial y también vía remota, obteniendo en ambos casos el mismo valor de tensión en la salida de la fuente. **El error promedio de la fuente es de -0.083%.**

DATO DE ENTRADA	SALIDA LM317	%ERROR	DATO DE ENTRADA	SALIDA LM317	%ERROR
1.5	1.51	-0.7%	8.5	8.50	0.0%
2.0	2.02	-1.0%	9.0	8.96	0.4%
2.5	2.52	-0.8%	9.5	9.48	0.2%
3.0	3.03	-1.0%	10.0	10.00	0.0%
3.5	3.53	-0.9%	10.5	10.47	0.3%
4.0	4.01	-0.3%	11.0	10.98	0.2%
4.5	4.52	-0.4%	11.5	11.51	-0.1%
5.0	4.97	0.6%	12.0	11.98	0.2%
5.5	5.49	0.2%	12.5	12.50	0.0%
6.0	6.01	-0.2%	13.0	12.97	0.2%
6.5	6.48	0.3%	13.5	13.49	0.1%
7.0	7.00	0.0%	14.0	14.00	0.0%
7.5	7.51	-0.1%	14.5	14.48	0.1%
8.0	7.97	0.4%	15.0	15.00	0.0%

Tabla 1. Evaluación de la salida positiva de la fuente programable.

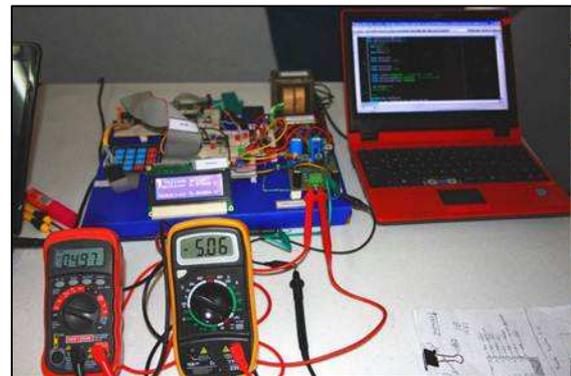


Fig. 8. Diseño final del sistema de alimentación simétrico programable

9. Conclusiones

La reciente popularidad del concepto WebLab en el mundo académico, los diferentes acercamientos de las universidades y las abundantes referencias existentes, no son más que las pruebas de la gran actividad que rodea a esta idea que está llamada a ser

una piedra angular en la enseñanza de las ingenierías a través de Internet.

Un problema importante que evita la expansión de los WebLabs son los altos costos de los equipos, una solución a esto es mediante la digitalización del control de los equipos analógicos ya existentes. Una forma de realizar esta digitalización es mediante el uso de un microcontrolador y dispositivos digitales de última generación.

La creación de estos prototipos ofrece la posibilidad de realizar prácticas de forma remota y no remota para lograr un aprendizaje sólido, generando así múltiples ventajas en el desarrollo de la educación.

Referencias

- [1] Olav J., Raymond T., "*Lab-On-Web - A Comprehensive Electronic Device Laboratory On A Chip Accessible Via Internet*", in International Conference on Engineering Education, Pág. 1, Manchester, U.K., 2002.
- [2] Dr. Macías M., "*Laboratorios Remotos de Automatización y Control*" in *CUDI*, Págs. 4-5, México, 2008.
- [3] Gustavsson, "*A flexible remote electronics laboratory*", Brasov, 2nd International Symposium in Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Págs. 1-2, Romania 2005.
- [4] Barrón M., "*Laboratorios virtuales para enseñanza por internet*", I Jornadas de Tendencias sobre eLearning, Pág. 2, Madrid (Spain), 2005.
- [5] Hernández U., Jayo, García J., "*Evolución del weblab de la universidad de Deusto*", Pág. 1, Universidad de Deusto, Bilbao (Spain), 2006.
- [6] Picos R., Roca M., Turón R., "*Experimentos de electrónica a través de internet*", Pág. 2, Universitat Politècnica de Catalunya, 2004.
- [7] Reinoso O., Puerto R., Azorín L., "*Laboratorios remotos para las prácticas de ingeniería de sistemas y automática en la universidad Miguel Hernández*", Pág. 1, Universidad Miguel Hernández, Alicante, 84-689-3386-4, 2005.
- [8] Baker C., "*Comparing Digital Potentiometers to Mechanical Potentiometers*" Microchip, 2000.
- [9] Microchip. (2011, July) [Online]. <http://www.microchip.com/>
- [10] Robledo M., "*Calidad de la Energía Eléctrica: Camino a la Normalización*" Comisión Federal de Electricidad, Simposio de Metrología, Págs. 1-2, Santiago de Querétaro, 2008.
- [11] Mikroelektronika. (2011, June) [Online]. <http://www.mikroe.com/eng/home/index/>