

## INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL BASADA EN UN PIC

J.L. RODRÍGUEZ, M.C. CURRÁS, M.D. VALDÉS, E. MANDADO

*Instituto de Electrónica Aplicada. Departamento de Tecnología Electrónica.  
Universidad de Vigo. 36200 Vigo.*

*Este trabajo presenta la implementación, características y verificación experimental de un laboratorio virtual para la enseñanza-aprendizaje de la Electrónica. El principal objetivo es el desarrollo de un sistema de instrumentación electrónica de bajo coste basado en el uso de un ordenador personal y de un sistema de adquisición de señales diseñado a partir de un microcontrolador PIC.*

### 1. Introducción

El aprendizaje de la Electrónica implica la adquisición de conocimientos teóricos a través de la experimentación práctica. Tradicionalmente ésta última se consigue acudiendo a laboratorios docentes suficientemente equipados para la realización de un conjunto de prácticas adecuadas. El problema de esta solución es el coste de la instrumentación de los laboratorios que suele ser bastante elevado. Una alternativa lo constituyen los sistemas de instrumentación virtual, que utilizan un sistema de adquisición de datos para la adquisición/generación de señales analógicas o digitales, y un ordenador personal (PC) para procesar la información que proporciona el sistema de adquisición de datos y visualizar los resultados de las mediciones. A partir de un mismo sistema hardware (sistema de adquisición de datos + PC) se pueden realizar diferentes instrumentos de medida o generación de señales, como por ejemplo: fuente de alimentación, generador de señal, multímetro, osciloscopio,

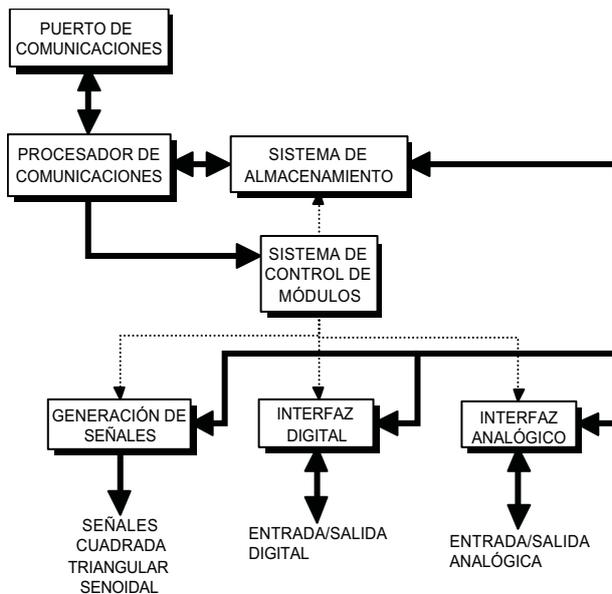


**Figura 1:** *Concepto de instrumentación virtual*

analizador lógico, analizador de espectro, analizador de redes, etc., como se muestra en la figura 1. Cada uno de estos instrumentos recibe el nombre de instrumento virtual. Un laboratorio de instrumentación virtual tiene numerosas ventajas para la enseñanza-aprendizaje de la Electrónica. Desde el punto de vista económico puede ser la alternativa al laboratorio tradicional, en el que el equipamiento es mucho más caro. Desde el punto de vista físico implica una reducción del

espacio que ocupan los instrumentos en un laboratorio. Desde el punto de vista didáctico permite, por una parte, que el alumno disponga de muchas más horas de dedicación puesto que el laboratorio virtual puede ubicarse incluso en su casa. Y, por otra parte, que el alumno se familiarice con los instrumentos tradicionales desde su ordenador antes de manejarlos.

Teniendo en cuenta las ventajas previamente mencionadas se ha desarrollado un sistema de adquisición/generación, procesado y presentación de datos, basado en un ordenador personal y un microcontrolador PIC. En los siguientes apartados se describen el sistema de adquisición



**Figura 2:** Diagrama de bloques del sistema de adquisición

desarrollado y las aplicaciones software que corresponden a los dos instrumentos virtuales realizados: un osciloscopio y un analizador lógico. El sistema de adquisición está basado en un microcontrolador PIC [1]. Esta familia de microcontroladores de 8 bit se caracteriza por utilizar un juego de instrucciones reducido, ciclos de búsqueda y ejecución de instrucciones simultáneos, tener memorias de programa y de datos independientes, lo que posibilita la ejecución de instrucciones en un ciclo de máquina, disponer de recursos internos tales como memoria, convertidor analógico-digital, entradas de interrupción externas, comunicación serie, etc. En un análisis comparativo con otros micros de 8 bit la velocidad de ejecución de los PIC es mayor. Las características antes mencionadas hacen de este microcontrolador un dispositivo idóneo para realizar sistemas de adquisición/generación de datos.

En la figura 2 se puede ver el diagrama de bloques del sistema de adquisición diseñado, que consta de 3 entradas analógicas, 16 entradas/salidas digitales, 1 generador de señales con tres formas de onda básicas y se comunica con el PC a través del puerto paralelo [2] de éste último. Con estas características se consigue un sistema de instrumentación básico que permite realizar diferentes prácticas de electrónica analógica y digital. La función del sistema de adquisición/generación es llevar a cabo las tareas de comunicación con el PC, almacenamiento de los datos y la interfaz de entrada/salida de las señales analógicas y digitales.

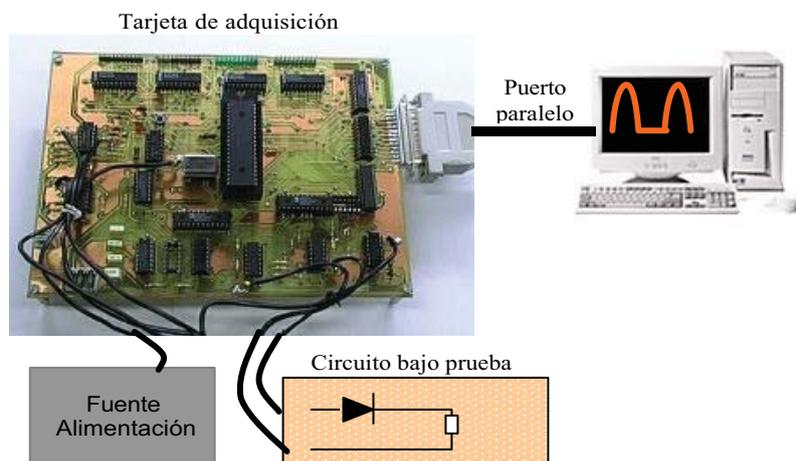
En la figura 3 se muestra la tarjeta de adquisición desarrollada. Tal como se dijo anteriormente, en un sistema de instrumentación virtual se utiliza el mismo hardware para implementar diferentes instrumentos electrónicos. Por tanto, con dependencia del instrumento que se quiera utilizar es necesario configurar el sistema de adquisición/generación para que haga una tarea u otra (generación de una señal digital, generación de una señal analógica, adquisición de una señal digital o adquisición de una señal analógica). Dicha configuración se lleva a cabo mediante un conjunto de tramas que envía el PC al PIC.

## 2. Sistema de adquisición/generación de datos

El sistema de adquisición está basado en un microcontrolador PIC [1]. Esta familia de microcontroladores de 8 bit se caracteriza por utilizar un juego de instrucciones reducido, ciclos de búsqueda y ejecución de instrucciones simultáneos, tener memorias de programa y de datos independientes, lo que posibilita la ejecución de instrucciones en un ciclo de máquina, disponer de recursos internos tales como memoria, convertidor analógico-digital, entradas de

En cuanto a la capacidad de generación/adquisición de señales digitales se han previsto diferentes modos de funcionamiento. Es posible generar patrones y adquirir datos de una longitud de palabra a escoger entre 8 y 16 bits. Además, permite definir una palabra de disparo que se puede utilizar en la adquisición.

En cuanto a capacidad de generación/adquisición de señales analógicas dispone de 3 canales de entrada analógica en un rango de  $\pm 10V$  y un generador de señales. Este último permite



generar hasta 3 señales bipolares simultáneamente (cuadradas, triangulares o senoidales) de igual frecuencia y offset pero de amplitud diferente.

Tal como se indica anteriormente, el puerto que se ha elegido como interfaz de comunicaciones con el PC es el puerto paralelo. Los motivos por los que se ha elegido son:

- La disponibilidad en cualquier PC comercial y la facilidad de conexión.
- La velocidad de

**Figura 3:** Sistema de adquisición

transmisión de 1,2 Mbytes/s en modo ECP que garantiza una frecuencia de operación de los instrumentos virtuales adecuada para fines docentes.

- La capacidad de asociar a un mismo periférico diferentes funciones, lo que permite el funcionamiento simultáneo de diferentes instrumentos virtuales.

En la tabla 1 se hace una comparación de las características más notables de algunos puertos de comunicaciones.

Interfaz	Tipo	Vel. transmisión
Puerto paralelo	Paralelo	ECP hasta 1,2 MBytes/s
RS-232	Serie	115.200 Bits/s
USB	Serie	12Mbits/s
IEEE-1394	Serie	400Mbits/s
IrDA	Serie	115.200 Bits/s
IEEE-488	Paralelo	1MBit/s

**Tabla 1:** Tabla comparativa de distintos puertos de comunicaciones

### 3. Software de adquisición

La aplicación desarrollada en este trabajo se rige por una configuración maestro-esclavo, en la cual el maestro es el ordenador personal y el esclavo es el microcontrolador PIC. Como se ha descrito en el apartado anterior, el PIC se encarga del protocolo de comunicación y de la adquisición, generación y digitalización de los datos medidos. El ordenador personal es el que inicia una medida, configura el modo de funcionamiento del sistema, y procesa los datos

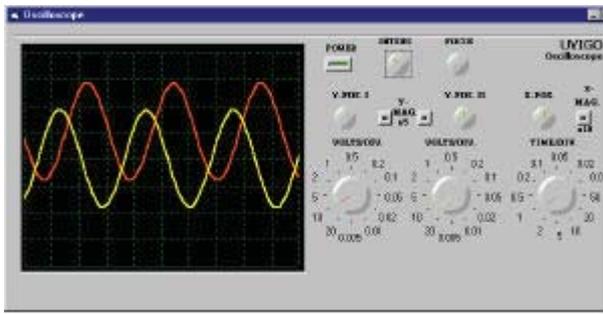
que le envía el PIC para presentarlos adecuadamente en pantalla.

La parte de software del PIC se ha desarrollado en lenguaje ensamblador. En el ordenador personal, por una parte se ha desarrollado una aplicación de alto nivel que se encarga de gestionar y presentar las medidas y que se ha realizado en Visual Basic 6.0, y por otra parte se ha utilizado lenguaje ensamblador de PC para el desarrollo de VXD de comunicación por el puerto paralelo.

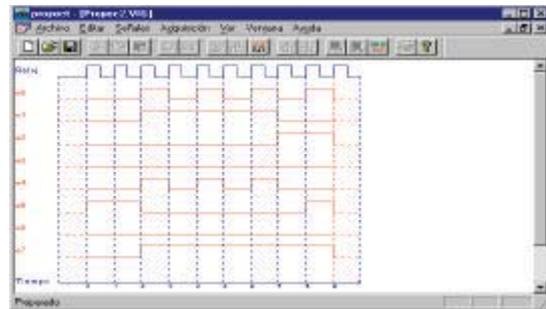
Desde el programa de alto nivel se puede ordenar tanto la adquisición de una medida del circuito bajo prueba, como la generación de una secuencia patrón para ser enviada a dicho circuito y analizar su respuesta. En cualquier caso, inicialmente se ha de enviar una secuencia de configuración desde el ordenador personal al PIC para indicar el modo de funcionamiento a proseguir.

En el laboratorio virtual se ha comenzado por el desarrollo de dos instrumentos ampliamente utilizados en los laboratorios docentes, uno analógico y otro digital. Estos dos instrumentos son el osciloscopio y el analizador lógico.

El osciloscopio virtual ha sido desarrollado siguiendo el modelo de HAMEG que los alumnos van a utilizar a posteriori en el laboratorio disponible en este Departamento. Por ello se ha intentado imitar la mayoría de sus funciones y la apariencia, como se puede observar en la figura 4. Con él se puede seleccionar la base de tiempos y de tensiones, el nivel y el flanco de disparo, magnificadores de los ejes X e Y, etc., sin más que utilizar los botones equivalentes al real.



**Figura 4:** Pantalla del osciloscopio virtual



**Figura 5:** Pantalla del analizador lógico virtual

El analizador lógico ha sido desarrollado siguiendo otra filosofía, es decir, no se ha centrado en un instrumento físico en concreto y se le ha dado una apariencia de programa de Windows, como muestra la figura 5. De esta manera se pretende comprobar la utilidad o no de emular un instrumento físico tanto en su apariencia como en su funcionamiento. Este analizador lógico virtual posee, en la actualidad, 8 canales de información en los que se puede hacer medidas continuamente desde el instante de arranque o desde que se produzca una condición determinada.

El trabajo desde el punto de vista software se enfoca ahora al desarrollo de otros instrumentos virtuales que completen un laboratorio de electrónica virtual analógico y digital.

#### 4. Conclusiones

En este trabajo se propone un laboratorio virtual para la enseñanza-aprendizaje de la Electrónica, basado en un ordenador personal y una tarjeta de adquisición diseñada a partir de un microcontrolador PIC.

#### Referencias

- [1] Datasheet PIC 16F87X, Microchip Technology Inc. (1998)
- [2] J. Axelson, *Parallel Port Complete*. Lakeview Research (1996)