

SISTEMAS AUTOMATICOS DE MEDIDA Y TEST. CURSO DE LABORATORIO

M. GASULLA, M.A. GARCÍA, M. FERNANDEZ, J. RAMOS, P. J. RIU,
J. ROSELL

*Departament d'Enginyeria Electrònica. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de
Telecomunicació. Universitat Politècnica de Catalunya. 08034, España.*

Este trabajo presenta un curso de laboratorio en el cual los alumnos se familiarizan con el diseño e implementación de sistemas automáticos de medida. El curso se imparte en las titulaciones de Ingeniería de Telecomunicación e Ingeniería Electrónica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la Universidad Politècnica de Catalunya. Se describen los objetivos, metodología y evaluación del curso, así como los recursos disponibles

1. Introducción

La automatización de las medidas está adquiriendo cada vez más importancia debido al interés creciente en aumentar la reproducibilidad del ensayo y disminuir el tiempo invertido en realizarlo. Los sistemas automáticos de medida y test, pues, aumentan la calidad y disminuyen los costes en diversos campos de aplicación como en el diseño y desarrollo, producción, medidas de campo o control de procesos.

Un impulso importante para el uso de sistemas automáticos ha sido la aparición de la norma ISO 9000, en el ámbito internacional, y de su versión en la UE (EN 29000). Los procesos de calidad han dejado de ser un factor de mérito de algunas empresas y se han convertido en una necesidad de supervivencia para casi todas, especialmente las productivas, pero cada vez más también las de servicios.

En este trabajo se presenta un curso de laboratorio en el cual los alumnos se familiarizan con el diseño y realización de sistemas automáticos de medida, a veces también denominados sistemas de instrumentación virtual (Figura 1). Podemos definir a éstos como una estructura compleja que agrupa un conjunto de instrumentos, un dispositivo o sistema en el que se mide, unas conexiones entre estos elementos y por último, y no menos importante, unos programas que se encargan de automatizar el proceso y de garantizar la repetibilidad de las medidas.

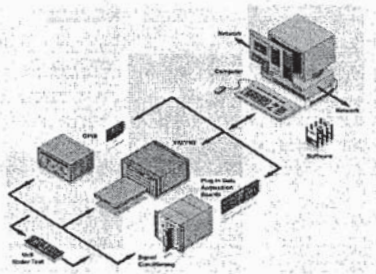


Figura 1: Sistema de instrumentación virtual (National Instruments Inc.)

2. Marco docente

Las prácticas que se presentan en este trabajo están incluidas dentro de la asignatura de Instrumentación Electrónica que se imparte en el segundo ciclo de Ingeniería de Telecomunicación y en los estudios de Ingeniería en Electrónica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de la UPC.

La Ingeniería de Telecomunicación se cursa en 10 cuatrimestres (de 15 semanas cada uno) con un total de 375 créditos (1,5 créditos = 1 hora de clase + 1 hora de trabajo personal por semana), incluyendo el proyecto final de carrera. La asignatura de Instrumentación Electrónica se cursa durante el segundo ciclo de la carrera (normalmente en el 7º ó 8º cuatrimestre). Dicha asignatura tiene asignadas 2 horas de teoría y 2 horas de prácticas a la semana (6 créditos), siendo el número máximo de alumnos por grupo de prácticas de 16.

El plan de estudios de Ingeniería en Electrónica en la UPC tiene una duración de 4 cuatrimestres y un total de 150 créditos. Se trata de una titulación de segundo ciclo con alumnos procedentes de primer ciclo de Ingeniería de Telecomunicación, Electrónica Industrial, Sistemas Electrónicos o Sistemas de Telecomunicación, por lo que la formación difiere de unos alumnos a otros. La asignatura de Instrumentación Electrónica se imparte en el primer cuatrimestre con la misma carga lectiva que en el plan de estudios de Ingeniería de Telecomunicación.

3. Objetivos, recursos, metodología y evaluación

El objetivo de la asignatura de Instrumentación Electrónica es que el alumno adquiera criterios para el diseño e implementación de sistemas de medida. Ello comporta la selección de los instrumentos, la definición del esquema y de los procedimientos de medida, y los cálculos de la incertidumbre total. Para conseguir este objetivo, el alumno deberá conocer métodos de medida, entender las especificaciones de los instrumentos y cómo conectarlos con otros equipos, saber procesar las medidas y calcular la incertidumbre asociada, y conocer las posibles interferencias y cómo reducir su efecto.

El curso de laboratorio complementa los conocimientos adquiridos en las clases teóricas y potencia las habilidades prácticas de los alumnos enfrentándolos con sistemas de medida reales, poniendo énfasis en los sistemas automáticos de medida y test. A tal fin, cada puesto de trabajo (que será empleado por dos alumnos) consta de instrumentos controlables por GPIB con prestaciones medias (osciloscopio, multímetro y generador de funciones), un ordenador personal (con una tarjeta controladora GPIB y otra de adquisición de datos) y una red de comunicaciones ethernet. El software para el diseño de sistemas de instrumentación virtual está basado en un paquete comercial. Cualquier entorno de desarrollo es adecuado a los objetivos propuestos y se ha escogido LabVIEW (National Instruments Inc.) que es un entorno de programación gráfico de gran implantación.

Para cumplir con los objetivos propuestos se han diseñado una serie de prácticas recogidas en un manual [1]. Cada práctica consta de una introducción, un estudio previo y un guión de las tareas a desarrollar (obligatorias y optativas). Las tareas obligatorias marcan los conceptos básicos que todos los alumnos deberían asimilar, mientras que las cuestiones optativas permiten a los alumnos más avanzados progresar hacia conceptos de más alto nivel. Al

comenzar cada práctica el profesor revisa los aspectos más relevantes del estudio previo a fin de orientar adecuadamente al alumno. Durante el desarrollo de la práctica el profesor atiende personalmente a las preguntas de los alumnos, lo cual le permite adaptarse al nivel de cada grupo y dedicar, si lo considerase necesario, más tiempo a los alumnos con mayores dificultades. Cada grupo debe disponer de una libreta de laboratorio que incluya los estudios previos, desarrollo y resultados experimentales de las diferentes prácticas. El profesor revisa dicha libreta regularmente para completar la información que tiene acerca del alumno y corregir los posibles errores que pudiera tener. Las prácticas están coordinadas con las clases teóricas que se imparten en paralelo para las cuales existe bibliografía adicional [2,3,4].

La evaluación de los alumnos se realiza a partir de los estudios previos, del desarrollo y los resultados de las prácticas, y del contenido de la libreta de laboratorio, ponderando en un 35 % la nota final de la asignatura.

4. Estructura y contenido de las prácticas

Las prácticas han sido diseñadas para que se pongan de manifiesto las limitaciones en las medidas debido a las especificaciones de los instrumentos, el ruido, las interferencias, etc. De esta forma, el alumno es capaz de identificar las limitaciones de sus propios diseños y proponer posibles soluciones alternativas. Debido a que el énfasis de las prácticas recae en la obtención e interpretación de las medidas, se proporciona al inicio de cada una de ellas (excepto en la última) un núcleo de programación básico para minimizar el tiempo dedicado al diseño del "software". Para adaptarse mejor al perfil de los estudiantes, la práctica 8 difiere para los alumnos de ambas titulaciones. Mientras que en Ingeniería en Electrónica se propone la medida de las características de un amplificador operacional en Ingeniería de Telecomunicación se realiza el test de un VCO y un PLL.

El curso consta de 15 sesiones de 2 horas y cada práctica comprende 1 o varias sesiones. Las prácticas se distribuyen en cinco bloques temáticos, que cubren los diferentes objetivos:

- En la primera práctica, de dos sesiones, se describe el puesto de trabajo de cada grupo y se introduce al alumno en el entorno de trabajo LabVIEW que se utilizará en el curso para el diseño de sistemas automáticos de medida.
- Las prácticas 2 y 3, de una sesión cada una, introducen al alumno en el bus de instrumentación GPIB y en el control de los instrumentos a bajo nivel mediante funciones basadas en GPIB 488.2 y en VISA.
- Las prácticas 4 y 5, de una sesión cada una, ponen de manifiesto las limitaciones de los instrumentos del laboratorio. En la práctica 4 el alumno debe comprender las especificaciones de errores del generador de funciones y del multímetro digital, y realizar medidas de frecuencia y tensión para evaluar los errores sistemáticos de los instrumentos utilizados. En la práctica 5 el alumno aprende a analizar y tratar los errores aleatorios (ruido) que aparecen en un sistema de medida, así como a expresar la medida y el intervalo de incertidumbre debido a los errores sistemáticos y aleatorios. Se propone la medida automática de una resistencia de valor elevado con el multímetro, donde se pone de manifiesto la interferencia de la red eléctrica y cómo minimizar su efecto en las medidas.

- Las prácticas 6 y 7, de dos sesiones cada una, introducen al alumno en el análisis de señales en el espacio frecuencial. La práctica 6, mediante el uso del osciloscopio digital y de las librerías de análisis de LabVIEW, propone al alumno crear un analizador de espectros virtual. Mediante la estimación del espectro de potencia de diferentes señales (senoidales, cuadradas, triangulares) proporcionadas por el generador de funciones, se analizan diversas limitaciones y características de los analizadores de espectro basados en la transformada FFT, como el efecto del ruido, del aliasing, de las ventanas temporales utilizadas, del número de promediados realizados o del compromiso entre margen y resolución frecuencial. La práctica 7 propone al alumno que realice un analizador de redes virtual para estimar la respuesta frecuencial, en módulo y fase, de un filtro de audio. Los instrumentos físicos utilizados son un generador de señal y un osciloscopio digital de doble canal. Se analizan los errores en la medida del módulo y la fase debidas al ruido y a las limitaciones de los equipos.
- La práctica 8, de tres sesiones, propone al alumno el diseño de un sistema automático de medida y test para caracterizar un amplificador operacional (Ingeniería Electrónica) o un sistema formado por un VCO y un PLL (Ingeniería de Telecomunicación). En esta práctica el alumno ha de realizar una serie de pruebas sobre el dispositivo que se quiere caracterizar, generando una alarma si el resultado de las medidas no se ajusta con las especificaciones proporcionadas por el fabricante. El alumno deberá utilizar algunos de los instrumentos virtuales realizados en las prácticas anteriores y integrarlos en un programa de test automático.
- La práctica 9, de dos sesiones, inicia al alumno en el control de instrumentos a través de Internet. Para ello, se propone el estudio del estado de calibración de los multímetros del laboratorio.

5. Conclusiones

Hoy en día es ineludible complementar las clases magistrales sobre teoría de la medida con el uso de ordenadores para la adquisición de datos y el diseño de instrumentación virtual. Además, su uso potencia la motivación del alumno para el estudio de estas materias.

La complejidad de los instrumentos y los sistemas de desarrollo de instrumentación virtual obligan a plantear las prácticas de una forma bastante dirigida en lo referente a programación. Así, el estudiante tiene tiempo para reflexionar sobre los métodos de medida y los resultados y no dedica todos sus esfuerzos a la programación y resolución de problemas de software. La realización de las medidas sobre sistemas reales motiva más al estudiante y éste aprende a enfrentarse a las limitaciones y problemas del "mundo real".

Referencias

- [1] M. Fernández, M.A. García, J. Ramos, P.J. Riu, J. Rosell. *Sistemas de test automático. Curso de laboratorio*. Edicions Virtuals UPC (1999)
- [2] R. Pallás. *Teoria bàsica d'errors*. Edicions UPC (1996)
- [3] P. Riu, J. Rosell, J. Ramos. *Sistemes d'instrumentació*. Edicions UPC (1995)
- [4] R. Pallás, J. Rosell. *Interferències en instrumentació electrònica*. Edicions UPC (1995)