

## LABORATORIO REMOTO DE TEST: CARACTERIZACIÓN DE UN CONVERTIDOR ANALÓGICO - DIGITAL

R. MOZUELOS, M. A. ALLENDE, M. MARTÍNEZ Y S. BRACHO

*Departamento de Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática.*

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación.*

*Universidad de Cantabria. España.*

*{roman,allende,martinez,bracho}@teisa.unican.es*

*Este trabajo presenta una práctica de un curso de doctorado de test de circuitos integrados. En ella además de obtener conceptos teóricos, el alumno puede caracterizar las prestaciones de un convertidor analógico – digital controlando el laboratorio remotamente por medio de un navegador de Internet.*

### 1. Introducción

Actualmente existen cursos a distancia de test de circuitos integrados con tutoriales y lecciones teóricas que, a menudo, utilizan la simulación como alternativa debido a que la manipulación del instrumental de laboratorio es complicada,. La perdida del contacto con los equipos de medida del laboratorio presenta una desventaja, ya que la utilización de datos ideales oculta el análisis y la interpretación de medidas del mundo real. Las sesiones de laboratorio en los cursos de electrónica es una parte esencial que no debe ser menospreciada en la formación de los ingenieros de test de circuitos integrados [1]. Por este motivo, el grupo de Ingeniería Microelectrónica de la Universidad de Cantabria está desarrollando un laboratorio a distancia para realizar ejercicios prácticos de test de circuitos integrados (IC). Las prácticas consisten en verificar la funcionalidad y caracterizar las prestaciones de varios circuitos digitales, analógicos y mixtos y son una parte importante de los cursos de doctorado del programa de doctorado del departamento de Tecnología Electrónica, Ingeniería de Sistemas y Automática (TEISA).

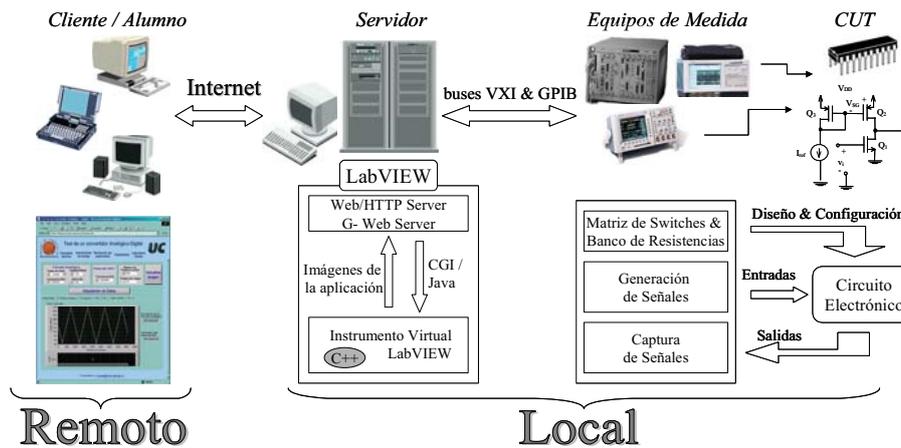
En este trabajo presentamos un ejemplo de utilización de la parte teórica y del laboratorio, donde a través de simple navegador web, el alumno puede adquirir los conocimientos teóricos sobre el test de convertidores Analógicos –Digitales (ADC) y caracterizar las prestaciones de uno de ellos. En concreto un ADC de 8 bits, cuya frecuencia máxima de muestreo es 40 MHz. Los parámetros que se obtienen se muestran en la tabla 1

Especificación	Metodología de test
Nolinealidad Diferencial (DNL) tanto estática como dinámica	Test de histograma
Nolinealidad Integral (INL)	Test de histograma
Relación Señal Ruido (SNR) y Número Efectivo de Bits (ENOB)	Ajuste de la curva a un seno
Nivel de armónicos y espurios	Transformada rápida de Fourier ("FFT")

**Tabla 1:** *Parámetros del ADC y metodología utilizada para obtenerlos*

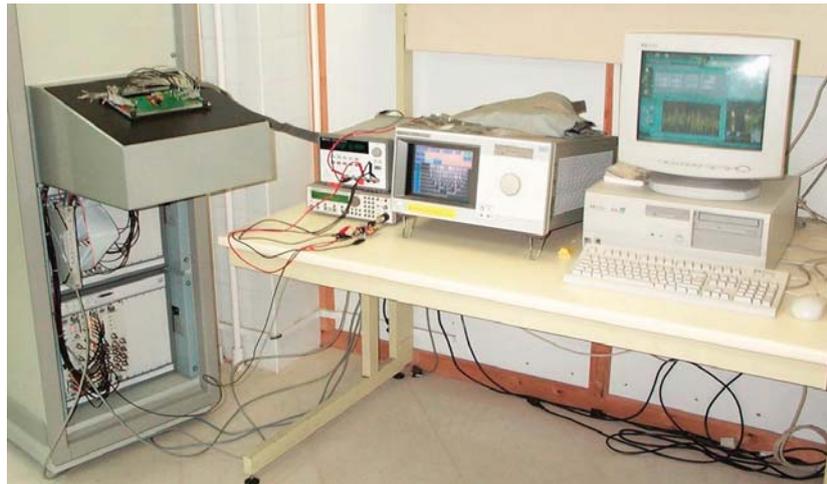
## 2. Sistema de medida remoto

La figura 1 muestra la arquitectura del sistema de medida virtual y la figura 2 una fotografía de su montaje en el laboratorio del grupo de Ingeniería Microelectrónica. El equipamiento utilizado está basado en un rack, controlado por un ordenador personal, a través de los buses de instrumentación VXI y IEEE-488 (GPIB). Además de los equipos necesarios para generar y capturar señales tanto analógicas como digitales, el sistema de medida dispone de una matriz de conmutadores y multiplexores analógicos. Esto permite incluir consideraciones de diseño en las prácticas ya que el alumno es capaz de seleccionar a distancia el valor de los componentes del circuito bajo test.



**Figura 1:** Conexiones hardware e interacciones software del laboratorio de test remoto

En el lado del cliente, el alumno se conecta remotamente con un sencillo navegador de Internet. En el entorno del servidor, se utiliza el programa LabVIEW para controlar físicamente el sistema de medida. El Internet Toolkit Package de LabVIEW [2] permite configurar un servidor G-Web en el ordenador. Este servidor web es capaz de interactuar con aplicaciones desarrolladas sobre LabVIEW, las cuales a su vez controlan y sirven de interfaz con los equipos de medida (instrumentos virtuales VI). Recogiendo los paneles frontales de los VI y enviando su imagen al navegador del alumno, éste tiene acceso remoto a la configuración del sistema de test y a las medidas realizadas por él.



**Figura 2:** Fotografía del sistema de medida remoto

Existen dos métodos que puede utilizar el usuario para enviar comandos en Internet. El primer procedimiento es el formulario estándar HTML, donde el usuario sólo necesita

rellenar unos campos y enviarlo. El segundo es a través de mapas de imágenes. Ambos métodos utilizan aplicaciones CGI (Common Gateway Interface) interpretables por el servidor web. El CGI es un estándar que permite la interacción de aplicaciones externas con servidores de información como servidores HTTP o servidores Web. El programa CGI se puede ejecutar en tiempo real en el servidor y es capaz de realizar virtualmente cualquier tarea en él. En este trabajo, los programas CGI se utilizan para validar los datos enviados a través de formularios, asignar valores a los controles de la aplicación LabVIEW, y para ejecutar y parar esta aplicación. De este modo, el alumno es capaz de obtener el control físico de los equipos de medida a través de su navegador de Internet.

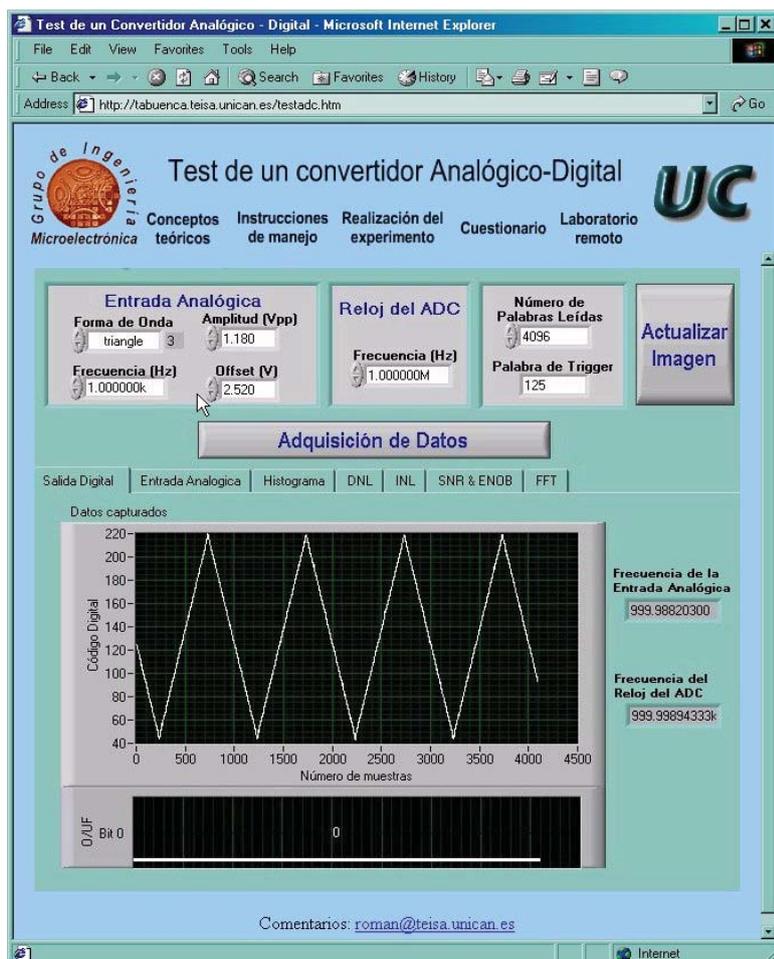
### 3. Descripción del experimento

El alumno dispone de un conjunto de páginas web donde se explica el objetivo de la práctica, se tiene una detallada descripción de las bases teóricas de la métrica del ADC, se presenta el entorno de medida junto con las prestaciones de los diferentes equipos que lo componen. También se proporciona las hojas de características del convertidor donde el fabricante incluye medidas y las condiciones en que estas fueron obtenidas. Finalmente, hay un cuestionario a disposición del alumno para que pueda evaluar el conocimiento adquirido.

Unos enlaces en la parte superior de todas las páginas web permiten pasar de una sección a otra fácilmente.

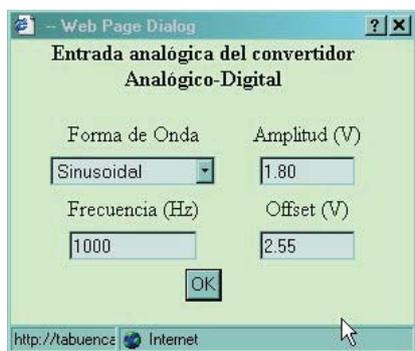
Una sesión típica del manejo del instrumental del laboratorio se realiza a partir de la página web mostrada en la figura 3. Esta página presenta una imagen del panel frontal de la aplicación LabVIEW. Bajo la imagen se ha construido un mapa sensible a la posición del ratón.

La secuencia de activación de los equipos y el procesado de los datos obtenidos con ellos se realiza con una aplicación ó instrumento virtual (VI) desarrollada con el software comercial LabVIEW. La aplicación se ha dividido en tres bloques que se ejecutan independientemente. Las etapas son la configuración de los equipos de medida, la adquisición de datos y el análisis de los datos adquiridos.



**Figura 3:** *Página web utilizada por el alumno para caracterizar el ADC*

En la etapa de configuración se fija la frecuencia del reloj del ADC y las características de la entrada analógica, forma de onda, frecuencia, amplitud y offset. También se decide el número de palabras digitales que se capturan a la salida del convertidor. El alumno configura los equipos de medida presionando sobre los controles que desea modificar, tras lo cual aparece un formulario (figura 4) para rellenar teniendo en cuenta los requerimientos del test a realizar, finalmente pulsa el botón “OK” para procesar la solicitud. Cuando el servidor Web recibe la solicitud, ejecuta un programa CGI, que cambia los controles de la aplicación LabVIEW, seleccionando únicamente la etapa de configuración y ejecuta la aplicación LabVIEW, después el servidor web refresca la imagen en el navegador del alumno.



**Figura 4:** Formulario para configurar la señal de entrada del ADC

La secuencia de adquisición comienza leyendo el Byte de salida del ADC junto con el bit de overflow/underflow. Posteriormente, se caracteriza con precisión la señal de entrada y el reloj del ADC, por medio de un osciloscopio y un contador de RF. Estos datos se almacenan en un fichero en el ordenador, de esta manera el alumno puede procesar los datos de diferentes formas sin la necesidad de tomar nuevas medidas. Este proceso se inicia presionando sobre la región de la imagen del navegador comprendida dentro del recuadro “Adquisición de Datos”.

Al alumno se le proporcionan diversas herramientas en la etapa de procesado. Se le muestran los datos adquiridos, tanto de la entrada analógica como de la salida digital del ADC y a partir de ellos se obtienen las figuras de mérito más importantes del convertidor. El procesado de los datos obtenidos en la última adquisición, se realiza presionando sobre las pestañas que identifican cada análisis en la imagen del navegador. Normalmente, el alumno debe primero verificar la adecuación de los datos adquiridos al test que realiza, mostrando la forma de onda analógica de entrada y la digital de salida del ADC, antes de continuar con su análisis, reajustando sus parámetros si fuese necesario.

#### 4. Conclusiones

Utilizando el laboratorio remoto el estudiante puede manejar los equipos del laboratorio y llevar a cabo medidas sobre el ADC. De tal manera, que si se obtienen datos no adecuados o carentes de sentido para el test deseado, el alumno puede interpretarlos y manejar los controles de los equipos para realizar una nueva adquisición.

La metodología de aprendizaje basada en el ciclo error/modificación, permite al alumno obtener un conocimiento más profundo sobre las medidas de test llevadas a cabo, así como aplicar los conceptos teóricos recibidos durante el curso

#### Referencias

- [1] K. K. Tan, T. H. Lee and F. M. Leu “Development of a Distant Laboratory using LabVIEW” International Journal of Engineering Education, paper 11 (1999)
- [2] Página Web de “LabVIEW Internet Developers Toolkit” de National Instruments <http://www.ni.com/labview/internet/>