

AMPLIACIÓN DEL ELECTRONICS-LAB

Mariano Barrón¹, Javier Martínez²

¹Universidad del País Vasco. ispbarum@sb.ehu.es

²Instituto Cosme García de Logroño. disen@telefonica.net

RESUMEN

El equipo Electronics-Lab [1] se presentó al TAAE en Barcelona en el año 2000. Desde entonces ha cambiado en múltiples aspectos: se ha mejorado el interface de usuario, posee nuevos instrumentos virtuales que facilitan las medidas, permite el análisis espectral de señales, puede controlarse de forma remota a través de Internet y dispone de nuevas tarjetas de prácticas.

1. INTRODUCCIÓN

Electronics-Lab es un equipo para montaje y verificación de circuitos electrónicos enfocado hacia la enseñanza-aprendizaje de la electrónica analógica y digital. Está formado por una estación de trabajo, véase figura 1, y por una aplicación para ordenador personal, realizada en el entorno de programación gráfica LabVIEW, que le proporciona un conjunto muy completo de instrumentos virtuales. La estación de trabajo y el PC intercambian mensajes a través de una conexión RS-232 a 57.600 bits/s.

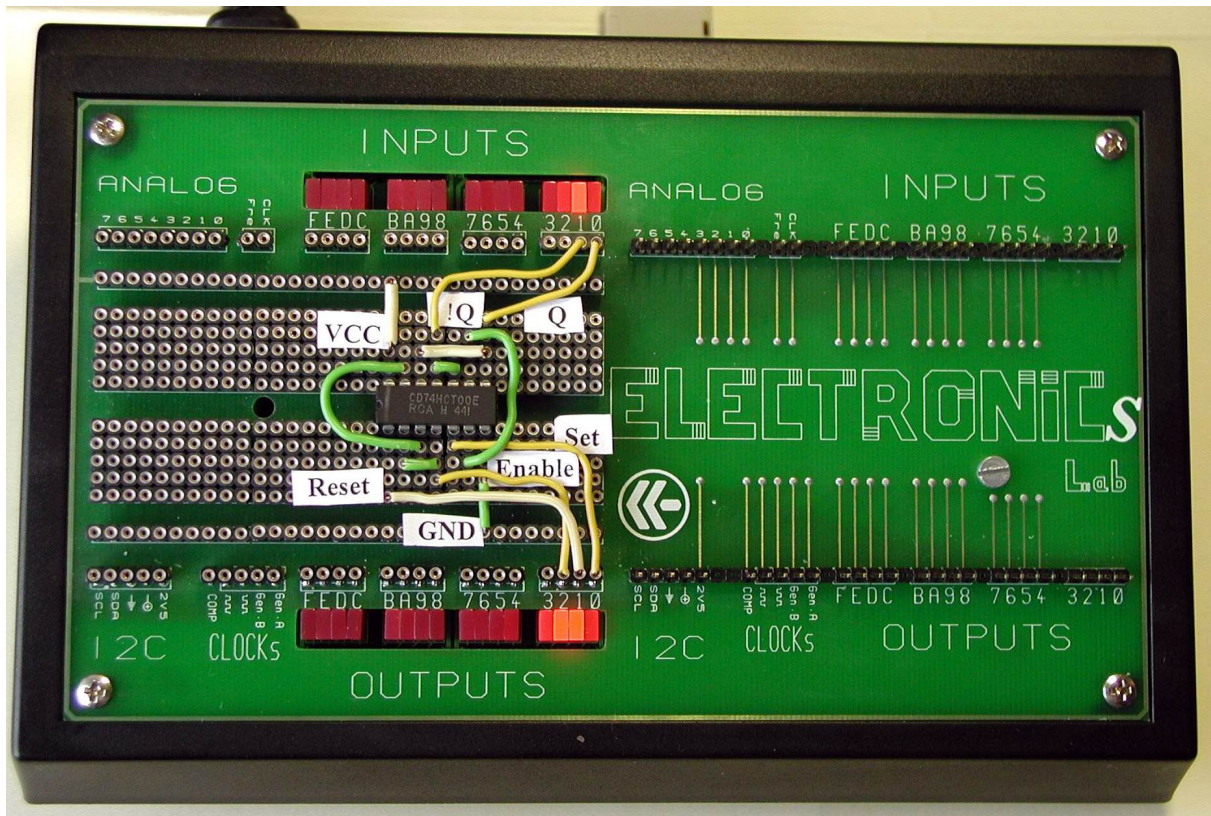


Figura 1: Estación de trabajo “Electronics-Lab”. Puede apreciarse el área de montaje de prototipos (lado izquierdo) y el área de conexión de circuitos montados en tarjetas (lado derecho).

2. ESTACIÓN DE TRABAJO

La estación de trabajo, desarrollada en base a un microcontrolador de 8 bits, constituye un elemento fácilmente transportable que incluye su propia fuente de alimentación. Proporciona un área para montaje de prototipos, aporta alimentación a los circuitos y se encarga de la generación de las señales de excitación, de la adquisición de las señales que se desean visualizar y de la transmisión de las mismas hacia el puerto serie de un PC. El microcontrolador aporta suficientes recursos de I/O para relacionarse con dispositivos digitales y analógicos. Se encarga incluso de la generación de dos señales analógicas, de diversas formas de onda y de frecuencia variable, recurriendo a la técnica de síntesis digital directa [2], y para ello solamente utiliza dos salidas PWM convenientemente filtradas y amplificadas. Pueden encontrarse más detalles del hardware en la referencia [3].

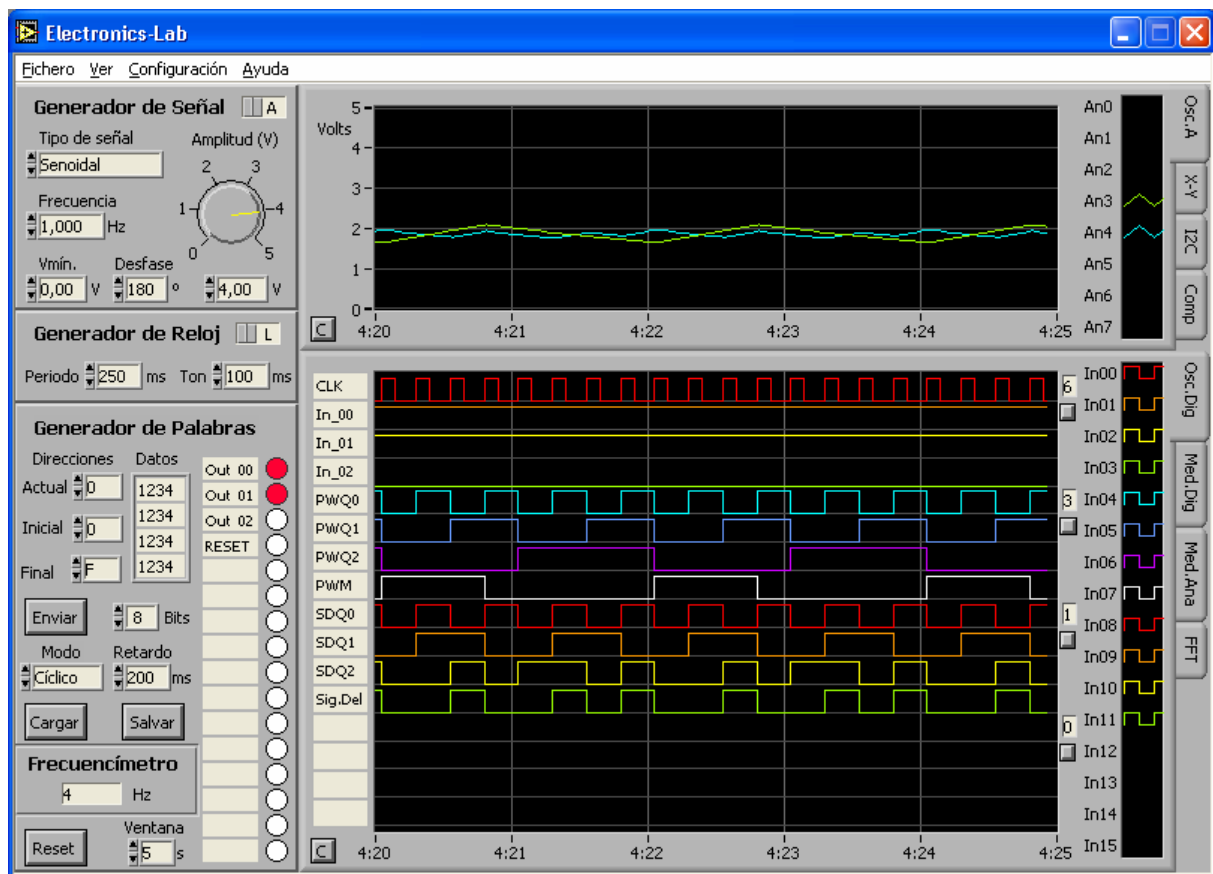


Figura 2: Panel de control del equipo “Electronics-Lab”. Los numerosos visualizadores del lado derecho de la imagen se encuentran agrupados en dos paneles con cuatro lengüetas.

3. APLICACIÓN PARA PC

El control de la estación de trabajo lo realiza un programa de PC desarrollado en el entorno de programación gráfica LabVIEW, de National Instruments Corporation [4]. Este programa presenta al usuario una pantalla, véase figura 2, que agrupa en su lado izquierdo los generadores del equipo, y en su lado derecho los elementos de visualización.

Cada control y cada indicador dispone de un menú emergente que se activa al situar el cursor del ratón encima del objeto y hacer clic con el botón derecho. El menú emergente ofrece entre otras opciones la descripción del control o del indicador, con explicaciones sobre su forma de trabajo.

La aplicación de PC, trabajando de forma conjunta con la estación de trabajo proporciona los siguientes instrumentos virtuales:

- Generadores de señales A y B.
- Generador de Reloj.
- Generador de palabras.
- Frecuencímetro.
- Osciloscopio analógico de 8 canales.
- Osciloscopio digital de 16 canales.
- Panel de medidas de señales digitales.
- Panel de medidas de señales analógicas.
- Osciloscopio analógico en modo X-Y.
- Controlador de bus I²C.
- Detector de patrones digitales.
- Análisis espectral.

4. INSTRUMENTOS VIRTUALES

La figura 2 muestra el aspecto de los seis primeros instrumentos virtuales arriba citados. Los restantes seis instrumentos, todos ellos de visualización, se encuentran tapados por los osciloscopios analógico y digital, pero el usuario puede acceder a ellos en cualquier momento con solo hacer clic en la lengüeta apropiada. Seguidamente se describen de forma resumida todos los instrumentos virtuales disponibles.

4.1. Generadores de señales A y B

Poseen controles para fijar: **Tipo de señal** (senoidal, triangular, cuadrada, diente de sierra o DC), **Amplitud** (0..5 V), valor mínimo **V_{mín}** (0..5 V), **Frecuencia** (0,001 Hz hasta 100 Hz), y **Desfase** (0..360°) entre las señales A y B, si ambas son de la misma frecuencia.

4.2. Generador de reloj

Proporciona una señal rectangular de **Periodo** y **Ton** ajustables entre 10 y 9.999 ms. La estación de trabajo genera ésta señal y su inversa.

4.3. Generador de palabras

Constituido por una memoria de 256 palabras de 16 bits, cuyo contenido puede enviarse a las 16 salidas digitales de la estación de trabajo, dato a dato, como una ráfaga, o en forma cíclica insertando una demora entre datos. Los controles **Inicial** y **Final** sirven para seleccionar un subconjunto de la memoria. El generador de palabras puede configurarse de forma que se comporte como cualquier circuito combinatorial de hasta 8 entradas y 8 ó 16 salidas. Además es posible conmutar manualmente el estado lógico de cualquier salida digital.

4.4. Frecuencímetro

Indica en todo momento la frecuencia de la señal, TTL o CMOS aplicada en la entrada **FREC** de la estación de trabajo.

4.5 Osciloscopio analógico.

Muestra el estado de las 8 entradas analógicas de la estación de trabajo en tiempo real. Admite señales de entrada de baja frecuencia y amplitud comprendida entre 0 y 5 V. El eje horizontal del osciloscopio analógico y del osciloscopio digital está graduado en segundos mostrando desde un mínimo de 1 segundo, para señales “rápidas”, hasta un máximo de 100 segundos, para señales muy lentas. La selección de la escala de tiempos se realiza por medio del control **Ventana** situado en la parte inferior del Generador de Palabras, véase la figura 2.

4.6 Osciloscopio digital.

Muestra el estado de las 16 entradas digitales de la estación de trabajo en tiempo real. Utiliza la misma escala temporal que el osciloscopio analógico. Ambos osciloscopios dibujan las señales en diferentes colores para facilitar la lectura de las mismas, y permiten ocultar, o mostrar una señal oculta, haciendo clic sobre la leyenda, o pequeño gráfico situado a la derecha del nombre de la señal. Además, en el osciloscopio digital es posible añadir un rótulo a cada señal para identificar su misión.

4.7 Panel de medidas digitales.

En la primera versión del Electronics-Lab, para examinar detenidamente las señales de los osciloscopios era necesario interrumpir la adquisición de datos. Ahora esta forma de operación ha cambiado. Los osciloscopios muestran, en todo momento, las señales en tiempo real, es decir de forma dinámica. Si se desea realizar medidas, debe obtenerse una fotografía estática de las señales, lo cual se consigue pulsando el botón **C** de captura, presente en la esquina inferior izquierda de ambos osciloscopios, véase figura 2. Una vez realizada la captura, se puede acceder al panel de medidas correspondiente y examinar las últimas 1.024 muestras de las señales con la ayuda de los cursores, de los controles de desplazamiento de las muestras, y el control de zoom (0,5X; 1X; 2X; 5X y 10 X), véase figura 3.

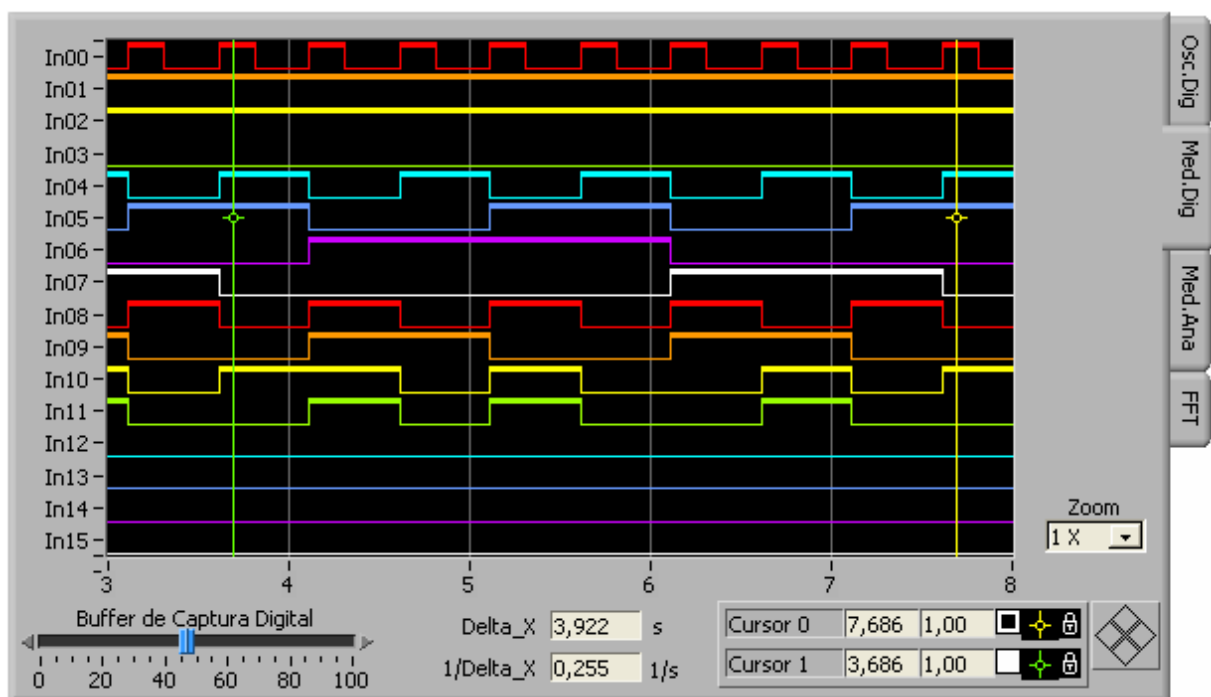


Figura 3: Panel de Medidas Digitales.

4.8 Panel de medidas analógicas.

Toda la información del apartado anterior resulta válida para este apartado con la diferencia de que ahora se trabaja con las muestras de las 8 entradas analógicas. El panel de medidas analógicas presenta el aspecto de la figura 4.

Se puede ocultar una señal, o mostrar una señal oculta, haciendo clic sobre la leyenda o pequeño gráfico situado a la derecha del nombre de la señal. Los cursores pueden ligarse a cualquier señal, de esta forma al desplazar el cursor, su apuntador sigue a la señal. En la

figura 4 ambos cursores están ligados a la señal An0, y sus apuntadores con forma circular \oplus siguen en todo momento a la señal An0. Existen visualizadores que muestran la diferencia de tensión entre los apuntadores de los dos cursores (DeltaY), la diferencia temporal entre los cursores (DeltaX), y la inversa de esta diferencia (1/DeltaX).

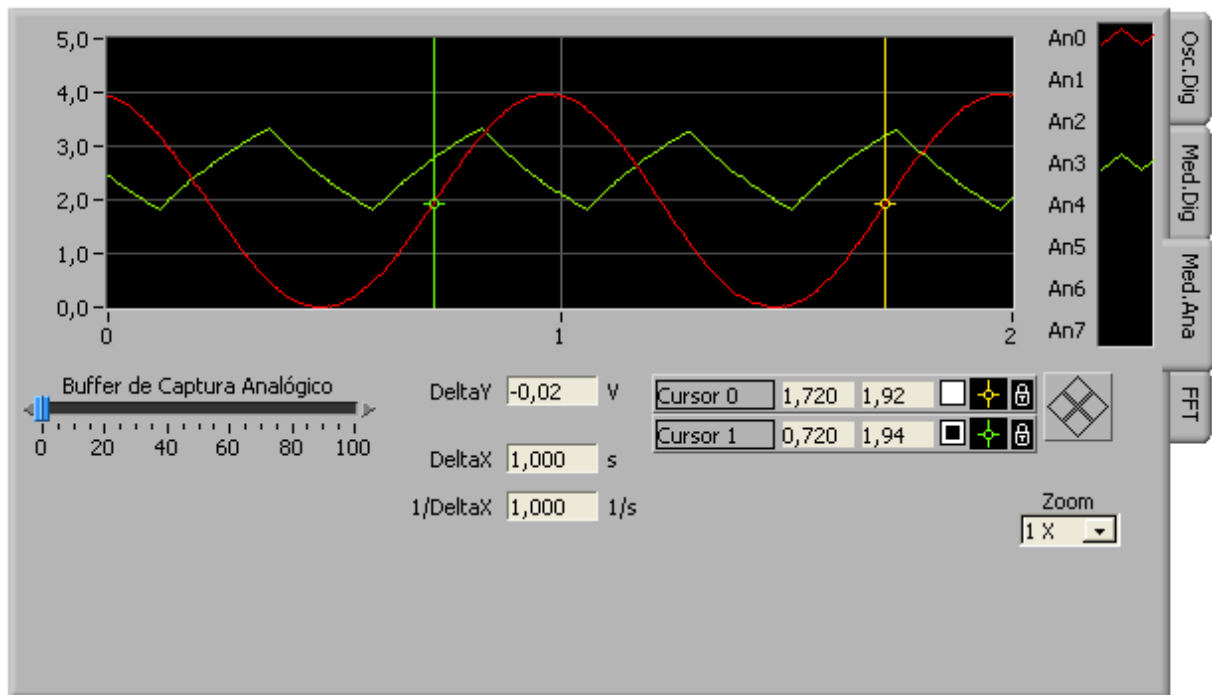


Figura 4: Panel de Medidas Analógicas.

4.9. Osciloscopio analógico en modo X-Y.

El modo X-Y resulta de utilidad para observar las curvas características de dispositivos electrónicos tales como diodos, transistores, disparadores de Schmitt, ..., o para obtener las figuras de Lissajous con la ayuda de los Generadores de Señal A y B.

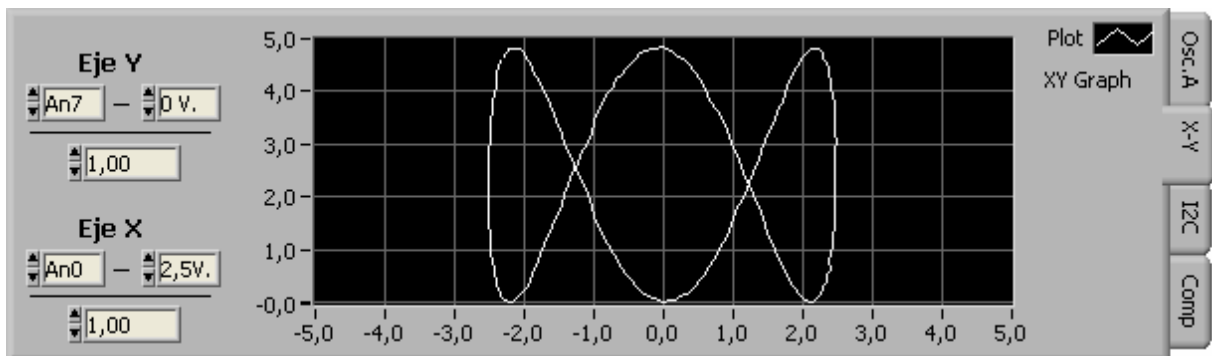


Figura 5: Osciloscopio analógico en modo X-Y.

El usuario puede seleccionar en cada eje la diferencia entre dos señales analógicas dividida entre una constante. Esta flexibilidad permite representar en los ejes tensiones o corrientes, ya que una corriente puede verse como la diferencia de tensión entre los dos extremos de una resistencia, dividido por el valor de esa resistencia. En la figura 5, se ha seleccionado para el eje Y la tensión An7 y para el eje X, el valor de la tensión An0 desplazada 2,5 voltios hacia la izquierda.

4.10. Controlador de Bus I²C.

La estación de trabajo puede actuar como dispositivo maestro de un bus I²C, y registrar el diálogo con los dispositivos esclavos, mostrando los octetos intercambiados y las condiciones del bus (Start, Stop, Ack y Nack)

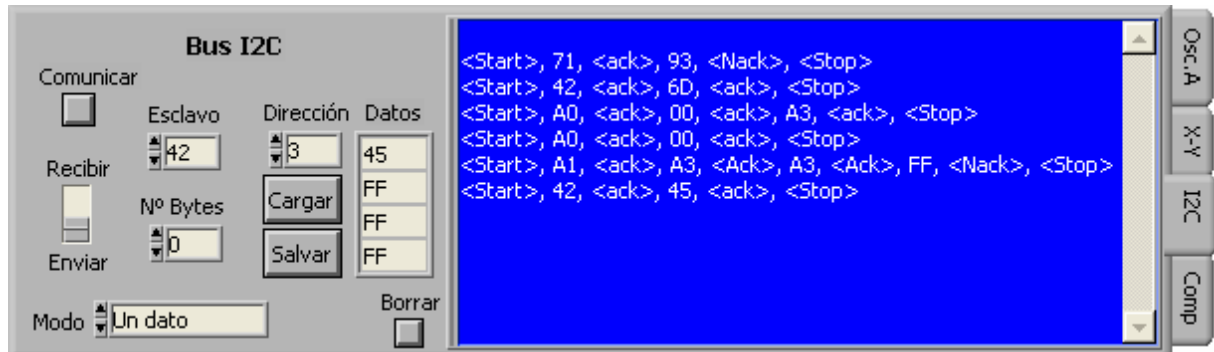


Figura 6: Panel del controlador de bus I²C.

4.11. Detector de patrones digitales.

Es un panel utilizado para fijar el estado lógico que debe aparecer en algunas de las 16 entradas digitales de la estación de trabajo (o en todas ellas) para que se active la salida COMP del Electronics-Lab.

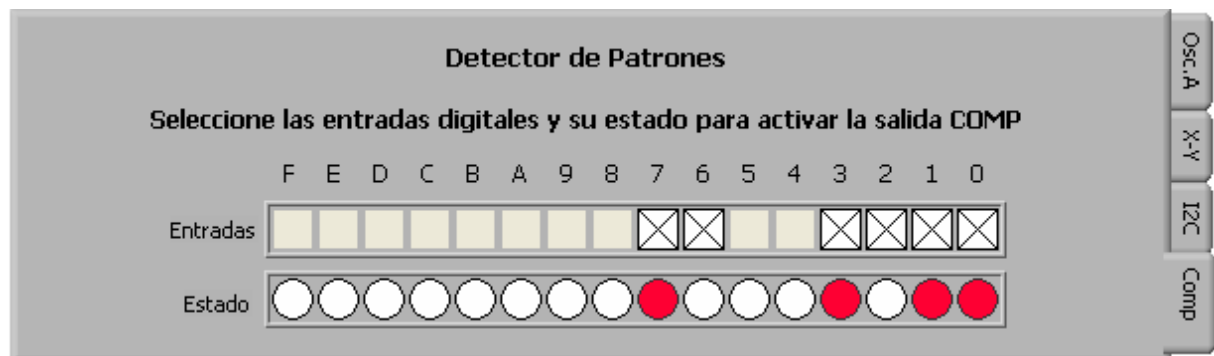


Figura 7: Panel del detector de patrones digitales.

4.12. Espectro de potencia.

Se accede a este panel haciendo clic con el botón izquierdo del ratón sobre la lengüeta rotulada FFT. Se trata de un panel dinámico que actualiza la gráfica constantemente. Mientras el panel se encuentre seleccionado, cada 150 ms se realiza la transformada rápida de Fourier a las 1.024 muestras más recientes de la señal seleccionada, se forma el espectro de potencia y se promedia con el espectro de potencia calculado con muestras anteriores.

El panel presenta controles para seleccionar la señal analógica que se pretende analizar, y el tipo de ventana que se utilizará en el dominio temporal. Un cursor ligado a la gráfica permite realizar lecturas a medida que se desplaza a lo largo del eje X.

La figura 8 muestra el espectro de potencia de una señal triangular de frecuencia 5 Hz obtenida de uno de los generadores de señal del equipo Electronics-Lab. El espectro de potencia presenta una línea a frecuencia 0 debido a que la señal de entrada tiene una

componente continua. También pueden observarse líneas definidas en los 5 Hz y en sus armónicos impares. La amplitud de los armónicos disminuye a medida que aumenta la frecuencia de los mismos.

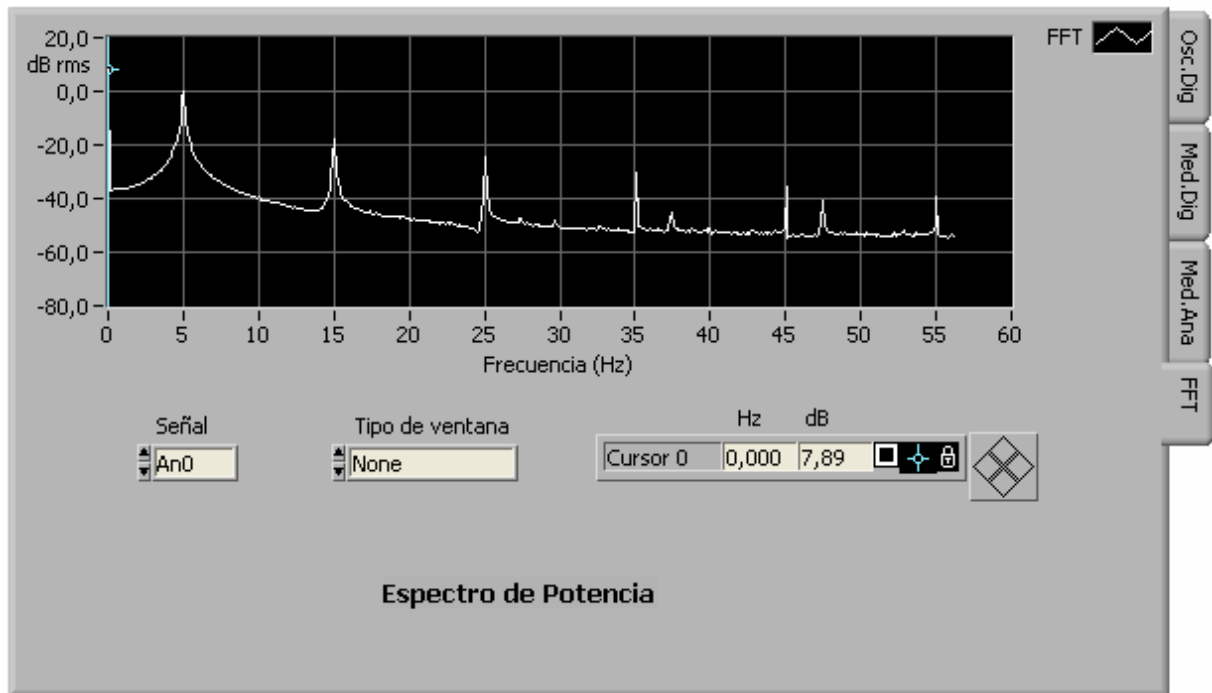


Figura 8: Panel para el análisis espectral de señales.

5. DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

La elaboración de una práctica de electrónica presenta dos aspectos principales: el montaje del hardware, y el registro de las experiencias realizadas al alimentar el circuito, excitarlo adecuadamente, y observar y medir las señales más significativas.

Después de ensamblar el circuito en el área de montaje de prototipos, se deben unir sus entradas con las salidas de los generadores de la estación de trabajo y conectar determinados puntos del circuito a las entradas de los instrumentos de visualización.

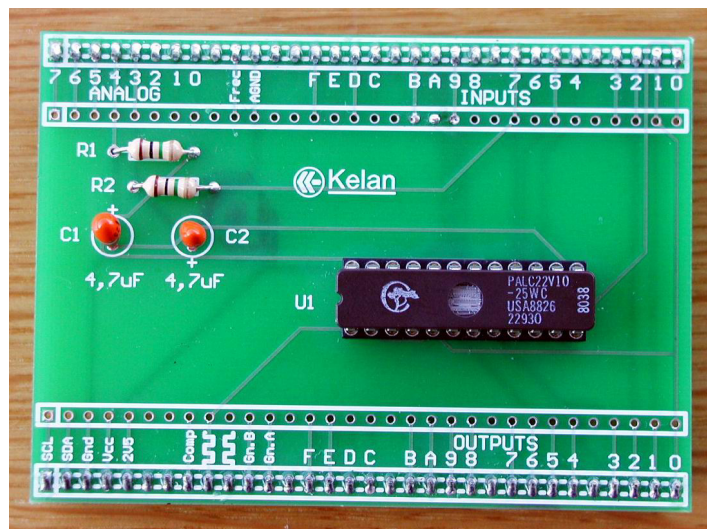


Figura 9: Práctica de electrónica montada en una tarjeta de conexionado rápido.

Si el profesor considera interesante conservar la práctica para demostraciones posteriores, puede realizar un montaje permanente del circuito en tarjetas de conexionado rápido, como la mostrada en la figura 9, asignar nombres a las señales digitales de entrada y salida, y guardar la configuración de los instrumentos virtuales en un fichero. Tras este proceso, la reproducción de una práctica es inmediata. Todo lo que se necesita es pinchar la tarjeta de conexionado rápido en el lado derecho de la estación de trabajo, lanzar la aplicación de PC y recuperar el fichero de configuración.

En la fase de documentación o de elaboración del texto de las prácticas también resulta interesante el software de PC elaborado con LabVIEW. El profesor puede capturar imágenes de la pantalla, utilizando la opción de menú *Copy Data* que ofrece el menú contextual de cada indicador gráfico, y llevar la imagen al procesador de textos.

6. INTERNET Y EL ELECTRONICS-LAB

El equipo Electronics-Lab se diseñó desde un principio como un laboratorio de electrónica controlado por ordenador. La capacidad de interconexión que ofrecen las redes de ordenadores permite convertir al equipo en un laboratorio remoto, haciendo posible la realización de prácticas de electrónica a través de una red local, o desde Internet.

El procedimiento que debe seguirse para la construcción de un laboratorio remoto, consiste en desarrollar una aplicación cliente-servidor. En el lado del servidor deben estar presentes tres elementos principales: el circuito de prácticas objeto del experimento, el hardware de I/O para excitar las entradas del circuito y para observar la respuesta del mismo, y el software que permita el control del hardware de I/O desde el servidor o desde un cliente remoto. La estación de trabajo permite montar circuitos en el área reservada a los prototipos, o utilizar prácticas montadas en tarjetas de conexionado rápido, y además aporta el hardware de I/O que precisa el servidor. Gracias a la funcionalidad que proporciona la tecnología de *Paneles Remotos*, presente desde la versión 6.1 de LabVIEW, es muy sencillo publicar el interface de usuario de la figura 2 en la Web, para que el cliente, provisto de un navegador, se conecte a la dirección URL facilitada por el servidor y pueda observar el experimento o interactuar con el mismo, de igual forma a como lo haría desde el propio servidor. Ésta tecnología no descuida las cuestiones de seguridad en la red. Es posible especificar una lista con las direcciones IP de los clientes que tienen permiso para acceder al servidor, así como los derechos que les proporciona tal acceso. Admite que hasta 50 clientes remotos se conecten de forma simultánea al servidor y puedan observar el experimento, aunque en cada instante solo uno pueda controlarlo. El cliente que consigue el control del experimento puede cederlo al servidor, para que otro cliente lo obtenga posteriormente. En cualquier momento, el servidor puede retomar el control de la práctica, dejando al cliente que disponía del control como un simple observador.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Barrón, J. Martínez. Laboratorio de Electrónica “Electronics-Lab”. *Actas del IV Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica: TAE 2000*. Barcelona 33-36 (Septiembre 2000).
- [2] Goldberg, B., *Digital Frequency Synthesis Demystified*, LLH Technology Publishing, Eagle-Rock VA, 1999
- [3] M. Barrón, J. Martínez., “Electronics Lab”, *Circuit Cellar #131*, Vernon CT, pp. 38-46, June 2001.
- [4] LabVIEW, National Instruments Corporation en <http://www.ni.com>.