

# MONTAJE DE UN AMPLIFICADOR DE AUDIO EN LAS PRÁCTICAS DE ELECTRÓNICA ANALÓGICA

CARLOS J. JIMÉNEZ<sup>1</sup>, ANTONIO LÓPEZ<sup>2</sup>, CARLOS LEÓN<sup>2</sup> Y MANUEL VALENCIA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Microelectrónica de Sevilla / Universidad de Sevilla.*

*cjesus@us.es, manolov@dte.us.es*

<sup>2</sup>*Dpto. de Tecnología Electrónica. Universidad de Sevilla.*

*alojeda@us.es, cleon@us.es*

*En esta comunicación se presenta el rediseño de las prácticas de laboratorio de la asignatura Electrónica Analógica con el objetivo de que el alumno monte un sistema de mediana complejidad. Estas prácticas son obligatorias y se realizan en sesiones de dos horas, por lo que el sistema ha de cumplir con las características de que sea modular y cubra gran parte de los contenidos de la asignatura. La asignatura Electrónica Analógica se imparte en el segundo curso de la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad de Electrónica Industrial.*

*Palabras clave: Prácticas de laboratorio, Electrónica Analógica.*

## 1. Introducción.

Las prácticas obligatorias se encuentran en muchas ocasiones con el problema de la falta de motivación de los alumnos. Esta falta de motivación viene como consecuencia de dos situaciones: la baja contribución a la nota final y la realización de experiencias (montajes o simulaciones) excesivamente sencillas. La realización de prácticas en sesiones de poco tiempo de duración (de dos horas en nuestro caso) hace que los montajes tengan que ser muy sencillos y que los alumnos no lleguen a ver la utilidad directa de lo que están haciendo.

Por otro lado, las prácticas de laboratorio son una parte importante de la docencia, sobre todo en carreras técnicas y en asignaturas de base tecnológica. Estas prácticas deben servir para que los alumnos aprendan destrezas y problemáticas que sólo aparecen en los laboratorios, pero también deben servir como refuerzo de los contenidos enseñados en las clases de aula (tanto teóricas como de problemas).

Con el rediseño de las prácticas hemos tratado de mejorar la motivación de los alumnos incidiendo en la realización de unas prácticas que hagan que el alumno realice un sistema real, del que pueda comprobar experimentalmente su funcionamiento. Este sistema debe tener como características que sea modular, y pueda ser montado en distintas fases, que se corresponderán con las sesiones de laboratorio. Además debe cubrir el mayor número de temas de la asignatura. Como sistema a realizar se ha escogido un amplificador de audio, pues puede dividirse en distintos módulos y con él se cubre gran parte de temario de la asignatura.

## 2. Asignatura Electrónica Analógica.

Estamos presentando el rediseño de las prácticas de laboratorio de la asignatura Electrónica Analógica, que es una asignatura troncal, de carácter anual, de segundo curso, correspondiente a la titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Electrónica Industrial (Plan 2001) que se imparte en la Escuela Universitaria Politécnica de la Universidad de Sevilla. La asignatura tiene 12 créditos LRU que se corresponden con 11 créditos ECTS (5.5 teóricos y 5.5 prácticos). Estos créditos se organizan en cuatro horas de clase semanales, de las cuales 3 son de aula (2 teóricas y 1 de problemas) y 1

de laboratorio (que se agrupan en sesiones de dos horas, por lo que el alumno realiza una práctica cada dos semanas). El número de alumnos por curso ronda los 100 en los últimos cursos.

La asignatura tiene como objetivos generales establecer los conceptos básicos para el estudio de los circuitos analógicos, como son la amplificación, la respuesta en frecuencia, la realimentación y la estabilidad, así como describir los circuitos básicos de aplicación (amplificadores, filtros, osciladores, circuitos basados en diodos y transistores, etc.). En la base de la mayoría de las aplicaciones está el Amplificador Operacional. La asignatura parte de los componentes básicos (transistores, diodos, operacionales, etc.) a nivel de elemento de circuito y se enfoca hacia el análisis de circuitos en alterna y continua en régimen senoidal estacionario.

Al ser una asignatura de segundo curso de carrera, se asume que el alumno posee conocimientos básicos de teoría de circuitos y análisis matemático, adquiridos en asignaturas del primer curso de carrera. Respecto al laboratorio, el alumno ya ha adquirido cierta destreza en el manejo del instrumental de un laboratorio de electrónica.

La metodología que se emplea para impartir la asignatura se compone de distintos pasos. En cada tema se comienza con la exposición de los fundamentos teóricos aplicables, prosiguiéndose con aplicaciones prácticas de los mismos (problemas). En aquellas situaciones en las que se considera adecuado, se intercalan algunas sesiones prácticas dentro de los conocimientos teóricos, con el objeto de afianzar conocimientos. Una vez cumplido este ciclo para cada tema, se realizan prácticas obligatorias de laboratorio, en las que se experimenta con los conceptos adquiridos. También se emplean recursos informáticos (simuladores), tutorías personalizadas y la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Sevilla, para fomentar la relación entre profesor y alumnos y favorecer el acceso a los contenidos.

El temario a impartir se estructura en siete grandes temas mas uno de introducción:

1. Introducción a la electrónica analógica.
2. Circuitos con diodos y transistores.
3. Etapas amplificadoras básicas.
4. Amplificadores operacionales.
5. Respuesta en frecuencia de los amplificadores y filtros.
6. Amplificadores realimentados.
7. Estabilidad y osciladores.
8. Aplicaciones de los amplificadores operacionales.

Como material de apoyo, además de una amplia bibliografía por cada tema, se dispone de boletines de problemas con más de 100 ejercicios, casi todos con su correspondiente solución. En relación a las prácticas, se realizan 10 a lo largo del curso.

### **3. Objetivos globales en el rediseño de las prácticas.**

El rediseño de las prácticas de laboratorio se ha hecho teniendo un objetivo, que el alumno pueda montar un sistema del que compruebe de forma práctica su funcionalidad. De esta forma el alumno comprobará la utilidad de la asignatura. Necesariamente este sistema ha de tener una mediana complejidad, por lo que su montaje no podrá hacerse en el tiempo que dura una de las prácticas de laboratorio, que como se ha dicho anteriormente es de dos horas. Este montaje “paso a paso” del sistema además proporciona al alumno una experiencia de aprendizaje basado en proyectos.

Con todo esto, se siguen manteniendo los objetivos tradicionales de estas prácticas:

- Que el alumno adquiera destreza en el montaje de circuitos analógicos discretos, mediante la realización de circuitos sencillos y su montaje con placas de prototipado.
- Que el alumno consolide los conocimientos adquiridos en clase de aula (tanto de teoría como de problemas).

Pero además se introducen dos objetivos adicionales:

- Que el alumno aprenda la metodología de diseño de circuitos analógicos con el empleo de herramientas de simulación con las que comprobar, previamente al montaje, el adecuado funcionamiento del circuito.
- Que el alumno realice, con el conjunto de todas las prácticas, un sistema de mediana complejidad, con una funcionalidad muy clara y verificable.

Se ha escogido como sistema a realizar por el alumno un amplificador de audio. Este sistema tiene numerosas ventajas dentro de la asignatura Electrónica Analógica:

Por un lado los amplificadores de audio representan uno de los sistemas analógicos más utilizados en la actualidad. Además es un sistema modular, que puede dividirse en subsistemas que pueden ir montándose en diferentes pasos. Este aspecto es esencial en nuestro planteamiento, puesto que este proyecto ha de llevarse a cabo en sesiones obligatorias de prácticas, que se realizan en sesiones de dos horas de duración. Finalmente destacamos que este proyecto cubre prácticamente todos los aspectos teóricos de la asignatura: reguladores de tensión, amplificación en pequeña señal y en gran señal mediante el uso de transistores y amplificación y filtros mediante el uso de amplificadores operacionales.

La realización de este sistema tiene una dificultad importante: los alumnos deben ir completando su montaje paso a paso, manteniendo lo que se ha ido montando. Para ello, el material requerido para la realización de las prácticas es mucho mayor al requerido habitualmente, donde una vez terminada la práctica el alumno desmonta lo realizado permitiendo su reutilización por parte de otros alumnos. En esta práctica cada alumno debe mantener los montajes realizados, para ir construyendo en sucesivas prácticas el sistema completo. Esto hace que se necesite material para cada alumno que realice las prácticas y no por cada puesto de que se disponga en el laboratorio. Ha de tenerse en cuenta que el número aproximado de alumnos que anualmente realizan estas prácticas es de 80.

Por todo esto, se necesitarán como material extra, además de los componentes, placas de prueba, cables de conexiones simples (de distintos colores y longitudes), cables de conexiones con terminales tipo bananas y pinzas de cocodrilo (en distintos colores), conformadores de componentes, alicates de corte y pines de prueba.

#### **4. Propuesta de las prácticas a realizar.**

Todas las prácticas constan de dos fases: la primera, denominada estudio teórico, consiste en el análisis del circuito propuesto. Esta fase la lleva a cabo el alumno como trabajo personal en casa. Dicho análisis se realiza de acuerdo con los conceptos y metodologías desarrollados previamente en las clases de teoría y problemas. Los alumnos deben disponer de los resultados del estudio teórico antes de realizar la segunda fase, denominada desarrollo experimental. Esta se lleva a cabo en el laboratorio bajo la

supervisión de un profesor y su contenido puede ser de dos tipos, en función del trabajo a realizar por el alumno en el laboratorio:

- Prácticas de simulación: El alumno tiene que crear el esquemático del circuito, definir los análisis que hay que realizarle y evaluar los resultados de la simulación, contrastándolos con los correspondientes del estudio teórico, comentando las principales diferencias observadas. Los resultados simulados se suelen emplear para complementar el estudio teórico para otra práctica.
- Prácticas de montaje: Hay que montar físicamente el circuito en una regleta de prototipos, realizar distintos tipos de medidas sobre el mismo, llevar a cabo los cálculos necesarios para comprobar los resultados del estudio teórico y comentar las diferencias más significativas observadas con indicación de sus causas principales.

Todas las prácticas se realizan de forma individual. Cada sesión de laboratorio tiene una duración de 2 horas, a cuya finalización, el alumno entrega al profesor el estudio teórico junto con las medidas y cálculos realizados en el desarrollo experimental. Una vez calificados son devueltos al alumno en la siguiente sesión de laboratorio.

#### 4.1. Breve descripción de las prácticas.

Para alcanzar el objetivo fundamental se ha programado un conjunto de 10 prácticas que se llevan a cabo a lo largo de todo el curso. El listado de las mismas, junto con el objetivo específico de cada una de ellas, se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Objetivo específico de cada práctica.

<b>Práctica</b>	<b>Objetivos</b>
1. Análisis de un circuito analógico usando Pspice	Descripción de circuitos analógicos y análisis en el dominio del tiempo usando un programa de simulación
2. Rectificador de onda completa	Estudio de las características reales del rectificador de onda completa
3. Regulador de tensión	Estudio de las características reales del regulador de tensión
4. Etapa amplificadora básica con transistor bipolar	Montaje de una etapa amplificadora básica, estudio de sus características y utilización como etapa de entrada en un amplificador de audio
5. Amplificador de potencia clase B	Montaje de un amplificador de potencia clase B, estudio de sus características y utilización como etapa de salida en un amplificador de audio
6. Características estáticas del amplificador operacional	Estudio de algunas de las características reales del amplificador operacional: tensión de offset, corriente de polarización e intensidad de offset
7. Características dinámicas del amplificador operacional	Estudio de algunas de las características reales del amplificador operacional: tiempo de subida, sobredisparo y velocidad de respuesta. Utilización como control de volumen en un amplificador de audio.
8. Simulación de un filtro activo	Análisis en el dominio de la frecuencia de un filtro activo usando un programa de simulación

9. Filtro activo	Montaje de un filtro activo, estudio de su respuesta en frecuencia y utilización como control de tono en un amplificador de audio.
10. Simulación del Oscilador puente Wien	Estudio de un oscilador senoidal basado en amplificador operacional.

La temporización de las prácticas está coordinada con las clases de teoría y problemas, de modo, que cada práctica se realiza después de que los conceptos y metodologías necesarios hayan sido desarrollados.

En la primera práctica se enseña al alumno a manejar las funciones básicas de un programa de simulación de circuitos electrónicos. Esta herramienta será de utilidad al alumno a lo largo de todo el curso, no sólo para comprender el funcionamiento de los distintos montajes que realizará en el laboratorio, sino para completar la comprensión de los diversos circuitos que se estudian en la asignatura y comprobar los resultados de muchos de los circuitos que se plantean en los boletines de problemas.

En la segunda y tercera práctica se estudian los dos bloques básicos necesarios para conseguir una tensión continua a partir de otra alterna: el rectificador y el regulador de tensión. Estos dos montajes podrían emplearse para generar las tensiones de alimentación necesarias para los circuitos de las siguientes prácticas.

La cuarta práctica constituye la etapa de entrada del amplificador de audio. El circuito elegido integra, además, el control de volumen. La práctica quinta se corresponde con la etapa de salida del amplificador de audio, de modo que, conectada con la de la práctica anterior, nos da una primera versión del amplificador de audio, pudiéndose comprobar acústicamente su funcionamiento.

En la práctica sexta se estudian las características estáticas del amplificador operacional. La séptima práctica es una variante de la etapa de entrada, basada en amplificador operacional. Se integra en el amplificador de audio sustituyendo a la etapa de entrada realizada en la práctica cuarta.

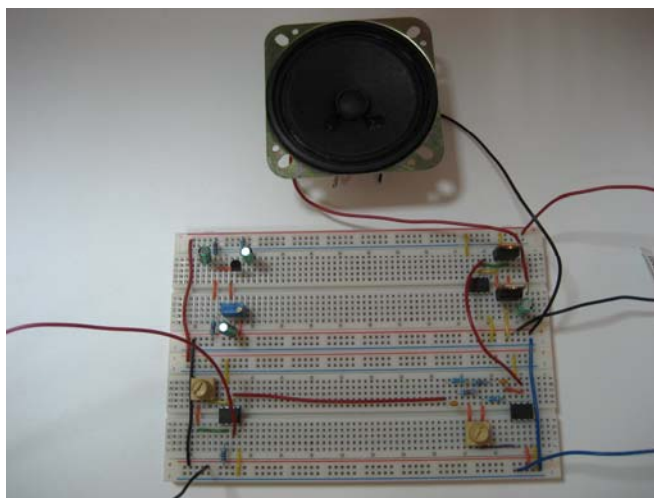
En la octava de las prácticas se simula un filtro activo empleado como etapa de control de tono del amplificador de audio. Se aprende a realizar un análisis frecuencial a un circuito analógico. En la novena se monta la etapa de control de tono y se integra en el amplificador de audio. Finalmente, en la décima práctica se simula un oscilador viendo como se lleva a cabo un análisis de Fourier de la señal generada.

En las prácticas en las que se tenga el amplificador de audio completo, además se lleva a cabo una comprobación “acústica” de la función realizada por el circuito correspondiente. Para ello se utiliza como fuente de sonido, la tarjeta de audio del PC. La salida procesada es aplicada al amplificador de potencia clase B (práctica 5) y la salida de esta se lleva a un altavoz. La Figura 1 muestra una de las regletas de prototipo una vez completadas todas las prácticas por parte del alumno.

#### 4.2. Satisfacción de los alumnos.

En la última sesión de laboratorio del curso, se pasó una encuesta a los alumnos para conocer su opinión respecto al conjunto de prácticas realizadas. Como aspectos mejor valorados destacan el apoyo prestado por el profesor durante la sesión en el laboratorio, el tiempo disponible para la realización de los montajes y el material disponible para el desarrollo de las prácticas.

Algunas de las cuestiones menos valoradas fueron la existencia de solapamiento en los contenidos con prácticas de otras asignaturas, y la consideración de si lo aprendido sería valioso para su futuro profesional.



**Figura 1.** Regleta de prototipo con los montajes realizados por el alumno.

#### **4. Agradecimientos**

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto de innovación docente 760 de la Universidad de Sevilla del año 2007, así como por el proyecto TEC2007-65105/MIC del Ministerio de Educación y Ciencia y el proyecto TIC-3604 de la Junta de Andalucía.

#### **5. Conclusiones**

Se ha presentado el rediseño de las prácticas de laboratorio de la asignatura Electrónica Analógica con el objetivo de que los alumnos vayan montando, en distintas fases, un amplificador de audio, que es un sistema analógico de media complejidad pero del que pueden comprobar fácilmente su correcto funcionamiento. Del resultado de esta experiencia pueden extraerse distintas conclusiones:

Desde el punto de vista de los alumnos, ha supuesto una mejora muy importante en su motivación. No sólo por la necesidad de conseguir que el montaje “funcione de verdad”, sino porque la prueba experimental de escuchar el sonido de un altavoz y saber que ese sonido procede de un circuito que ellos han construido tiene un valor insustituible por medidas con aparatos de laboratorio. Para los alumnos supone una prueba definitiva de que los circuitos funcionan. Creen porque han visto (en este caso porque han escuchado).

Desde la perspectiva del profesor y los ayudantes de laboratorio ha supuesto un aumento de trabajo. Cuando en otras prácticas se prepara material para nueve alumnos (número de puestos de trabajo de los que dispone el laboratorio), en estas prácticas hemos tenido que preparar material para ochenta. Se han tenido que solucionar problemas de almacenamiento tanto de los componentes como, sobre todo, de todos los montajes que los alumnos han ido realizando (con sus correspondientes etiquetas).