

# APRENDIENDO A DISEÑAR CIRCUITOS INTEGRADOS DIGITALES MEDIANTE EL USO DEL ORDENADOR

*Margarita Parada Sanguino*

*Manuel J. Bellido Díaz*

*Isabel Gómez González*

*Jorge Juan Chico*

Departamento de Tecnología Electrónica

*Ángel Barriga Barros*

Departamento de Electrónica y Electromagnetismo

Facultad de Informática y Estadística

## RESUMEN

En este trabajo se presenta una experiencia docente encaminada a mejorar la asimilación por parte de los alumnos de algunos conceptos, a veces complicados desde el punto de vista teórico, implicados en el diseño de circuitos integrados digitales. En esta experiencia, se desarrolló de forma guiada y mediante una herramienta software, el diseño completo de un circuito integrado digital de complejidad media. Además, se le proporcionó al alumno la herramienta para su análisis y asimilación en casa. Para probar la bondad del método se realizó una encuesta entre los propios alumnos y se han analizado los resultados.

## ABSTRACT

The design of integrated digital circuits is sometimes a complicated task, which includes some confuse theoretical concepts. In order to help students to understand them, we have developed an activity that we present in this paper. In it, a complete guided design of an integrated circuit has been performed with the help of a software design tool. A test has been carried out in order to analyse the convenience of this activity and some conclusions are presented.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente dentro del campo de la electrónica va ocupando cada vez mayor importancia la **microelectrónica** que, básicamente, consiste en el diseño y fabricación de Circuitos Integrados (de ahora en adelante CI, o CID - Circuitos Integrados Digitales-). Esto es debido, fundamentalmente, a que en la industria de hoy en día es posible mejorar en gran medida las prestaciones y el rendimiento de los sistemas electrónicos digitales gracias al uso de la microelectrónica. La importancia de esta técnica está llevando a una profunda revisión de la **enseñanza de la Electrónica** en los niveles universitarios, no sólo por el hecho de ponerse de manifiesto la necesidad de incluir esta rama dentro del temario de las asignaturas, sino por lo

que esto afecta a las técnicas y estrategias de enseñanza que deben aplicarse para realizar un adecuado proceso de enseñanza-aprendizaje de estas materias.

Siguiendo esta filosofía, desde hace algunos cursos se han introducido en la asignatura Electrónica de 2º curso de la licenciatura en Informática, temas dedicados al diseño de CII. La estrategia de enseñanza utilizada en cursos precedentes se limitó a incorporar estos temas en un nivel exclusivamente teórico, quedando estos temas fuera del programa de laboratorio por las dificultades que entraña su introducción a nivel práctico (es importante mencionar que el diseño de CI se realiza exclusivamente mediante el uso de ordenadores con el software apropiado, diferenciándose radicalmente del proceso de diseño de circuitos electrónicos tradicional, que implica el montaje manual de los circuitos y su comprobación experimental en el laboratorio). Esta falta de contacto con el nivel práctico, se constató que conducía a dificultades en la asimilación de algunos conceptos y en general a una insatisfacción por parte de los alumnos al quedar distanciados del contenido de los mismos.

Para obviar este problema se ha preparado la actividad que se presenta en este trabajo que tiene por objetivo directo ofrecer al alumno la posibilidad de realizar su propio diseño de un circuito integrado en todos sus niveles, desde la definición de las ecuaciones que especifican su comportamiento hasta la obtención del layout o diseño geométrico de las máscaras que componen el circuito integrado y que se suministraría al fabricante para la fabricación del mismo. Como objetivo remoto se pretende que esta actividad acerque al alumno al mundo del diseño de los circuitos integrados, permitiéndole asimilar sin dificultad los conceptos más áridos de este entorno. Esto, además de ayudar al profesor en el desarrollo de la asignatura, se encuentra dentro de la filosofía de enseñanza de nuestro departamento, en donde se han llevado a cabo otros proyectos docentes similares (Parra y otros, 1994), (Molina y otros, 1997) e incluso los que los conceptos teóricos se han acercado al alumno mediante medios audiovisuales y herramientas software.

## 2. METODOLOGÍA

La herramienta elegida para el desarrollo de la actividad ha sido ALLIANCE. Esta es una herramienta de libre distribución desarrollada por la Universidad Pierre y Marie Curie de París para correr sobre plataformas UNIX. Se compone de múltiples herramientas independientes, cada una de ellas enfocada a realizar una tarea concreta dentro del proceso de diseño del circuito integrado.

La actividad desarrollada ha tenido tres escenarios y métodos diferentes aunque complementarios. En primer lugar se ha desarrollado el tema en clase mediante el empleo de transparencias en color con el fin de introducir los conocimientos teóricos indispensables tanto en lo que se refiere a los aspectos de diseño como a los de fabricación de circuitos integrados. El empleo del color es indispensable para poder distinguir eficazmente cada una de las máscaras que forman el diseño. Además en este estado de la exposición, siempre que ha sido posible se han utilizado salidas impresas obtenidas con la herramienta ALLIANCE. De esta forma los alumnos de manera fácil se han ido familiarizando con estas salidas, lo cual más tarde le ha servido para constatar que los resultados por ellos obtenidos eran correctos.

Un segundo paso en el desarrollo de la actividad ha sido la realización en el laboratorio de software de dos sesiones de trabajo. La primera tenía como objetivo la toma de contacto del alumno con la herramienta software de diseño. La herramienta elegida (ALLIANCE), aunque es didáctica tiene una cierta envergadura y su uso no es elemental. Por ello, en esta primera sesión el alumno debía realizar todos los pasos del proceso de diseño de un circuito multiplexor comercial, pero con la ayuda de un guión suficientemente detallado, resolviéndose por el profesorado, de forma individualizada, todas las dudas tanto en el empleo del software como en el contenido de los ficheros obtenidos como resultados intermedios del diseño. El resultado final en esta sesión, fue la obtención del layout del multiplexor. La segunda sesión tenía por finalidad la elaboración del diseño completo de un decodificador comercial. En esta sesión, el alumno debía realizar por sí sólo el diseño teniendo como ayuda el trabajo realizado por él mismo en la sesión anterior. Como resultado, el alumno debía obtener todos los ficheros necesarios para el proceso de fabricación del decodificador así como el layout del mismo. En la figura 1 se presenta como ejemplo, el layout entregado por dos alumnos en la memoria final. Mediante este mecanismo, de esta forma gradual, el alumno ha ido familiarizándose con el proceso de diseño de circuitos integrados y comprendiendo la finalidad de cada uno de las tareas de dicho proceso. Además ha aprendido a manejar un software en particular y a diseñar circuitos de complejidad media.

Dado que el nivel de conocimientos informáticos de los alumnos es muy diferente, y para facilitar el aprendizaje a aquellos alumnos que necesitaran dedicar más tiempo a la asimilación de ciertos conceptos (Fortet y otros, 1994) se ha proporcionado la herramienta a todos aquellos alumnos que la han solicitado mediante copias en CD-ROM. Con ello, se pretende además que los alumnos puedan realizar otros diseños en su casa profundizando en los aspectos que consideren oportuno. Los resultados de esta fase dependerán del grado de trabajo de los alumnos en su domicilio, lo cual no es evaluable por el profesor, pero en principio un gran número de alumnos ha solicitado la copia de la herramienta, lo cual da también una idea del grado de aceptación de la experiencia.

### 3. RESULTADOS

La experiencia docente desempeñada ha obtenido, a nuestro entender, resultados altamente satisfactorios. Esto se ha constatado desde dos perspectivas distintas. En primer lugar, la actividad se ha propuesto de forma voluntaria y sin influencia en la nota del curso. Además, dado que el tema teórico en que se basa la experiencia se imparte al final de curso, ésta se ha programado durante el último mes de curso casi coincidiendo con la época de exámenes. Aun así la asistencia ha sido masiva con un 98% de alumnos apuntados sobre el total de la clase (unos 120). Esto demuestra el interés de los alumnos por las actividades de tipo práctico. Por otra parte, se han evaluado los resultados mediante la realización de un test basado en el cuestionario del Instituto de Ciencias de la Educación (ICE) de Sevilla. En la encuesta, respondida por 87 de los alumnos que han realizado la experiencia se han obtenido resultados que demuestran el éxito de la actividad.

En dicha encuesta se le ha preguntado a los alumnos diversas cuestiones sobre el desarrollo de la experiencia. La respuesta a cada cuestión se valoraba de 1 a 5 según el siguiente criterio:

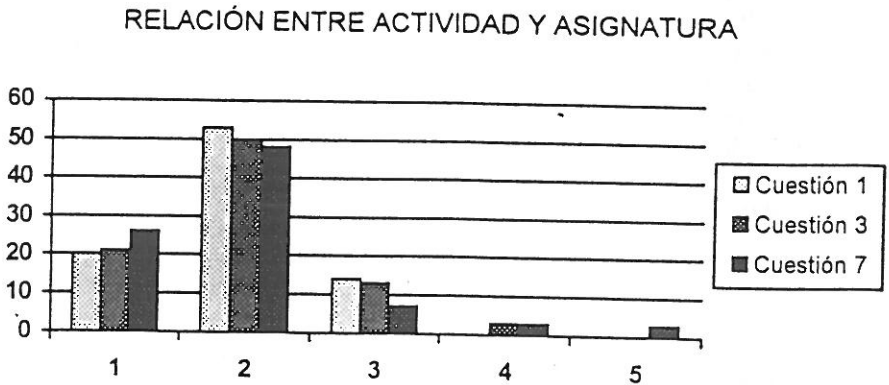
- 1: Totalmente de acuerdo
- 2: De acuerdo
- 3: No sé
- 4: En desacuerdo
- 5: Totalmente en desacuerdo

Con este baremo presente, vamos a comentar los resultados obtenidos extrayendo las cuestiones que consideramos más significativas en este tipo de experiencia.

Las tres primeras cuestiones que analizamos son las que se refieren a la actividad y su relación con la asignatura. Seleccionamos tres de ellas:

- Cuestión 1: La actividad ha clarificado los contenidos de la materia haciéndolos comprender mejor.
- Cuestión 3: La actividad ha permitido relacionar la nueva información con lo aprendido en clase previamente.
- Cuestión 7: Esta actividad ha mejorado mi opinión sobre el contenido de la asignatura su utilidad en mi carrera.

El gráfico adjunto muestra el resultado obtenido:

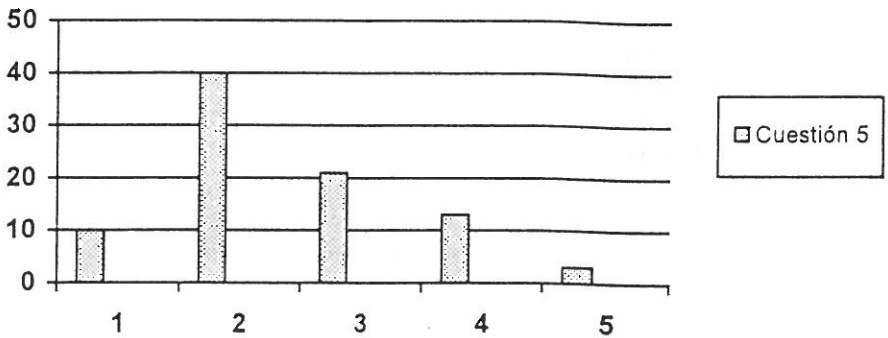


El resultado, con un valor medio de 1'93, 1'97 y 1'95 respectivamente, indica que se ha alcanzado uno de los objetivos primordiales de la experiencia que consistía en acercar a los alumnos unos conceptos, hasta el momento excesivamente teóricos, de una parte de la asignatura, dándoles una visión más práctica de los mismos lo que además ha permitido mejorar la valoración de la asignatura y motivar a los alumnos hacia la misma.

En la cuestión 5 se le consultaba al alumno sobre la utilidad de la actividad para desarrollar destrezas instrumentales. Aunque la respuesta aparentemente no es tan positiva como la

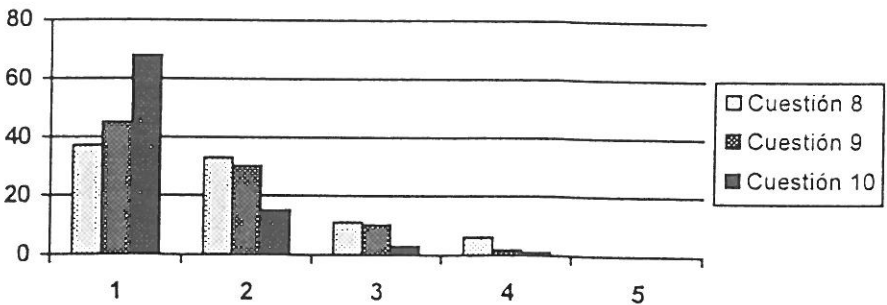
anterior (valor medio 2'5), sí lo es si se analiza con cautela este resultado. Un 57'5% de los encuestados están de acuerdo en afirmar que sí han desarrollado sus destrezas instrumentales, lo cual es un porcentaje a nuestro entender muy alto teniendo en cuenta que la actividad se basaba en el uso del ordenador, que es su habitual herramienta de trabajo, si bien el software era desconocido para ellos. Pensamos que en esa pequeña ambigüedad de la pregunta se apoya el alto porcentaje (24%) de alumnos que afirman no conocer la respuesta (valor 3).

### DESARROLLO DE DESTREZAS



Por último comentamos tres cuestiones que valoran la actividad en su conjunto. Se trata de las preguntas 8, 9 y 10. La primera de ellas se refiere al aumento del grado de implicación del alumno en la asignatura después de realizar la actividad. La segunda está relacionada con lo que piensan los alumnos sobre el interés del profesor por la docencia al realizar este tipo de actividades. Por último la tercera se refiere a lo que piensan los alumnos sobre la necesidad de generalizar este tipo de actividades para la mejora de la calidad de la enseñanza. El resultado se muestra en el gráfico adjunto.

### VALORACIÓN EN CONJUNTO



Como se puede observar, los resultados, con 1'83, 1,64 y 1,27 respectivamente de valor medio, son excelentes. Sobre todo la respuesta a la pregunta 10 indica claramente que los

alumnos están a favor de la realización de este tipo de actividades, que piensan que ayudan mucho en su formación y mejoran la calidad de la enseñanza y que, por tanto, experiencias de este tipo se deben continuar en el futuro.

#### 4. CONCLUSIONES

Se ha presentado en este trabajo una actividad realizada durante el curso 97-98 en la asignatura "Electrónica" de 2º de Informática encaminada a una mejor asimilación de los conceptos, bastante complicados y algo confusos desde el punto de vista teórico, relacionados con el diseño de circuitos integrados digitales. La experiencia permite al alumno tomar contacto directo con el software empleado para la obtención del layout de un circuito integrado y realizar su propio diseño lo que le ayuda en la comprensión de la parte más árida de estos tipos de diseños. Además, dado que se les ha suministrado el software en CD-ROM, el alumno tiene la oportunidad de realizar más diseños en casa trabajando a su ritmo hasta que aprenda perfectamente la herramienta.

Los resultados obtenidos nos confirman la idoneidad de este tipo de actividades que ponen en contacto al alumno con la realidad de forma tangible. En sus respuestas ellos afirman que estas actividades les aclaran las ideas, les permiten relacionar la práctica con la teoría y explicada, les motiva y en general mejora la calidad de la enseñanza.

#### BIBLIOGRAFÍA

- FORTET, P., SÁNCHEZ, T. Y CAMPOY, R. (1994). Sistema de enseñanza-aprendizaje autocontenido de la Electrónica. *Actas de las III Jornadas Universitarias sobre Innovación Educativa en las enseñanzas técnicas*, 463-467.
- MOLINA, A.J., MEDINA, V., VALENCIA, M. Y ESCUDERO, J.I. (1997). Usando el ordenador para entender el ordenador. *Revista de Enseñanza Universitaria*. Nº. Extraordinario. 13-20.
- PARRA, P., BAENA, C. Y VALENCIA, M. (1994). Sistemas de prácticas autodidactas sobre CadPC. *Actas de las VI Jornadas de Tecnología Electrónica (Las Palmas de Gran Canaria)*

MARÍA PÉREZ CONDE

JUAN MARTÍN POZO

