

ENSEÑANZA INTEGRADA DEL PROCESO Y DISEÑO DE CIRCUITOS EN TECNOLOGÍA MICROELECTRÓNICA HÍBRIDA

N. NÚÑEZ, R. ÁLVAREZ, E. NOGUEIRA, F. J. JIMÉNEZ Y J. A. ARRIBAS
Departamento de Electrónica Física. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid. 28031-Madrid. España.

La enseñanza de las tecnologías de interconexión; placa de circuito impreso, híbrida y módulo multichip, se centra habitualmente en el diseño quedando el proceso del circuito como una materia secundaria de la que no se realizan prácticas de laboratorio. En esta comunicación se explica la experiencia de integración de teoría y práctica de ambas facetas de las tecnologías de interconexión.

1. Introducción

Las tecnologías de interconexión son una actividad interdisciplinaria donde son necesarios ingenieros electrónicos, químicos, físicos, industriales y mecánicos, sin un buen conocimiento de estas disciplinas es difícil realizar en la práctica un circuito impreso o híbrido, además se requiere una experiencia real para evolucionar una tecnología en densidad complejidad y prestaciones. La falta de esta experiencia integrada, la dificultad de los procesos de producción de circuitos complejos y el limitado mercado interior de estos circuitos, hacen que nuestra industria quede progresivamente más descolgada de las modernas tecnologías de interconexión.

La falta de conocimientos produce que empresas extranjeras afincadas en España importen la tecnología necesaria para un concreto proceso productivo, quedando el I+D y los procesos más avanzados en la empresa matriz. De estas bases se desprenden dos conclusiones, en primer lugar los ingenieros que preparamos pueden alcanzar un buen grado de conocimientos en la utilización de las herramientas de diseño, pero desconocen la relación del diseño con el proceso de fabricación, siendo esta última faceta la que limita y dirige la evolución del diseño, la segunda conclusión, es que la importación de conocimientos y la falta de base industrial en la fabricación de circuitos complejos produce la sensación de que los procesos de fabricación son secundarios.

2. Objetivo, docencia, programa y evaluación

La experiencia que vamos a exponer esta basada en la docencia de la asignatura “Tecnología Microelectrónica” de la E.U. de Ingeniería Técnica de Telecomunicación es una asignatura Troncal de tercer curso para la especialidad de Sistemas Electrónicos, y optativa para el resto

de especialidades, y su objetivo es un aprendizaje integrado de la tecnología microelectrónica híbrida: diseño, proceso y evaluación de calidad.

La asignatura se imparte durante un semestre con dos horas de teoría y dos horas de laboratorio semanales, las horas de laboratorio son consecutivas.

El programa teórico de la asignatura incluye el diseño y proceso de tecnología microelectrónica híbrida de capa gruesa, permitiendo una relación temporal entre la teoría y la práctica (Tabla 1). La elección de este orden es discutible, en la mayoría de los textos en inglés se da preponderancia a los temas de proceso, dejando los temas de diseño para el final del libro, nosotros hemos elegido este orden porque el alumno está más familiarizado con el CAD que con el proceso, y porque es el orden lógico de fabricación de un circuito.

SEMANA	TEMARIO TEÓRICO	PRÁCTICAS DE LABORATORIO
1	1.- Introducción	Diseño del circuito.- Aprendizaje herramienta CAD
2	2.- Diseño de circuitos híbridos	Diseño del circuito.- Captura del esquema
3		Diseño del circuito.- Generación netlist, completar librerías, introducir reglas de diseño
4		Diseño del circuito.- Diseño de componentes integrables
5		Diseño del circuito.- Trazado de pistas
6	3.- Materiales	Diseño del circuito.- Trazado de pistas
7		Diseño del circuito.- Generación de ficheros y documentación para fabricación
8		Proceso del circuito.- Introducción al laboratorio
9		Proceso del circuito.- Realización de pantallas
10	4.- Procesos tecnológicos	Proceso del circuito.- Sensibilización de pantallas
11		Proceso del circuito.- Serigrafía de conductores
12		Proceso del circuito.- Serigrafía de resistores y encapsulante
13	5.- Híbridos de potencia	Proceso del circuito.- Montaje del componentes
14		Proceso del circuito.- Ajuste funcional por arena
15	6.- Calidad de circuitos híbridos	Proceso del circuito.- Prueba y evaluación de calidad del circuito

Tabla 1: Programa de la asignatura Tecnología Microelectrónica

La teoría se imparte mediante clases magistrales a un grupo de 80 alumnos, apoyadas por medios multimedia (videos, presentaciones en ordenador, etc.), mientras que las clases de laboratorio se dividen en grupos de 8 alumnos como máximo, lo que permite una docencia bastante personalizada.

El material del alumno para la clase teórica es el conjunto de transparencias y dos libros [1,2] editados por la universidad que siguen el programa impartido con problemas resueltos, además se incluye bibliografía adicional y las páginas web de herramientas de diseño y suministradores de material para proceso.

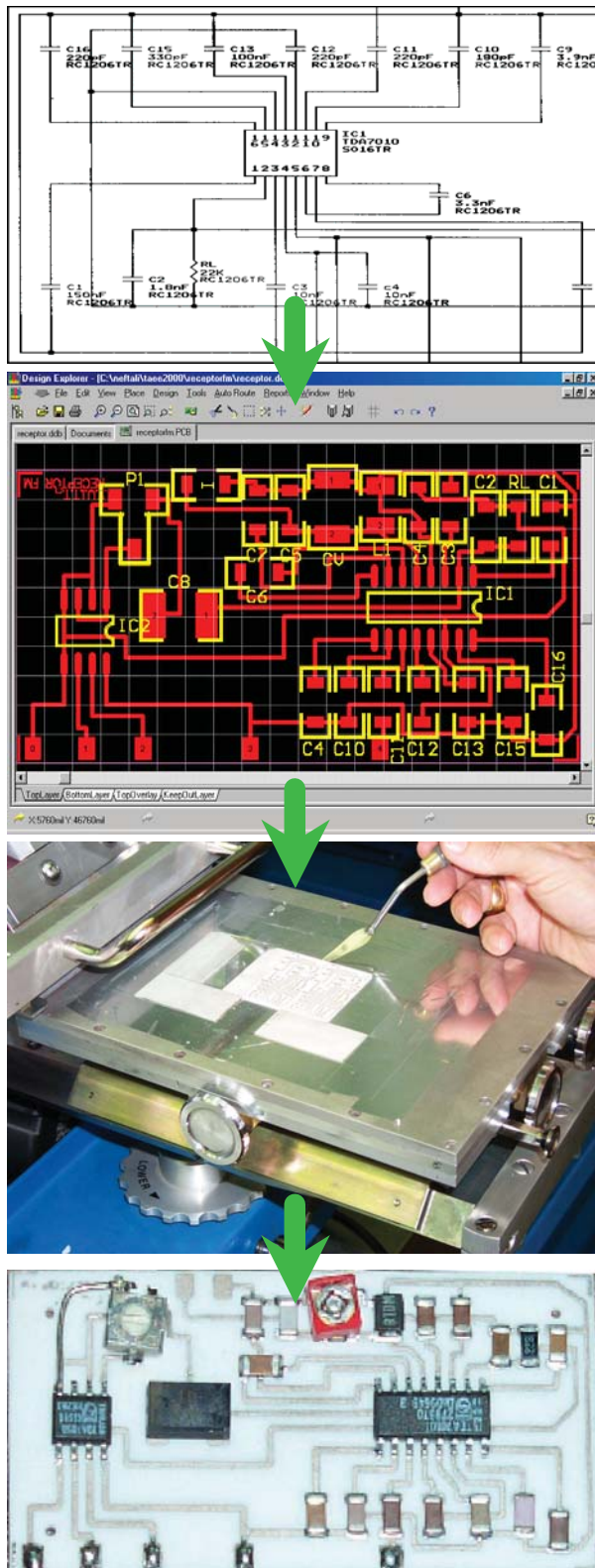


Figura 1: Secuencia de prácticas de laboratorio de Tecnología Microelectrónica

El temario teórico incluye las herramientas CAD, el diseño de componentes integrados en híbrido, SMT y las reglas físicas, mecánicas, térmicas y electromagnéticas para obtener un adecuado diseño, en procesos incluimos los materiales base, procesos tecnológicos (sensibilizado, serigrafía, ajuste, montaje, etc), y normas de calidad así como de fiabilidad para obtener una fabricación adecuada. Se dedica un tema específico a los híbridos de potencia, al ser esta actualmente su principal aplicación, y se introducen tecnologías alternativas como green tape, MCM-C, MCM-L y MCM-D.

El laboratorio se divide en dos partes diseño y proceso (Fig. 1), en la primera parte se realiza la captura y diseño de un circuito híbrido con componentes integrados en el sustrato (resistencias, bobinas, etc.) y encapsulados SMT, mediante el programa de CAD Protel 99SE sobre ordenador personal. En la segunda parte se realiza el procesado del circuito a partir de un diseño que ya ha sido probado y control de calidad.

En el laboratorio de diseño se explica primero la herramienta CAD o práctica que va a realizarse, después el profesor hace un seguimiento personal de los problemas que encuentra el alumno durante el diseño.

La clase del laboratorio de procesos comienza explicando y enseñando como se va a realizar el proceso, dejando el resto de la clase para que trabajen los alumnos. Estas prácticas tienen como objetivo que el alumno fabrique el circuito sobre alúmina, monte los componentes, ajuste funcionalmente las resistencias integradas, y pruebe el funcionamiento del circuito, así como que controle la calidad, para esto se dispone de equipos de procesado de circuitos híbridos, aparatos de medida específicos para procesos híbridos, instrumentación electrónica, microscopios, y cámaras de ensayos climáticos.

El material para el laboratorio de diseño esta formado por documentación multimedia, un guión de la utilización de la herramienta de diseño [3] (Protel 99SE), y el esquema del circuito a diseñar (receptor de FM, generador de onda cuadrada, emisor de FM, amplificador de potencia). Para la parte de procesos se ha escrito una guía ilustrada y detallada de la realización de cada uno de los procesos [4], y se suministra el material para la fabricación del circuito a excepción de los componentes que deben adquirir los alumnos.

Por último, comentar que la calificación de la asignatura se divide en dos partes iguales, la mitad la proporciona un examen teórico y el resto la evaluación del laboratorio, esta última es la nota media de un test sobre las prácticas, un trabajo sobre el diseño realizado y un trabajo sobre el proceso de fabricación con la entrega del circuito.

3. Conclusiones

La acogida e interés que ponen los alumnos en un laboratorio integrado de diseño y proceso, donde se llevan a casa el circuito que han fabrica es muy buena, pero supone un esfuerzo por parte del profesorado para facilitar buena documentación, y un seguimiento personalizado del alumno en las prácticas.

Los alumnos critican una serie de aspectos en los que nos encontramos limitados. En general, los alumnos activos prefieren empezar siempre con las prácticas de diseño, y consideran necesario procesar su propio diseño, ambas cosas serían convenientes desde nuestro punto de vista, pero las limitaciones de horario, y gasto en material lo impiden, aun así el objetivo es hacer un esfuerzo hasta que pueda ser posible.

El laboratorio de diseño exige un notable esfuerzo por parte del alumno y del profesor, ya que deben aprender a manejar la herramienta CAD, realizar la captura y diseñar el circuito en 8 semanas, lo que obliga a bastantes alumnos a utilizar los ordenadores fuera del horario de clase, o descargarse el programa en casa.

El completar las prácticas de proceso implica la limitación a diseñar y procesar un circuito sencillo, y mantener un laboratorio de circuitos híbridos y de montaje SMT siempre operativos, con un esfuerzo adicional en mantenimiento y logística, además si el circuito es multicapa es necesario que algunas de ellas las procese el profesor fuera del horario de laboratorio para que las prácticas no se retrasen.

Referencias

- [1] N. Núñez, R. Álvarez, E. Nogueira, J. A. Arribas. Tecnología Microelectrónica Diseño. Editorial Departamento de publicaciones de la EUITT-UPM. (2000)
- [2] N. Núñez, R. Álvarez, E. Nogueira, J. A. Arribas. Tecnología Microelectrónica Proceso. Editorial Departamento de publicaciones de la EUITT-UPM. (2000)
- [3] N. Núñez. Diseño de placas de circuito impreso y circuitos híbridos con PROTEL 99SE. Editorial Departamento de publicaciones de la EUITT-UPM. (2001)
- [4] F. J. Jiménez. Procesado de circuitos de capa gruesa. Editorial Departamento de publicaciones de la EUITT-UPM. (2001).