

## LA PRÁCTICA LIBRE EN LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA DIGITAL: UNA APROXIMACIÓN A LA REALIDAD

J. L. MARTÍN, J. EZQUERRA Y J. JIMÉNEZ

*Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Ingenieros de Telecomunicación de Bilbao. Alda. Urquijo s/n. 48013 Bilbao.*

*La práctica libre en la enseñanza de la electrónica digital y materias afines es un método bastante extendido entre muchas universidades españolas. Sin embargo, este método no es infalible ni está exento de inconvenientes. En este trabajo se analizan las ventajas e inconvenientes de la realización de una práctica libre y se propone una metodología que trate de reducir al máximo las desventajas de este método.*

### 1. Introducción

El concepto actual de enseñanza no está limitado a la mera transmisión de conocimientos, sino que se ha extendido a la formación integral de los alumnos, tratando de desarrollar su capacidad creadora de manera que puedan llegar al conocimiento por medio de su propio trabajo, individual o en equipo. Esta concepción de la didáctica, centrada en el aprendizaje, va acompañada de una revisión de los papeles tradicionales de los alumnos y profesores [1]. Así, el alumno es considerado como el factor principal, pasando de ser un receptor pasivo de conocimientos a ser un elemento activo, capaz de observar, relacionar, generalizar y adquirir conocimientos por sí mismo. El profesor, por su parte, cumple la función de estimular, orientar y controlar el aprendizaje. En lugar de administrar conocimientos, señala el camino para obtenerlos.

Esta idea adquiere especial relevancia en la enseñanza de las ingenierías, donde el contenido didáctico de las asignaturas no puede congelarse y mantenerse invariable. Es más, el carácter cambiante de estas materias implica que no es posible transferir toda la información existente y mucho menos pretender una asimilación completa por parte del alumno. Por lo tanto, es necesario preparar al alumno para una ajetreada vida profesional en la que deberá seguir estudiando y aprendiendo sin descanso. Para lograr estos objetivos, los actuales planes de estudios contemplan la dedicación de una parte importante de la docencia a la enseñanza directa en el laboratorio, que en muchas ocasiones son asignaturas con entidad propia [2].

### 2. Las asignaturas de Laboratorio

La ACM Task Force y la IEEE Computer Society [3] recomiendan que las clases de aula se centren en los principios y los laboratorios en la tecnología. A diferencia de las clases

impartidas en un aula, la docencia en el laboratorio supone para el alumno enfrentarse a situaciones prácticas reales donde debe aplicar lo aprendido y buscar la información que necesite para cumplir las especificaciones propuestas. La actividad de aprendizaje puede ser muy elevada en un laboratorio, porque la motivación potencial es muy grande. El alumno experimenta fenómenos directamente, en lugar de limitarse a escuchar o leer sobre ellos.

Para fomentar el interés y la participación del alumno en las prácticas de laboratorio, creemos que es muy conveniente seguir un método de tipo creativo, mediante la realización de pequeños diseños o proyectos, en lugar de limitarse a efectuar medidas o manejar instrumentos de forma rutinaria. Además, estas prácticas pueden realizarse en pequeños grupos, con lo que se consigue fomentar el uso de técnicas de trabajo en equipo. En este tipo de prácticas, el alumno deberá tener en cuenta la especificación de los requisitos del problema y desarrollar una solución propia, desde el diseño hasta la implantación final, siendo protagonista de todas las etapas que se deben llevar a cabo en la realización real de un circuito electrónico.

### 3. El Laboratorio de Electrónica Digital

Centrándonos en la vertiente práctica de la enseñanza de la Electrónica Digital, nuestra propuesta es que las últimas semanas del curso se dediquen a realizar una práctica libre, propuesta y especificada por el equipo de trabajo que posteriormente se encargará de realizarla. Esto no es ninguna novedad, puesto que es un método bastante extendido entre muchas universidades españolas. Sin embargo, este método no es infalible y no está exento de inconvenientes. En la tabla 1 se puede ver de forma resumida algunas de las ventajas e inconvenientes que tiene seguir este método.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Motivación del alumno	Excesiva dedicación
Libertad de decisión	Costo para el alumno
Mejora del proceso de aprendizaje	Necesidad de abrir el laboratorio fuera de horas
Fomento del trabajo en equipo	Primera experiencia con prototipos
Fomento de la creatividad	Posibilidad de fraude
Metodología de diseño profesional	Evaluación individualizada y heterogénea

**Tabla 1:** Resumen de ventajas e inconvenientes de la práctica libre.

Creemos que la mayor parte de los inconvenientes pueden ser minimizados siguiendo una metodología adecuada. Nuestra experiencia se basa en los 12 años de impartición de la asignatura Laboratorio de Electrónica Digital del Plan de Estudios de Ingeniería de Telecomunicación desde su implantación en 1988. Durante estos años la práctica final libre ha ido evolucionando, no sólo para adaptarse a las nuevas tecnologías, sino también para mejorar la metodología basándose en la experiencia obtenida por los profesores con los resultados de los cursos anteriores. Esto se ve reflejado claramente en las 10 ediciones del manual de prácticas de laboratorio editados en esos 12 años [4], donde una de las partes que más se ha modificado es la descripción y condicionantes de la práctica libre. La asignatura está actualmente ubicada en el 2º cuatrimestre de 2º curso y tiene 4,5 créditos. La asignatura teórica se imparte en el 1º cuatrimestre del mismo curso y tiene 6 créditos.

#### 4. Metodología

Las primeras semanas del curso están dedicadas a realizar prácticas denominadas regladas, donde al alumno se le especifica qué es lo que tiene que hacer. Con ello se consigue introducir las técnicas digitales básicas necesarias para abordar la práctica libre. A ésta se le dedican las últimas semanas del curso. En los últimos años se han propuesto prácticas libres de dos tipos. Uno de ellos consiste en la construcción y verificación del prototipo de un circuito digital que realice una determinada función definida por el propio diseñador. La otra opción consiste en diseñar un circuito digital que posteriormente será implementado en una placa especial de pruebas. En este caso la función que realice el circuito también estará definida por el propio diseñador. Con este segundo tipo se trata de potenciar el diseño a costa de minimizar el montaje reduciendo, además, el coste de la práctica. En lo que sigue nos centraremos en el primer tipo que es el más habitual.

La metodología propuesta se basa en especificar al alumno un plan de trabajo a seguir para cada uno de los tipos de prácticas así como establecer un calendario para el citado plan de trabajo. De forma resumida el plan de trabajo propuesto para el primer tipo de práctica es:

1. Definición de las especificaciones del trabajo a realizar.
2. Diseño teórico del circuito, realización del esquema electrónico y la lista de material.
3. Simulación del circuito.
4. Presentación del circuito diseñado y su simulación al profesor de laboratorio.
5. Adquisición de los componentes y de la placa para la realización del circuito soldado.
6. Construcción y verificación del funcionamiento del circuito realizado.
7. Presentación de la memoria del circuito y del sistema construido.

En la figura 1 se puede ver el plan de trabajo previsto para las últimas siete semanas del curso. Es muy importante que este plan de trabajo se cumpla lo más fielmente posible. Esto se consigue haciendo que el alumno termine en casa lo que no haya terminado en el laboratorio.

Tareas	Previo	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Tarea 1								
Tarea 2								
Tarea 3								
Tarea 4								
Tarea 5								
Tarea 6								
Tarea 7								

Figura 1: Plan de trabajo para la práctica libre.

También se establecen unos condicionantes comunes a cada tipo de prácticas que limiten las mismas con el fin de homogeneizar la dificultad de todas las prácticas, reducir su coste y evitar una excesiva dedicación que pueda afectar al aprendizaje de otras materias por parte de los alumnos. Con este fin se les suministra a todos los alumnos el mismo dispositivo lógico programable, con lo que queda limitada la capacidad máxima. Además se les exige que el diseño tenga una complejidad mínima, que incluya al menos una máquina de estados finitos y que la ocupación del dispositivo lógico programable no sea inferior al 70%. Adicionalmente pueden utilizar hasta 5 circuitos integrados.

En este caso se ha utilizado la EPM7128SLC84 puesto que es ISP y, por tanto, se puede grabar sin necesidad de un equipo especial como el disponible en el laboratorio. Basta con la versión 7.21 de MAX+PLUS II y un cable (ByteBlaster) para el puerto paralelo cuyas especificaciones las tienen disponibles en el Anexo del manual de prácticas.

Finalmente, se dan una serie de recomendaciones prácticas que tratan de guiar al alumno en la puesta en marcha del circuito desarrollado. Estas son, de forma resumida, algunas de estas recomendaciones:

- Utilización de zócalos para todos los componentes.
- Utilización de cable fino. Cuidado con las quemaduras en los cables.
- Utilización de etiquetas en la cara de soldadura.
- Utilización de puntos de prueba para las señales de la PLD.
- Eliminación de rebotes en los pulsadores cuando sea necesario.
- Especial cuidado con las señales de control de las memorias.
- Utilización del analizador lógico para encontrar errores de funcionamiento.

Los resultados han sido altamente satisfactorios, como demuestran los datos extraídos de las encuestas realizadas a los alumnos. En ellas se pone de manifiesto el alto grado de motivación que supone el hecho de que los alumnos realicen algo por sí mismos que tiene utilidad práctica y que funciona.

## 5. Conclusiones

La docencia práctica es una parte fundamental del proceso enseñanza-aprendizaje en las ingenierías, que permite al alumno enfrentarse a situaciones reales donde aplicar lo aprendido en la docencia teórica. La realización de prácticas libres es un método muy extendido en la enseñanza práctica de Electrónica Digital puesto que estimula el interés, la motivación y el esfuerzo del alumnado pero que no está exento de inconvenientes. Para minimizar los inconvenientes se propone una metodología basada en el establecimiento de un plan de trabajo, un calendario y unas limitaciones a la realización de la práctica. Asimismo, se dan una serie de recomendaciones útiles que ayudan al alumno a enfrentarse a este tipo de prácticas por primera vez.

## Referencias

- [1] Vernon S. Gerlach y Donald P. Ely. *Tecnología Didáctica*. Editorial Paidós, 1979.
- [2] J. Ureña, M. Mazo, J. J. García, F. J. Rodríguez, J. C. García, F. Espinosa y J. Lázaro. "La enseñanza práctica en Ingeniería Técnica de Telecomunicación (Esp. Sistemas Electrónicos) según el plan de estudios de la Universidad de Alcalá". *Revista Española de Electrónica*, Mayo de 1997, págs. 60-63.
- [3] Peter J. Denning y otros. "Computing as a Discipline. Final Report of the ACM Task Force on the Core of Computer Science, in cooperation with the IEEE Computer Society". *Computer*, Febrero de 1989, págs. 63-70.
- [4] J. L. Martín, P. Ibañez y J. Ezquerro. *Laboratorio de Electrónica Digital*. Publicaciones de la E.T.S.I.I.I.T. de Bilbao, 1990 a 2000 (10 ediciones).