

# **PUESTO DE LABORATORIO DE ELECTRÓNICA ORIENTADO A LA ENSEÑANZA NO PRESENCIAL**

M. De la Fuente Ruz, J.B. Ramírez López, J.I Ojeda Muñoz  
Dpto. Electrónica. Universidad Jaén. Avda. Madrid 35, 23001 Jaén.  
Tno:953-212434. e-mail:mfuente@tripas.ujaen.es

**RESUMEN.-** En este trabajo se presenta el desarrollo de los instrumentos y equipos básicos para crear un puesto de electrónica cuyo coste y facilidad de manejo lo hacen adecuado para su utilización en la enseñanza a distancia o como equipamiento complementario para que el alumno pueda realizar prácticas en casa en la enseñanza presencial. El desarrollo gira alrededor de un ordenador personal y tres equipos básicos: fuente de alimentación, generador de señales y osciloscopio digital de baja frecuencia. La conexión de los equipos se realiza a través del puerto de impresora y mediante un software gráfico específico se realiza el control desde el computador.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Uno de los problemas más importantes y no resueltos satisfactoriamente en la enseñanza técnica universitaria es la formación práctica. Sus causas suelen ser: falta de equipamiento, masificación y en otros casos el reducido número de horas que los planes de estudios dedican a esta formación. Esta situación se ve más agravada en el caso de la enseñanza a distancia donde solo a final de curso y durante una o dos semanas se concentran todas las prácticas de las asignaturas, siendo nula la coordinación entre el estudio de la teoría y la práctica.

Para buscar una posible solución al problema, teniendo en cuenta que resulta cada vez más frecuente que los alumnos universitarios dispongan de ordenador personal propio, se propone un equipo de laboratorio basado en un ordenador personal y que armoniza de manera efectiva los siguientes aspectos:

- Coste. Que debe ser abordable por el alumno y/o departamento en el caso de cesión temporal de los equipos.
- Funcionalidad. Suficiente para que puedan realizarse una variada gama de prácticas dentro del campo de la electrónica e instrumentación.
- Facilidad y seguridad de uso. Ya que el alumno no va a tener un profesor que le guíe en el manejo.
- Robustez. El equipo debe estar diseñado de modo que esté protegido contra posibles (seguros) errores de manejo.

## 2.- CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de abordar el diseño se ha estudiado el equipamiento básico necesario de un laboratorio de electrónica [6] (básica, fundamental). En este equipamiento se encuentra en todos los casos: una fuente de alimentación (simétrica), un generador de señales (de baja frecuencia <2 Mhz), un osciloscopio de doble canal (analógico <20 Mhz) y un multímetro digital.

Se ha planteado el diseño de los tres primeros equipos pues el coste actual de un multímetro portátil no justifica su diseño. Además, se han marcado unos límites de coste en cada equipo de modo que pueda ser adquirido sin excesivo problema por el estudiante universitario medio. Para ello ha sido preciso limitar las prestaciones finales de los equipos (frecuencia máxima, amplitud etc.) que siendo conscientes de que quedan debajo de las características habituales, no es menos cierto que en la mayoría de los casos simples modificaciones en las prácticas a desarrollar permitirían utilizar esta instrumentación.

En la propuesta que se desarrolla se muestra un puesto formado por:

Fuente de alimentación doble ajustable en tensión y limitación de corriente y visualización digital (en el computador) del valor instantáneo de tensión y corriente en cada sección. El rango de tensiones va de 0 a  $\pm 15$  V DC y 0 a 1 A.

Generador de señales analógico gobernado mediante un microcontrolador ( $\mu C$ ) con forma de onda, amplitud, offset y frecuencia (0.1 Hz a 1 Mhz) programable.

Osciloscopio digital microControlado de doble trazo con amplificador vertical programable, acoplamiento AC-DC, 10 bits+signo de resolución y 150 a 300 Kmuestras/s de velocidad de muestreo. El control y presentación de las señales captadas se realiza a través del computador.

## 3.- CARACTERÍSTICAS COMUNES

Con objeto de reducir al máximo los costes y simplificar la instalación y manejo de los equipos se ha optado por utilizar como interfase de comunicación con el ordenador el puerto de impresora. Esta elección simplifica notablemente la electrónica de interconexión con el ordenador a la vez que permite conseguir una tasa de transferencia de datos elevada (superior a 100 Kbit/s) y con una arbitración muy sencilla. El protocolo implementado en la transmisión a través del puerto es un protocolo serie específico (tengase en cuenta que no es posible establecer una comunicación paralelo bidireccional [1] pues el puerto de impresora del ordenador solo permite transferencias en paralelo en un sentido desde el computador hasta la impresora). El protocolo implementado tanto a nivel físico como lógico es equivalente al SPI (Serial Peripheral Interconnection) utilizado habitualmente en la interconexión de circuitos integrados a nivel de placa. En el caso del osciloscopio y generador un sencillo microcontrolador se encarga de controlar la transferencia de datos. Además una librería de enlace dinámico en el ordenador ejecuta todo el protocolo necesario.

El dispositivo utilizado para gestionar los protocolos y controlar los instrumentos es un microcontrolador ( $\mu C$ ) de 8 bits de Philips con un núcleo tipo 8051 y con un set de instrucciones algo reducido. El  $\mu C$  [2],[3] dispone de 19 líneas I/O, 1 Timer y 1Kb de memoria ROM como características más significativas. Su bajo coste y altas prestaciones, unido a la disponibilidad de herramientas para la programación han sido los factores clave en

la elección de este dispositivo.

La alimentación de los módulos se consigue a través de un alimentador universal o si se dispone del módulo "Fuente de Alimentación" mediante de un conector auxiliar del que dispone. La alimentación negativa del generador y osciloscopio se obtienen por medio de inversores capacitivos de tensión.

Los equipos utilizan el puerto de impresora como si de un bus se tratase [4] ( todos conectados en paralelo) y mediante unos puentes es posible seleccionar la dirección de atención del dispositivo. El bus se ha construido mediante un simple y económico cable plano y conectores Sub-D del tipo reemplazo de aislante (presión). Se ha diseñado el sistema de modo que es posible conectar hasta 8 instrumentos distintos.

#### 4.- GENERADOR DE SEÑALES

El generador de señales permite obtener señales armónicas con forma de onda senoidal, triangular y cuadrada. Es posible ajustar desde el computador el tipo, frecuencia, amplitud y desplazamiento del 0 (offset) de la señal generada. El rango de frecuencias de trabajo va desde 0.1 Hz hasta 1Mhz con una amplitud de  $\pm 10$  Vpp ajustable en 255 escalones al igual que el desplazamiento del 0.

Tal como muestra el esquema de la figura 1, el diseño está centrado en un generador analógico de señales tipo XR2206. Mediante la conmutación de condensadores y la variación de la corriente de carga es posible ajustar (grueso y fino respectivamente) el valor de la frecuencia de oscilación. Para estabilizar la frecuencia se ha implementado un bucle de enganche de fase (PLL) utilizando la entrada de "Timer" del  $\mu C$  para medir en cada momento la frecuencia de la señal y ajustar convenientemente la corriente de carga para conseguir el valor prefijado de frecuencia de oscilación. El ajuste de la amplitud y desplazamiento del cero se realiza mediante conversores digital-analógicos de 8 bits.

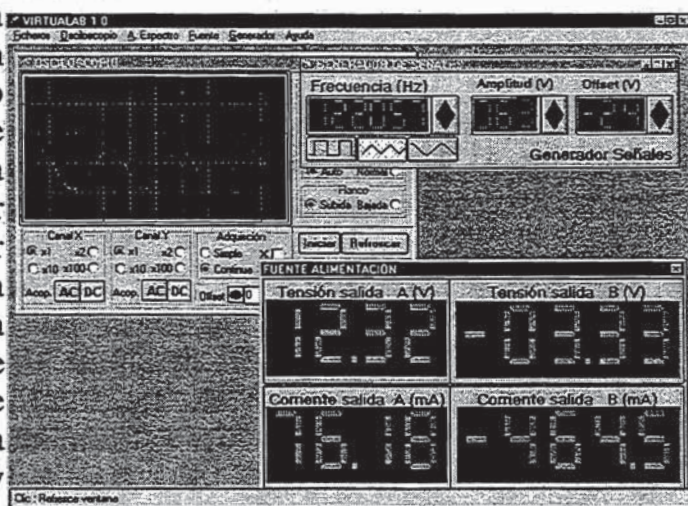


Figura 1. Aspecto de las ventanas con los instrumentos

El software que controla el sistema desde el ordenador forma parte del programa bajo Windows VirtualLAB figura 1. Una de las ventanas del programa permite el control del generador. Tal como se aprecia en la figura 1, los mandos del instrumento se han tratado de aproximar a los que normalmente incorporan los generadores clásicos de banco para que el cambio en el tipo de instrumentación no suponga una complicación añadida para el alumno. Además la instalación del equipo es inmediata (PLUG & PLAY) pues el programa del computador y el incluido en el  $\mu C$  se encarga de comunicarse y autoconfigurarse.

## 5. OSCILOSCOPIO

El desarrollo de este equipo ha supuesto el reto mas importante de este trabajo. Se ha tratado de armonizar coste junto a digitalización de señales a elevada frecuencia.

El equipo diseñado dispone de todas las funciones básicas de un osciloscopio convencional, es decir: amplificador de entrada ajustable, filtro de entrada AC/DC, base de tiempos y selector del modo, canal y valor de disparo. Además y gracias al computador es posible realizar funciones de medida propias de osciloscopios digitales de gama alta (promediado, medida de frecuencias, interpolación etc.). Esta potencialidad adicional queda solo limitada por las posibilidades del programa de tratamiento de

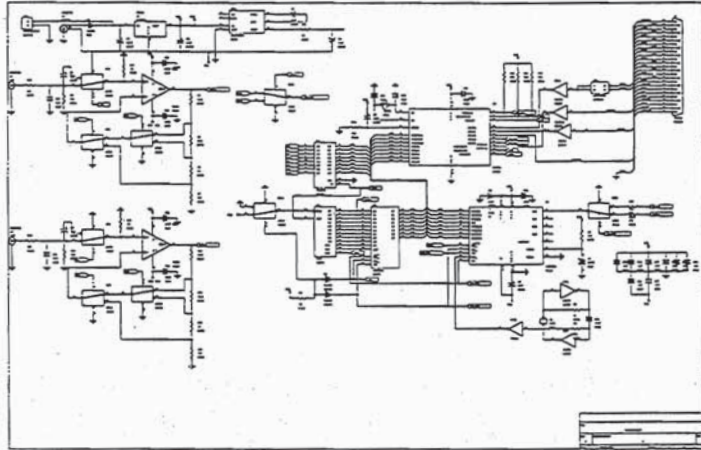


Figura 2. Esquema eléctrico del osciloscopio digital del programa de tratamiento de señal. Al igual que el generador el osciloscopio se conecta al puerto de impresora del ordenador utilizando el mismo protocolo para la intercomunicación.

Las características del equipo se pueden resumir como sigue:

Ancho de Banda 3 Mhz, 2 canales de entrada, Máxima frecuencia de muestreo 150 Kmuestras/s, Resolución  $\pm 10$  bits, 3 rangos de entrada, modo AC/DC, memoria de 2 Kb.

Tal como muestra la figura 2, el diseño del equipo gira en torno a dos piezas básicas: el  $\mu$ C y el convertidor analógico-digital (A/D). Se utiliza el  $\mu$ C 87C750 de Philips en su versión más rápida (40 Mhz). El convertidor A/D utilizado es del tipo aproximaciones sucesivas [5] (con red de capacidades ponderadas) modelo ADC10154 de National Semiconductor. Este convertidor paralelo permite muestrear señales con  $\pm 10$  bits de resolución en menos de 5  $\mu$ segundos con lo que se puede lograr tasas de muestreo de hasta 150 Kmuestras/s. Para optimizar (acelerar) al máximo el proceso de conversión A/D y almacenamiento en memoria se utiliza un circuito contador externo para direccionar la memoria secuencialmente.

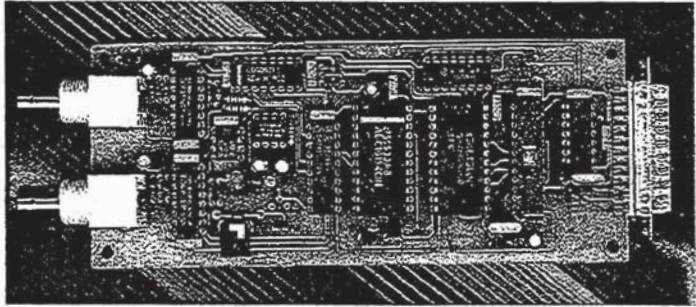
Para la selección de canales, ajuste del amplificador y modo de entrada se han utilizado varios multiplexores analógicos tipo 4051. Se ha optado por utilizar este tipo (más barato) frente a dispositivos mas caros (DG509 etc.) ya que estos últimos no introducen una mejora apreciable que justifique su coste. Lo mismo se puede decir sobre los amplificadores operacionales de la etapa de entrada que han sido elegidos muy ajustados a las especificaciones del equipo.

El software que controla el equipo forma parte del programa bajo Windows VirtualLAB. Mediante el menú del programa se tiene acceso a la ventana del osciloscopio. En la figura 1, se muestra el aspecto final de la ventana en ella se puede apreciar los distintos controles que permiten su manejo. Además de las funciones accesibles desde los botones de la ventana, es posible acceder a otras a través del menú. Las funciones auxiliares son: Zoom (multinivel),

Cursores de medida (tiempos y amplitud), Impresión vectorial de la pantalla , Ajuste de los colores de los trazos, Operaciones matemáticas con las medidas (Suma, Diferencia, Máximo, Mínimo, Valores pico-pico etc..), Transferencia de la pantalla al portapapeles etc..

## 6. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En el diseño de la fuente de alimentación se ha buscado armonizar de manera óptima aspectos como robustez, fiabilidad, tamaño y coste. Para conseguirlo se ha implementado el diseño como fuente lineal utilizando reguladores tipo L200 como núcleo del sistema. Mediante un simple transformador auxiliar se suministra la



energía a la fuente. Mediante 4 potenciómetros se puede ajustar la tensión y corriente (límite) de salida. Un convertidor A/D de cuatro canales y conexión serie es permite monitorizar los valores de tensión y corriente en cada canal.

El control del computador sobre la fuente es nulo. El ordenador se limita a presentar información digital figura 1, sobre los valores de tensión y corriente por cada salida. La ventana que visualiza la salida de la fuente forma parte del programa VirtualLAB que integra todos los instrumentos.

La fuente dispone de salida auxiliar para alimentar si se desea el generador y osciloscopio.

## 7. COSTE

Uno de los factores más importantes en los diseños planteados ha sido la armonización del coste y especificaciones para conseguir el objetivo de que estos equipos puedan ser adquiridos sin excesiva dificultad por parte del estudiante. Esto ha condicionado totalmente los diseños de modo que se ha optado por soluciones simples y económicas frente a otras más sofisticadas y con mejores prestaciones pero más costosas. Por otra parte la utilización del puerto paralelo para la comunicación con los dispositivos ha simplificado (y abaratado) notablemente el diseño.

No obstante, difícilmente se conseguiría el objetivo perseguido si no se considerase que dos de los factores que mas inciden en el coste final han sido cancelados. Estos son: I+D y comercialización. Los gastos de I+D soportados por la Universidad no van a repercutir de manera directa en el material. Lo mismo sucede con la comercialización en la que al igual que cualquier material impreso la Universidad puede ponerse a la venta para sus alumnos a precio de coste.

Los costes estimados aproximados de los equipos van desde la 6000 pts para la fuente de alimentación hasta las 9000 pts para el osciloscopio.

## 8. PRACTICAS

Tal como se ha indicado en la introducción el utilizar esta instrumentación para que los alumnos realicen las prácticas supone necesariamente una adecuación de éstas a las características de los equipos. Las limitaciones más significativas de los equipos son: frecuencia de muestreo (osciloscopio) y corriente y tensión máxima de la fuente. Estas limitaciones pueden suponer en muchos casos variaciones pocas significativas en las prácticas, en otros sin embargo, será preciso redefinirlas completamente. Además es preciso que en la creación de las prácticas se contemple la utilización de componentes electrónicos de fácil adquisición (coste y disponibilidad) pues el alumno deberá adquirirlos en su ciudad y a su cargo.

## 9. RESULTADOS Y TRABAJOS EN CURSO

El funcionamiento de los primeros prototipos construidos, figura 3, nos permiten anticipar que el éxito del desarrollo, resultando ser una solución viable al problema inicial planteado.

En una segunda fase se trabajará sobre el desarrollo de un conjunto específico de prácticas de electrónica básica e instrumentación adaptadas a este equipamiento. Además en estas prácticas se tratará de combinar la instrumentación junto con las prestaciones multimedia del computador de modo que los manuales de prácticas resulten realmente interactivos.

En la actualidad se trabaja sobre la implementación del software necesario para construir (basado en la señal del osciloscopio) un analizador de espectro con prestaciones aceptables.

Cabe destacar que este tipo de instrumentación integrada totalmente en ordenador personal, permite abordar de forma efectiva y económica prácticas de simulación y experimentación simultánea sobre circuitos y/o dispositivos reales.

## 10.- REFERENCIAS

- [1] IBM Co. "PC XT reference manual". IBM Co. 1984
- [2] Philips. "80C51 Based 8-Bit Microcontrollers Data Handbook". Philips 1994
- [3] Intel. "Embedded applications Vol. 2". Intel Co. 1995
- [4] Varios autores. "Interconexión de periféricos al  $\mu P$ ". Serie mundo Electrónico. Marcombo
- [5] Analog Devices. "Analog to Digital Conversion Handbook". Prentice Hall 1986
- [6] E. Mandado, P. Mariño, A. Lago. "Instrumentación electrónica". Marcombo 1995