

# EXPERIENCIAS DE ENSEÑANZA ACTIVA Y COOPERATIVA INTEGRADAS EN UN AULA MULTIMEDIA DISEÑADA PARA ASIGNATURAS DE DISEÑO MICROELECTRÓNICO

P. L.MIRIBEL-CATALÀ, A.DIÉGUEZ, A.SAIZ-VELA, R.CASANOVA, J.COLOMER, A.ARBAT  
A.HERMS, J.SAMITIER

*Departamento de Electrónica, Grupo SIC, Facultad de Física, Universidad de Barcelona,  
C/Martí i Franquès, 1, 08028 Barcelona, España*

*En este documento se presentan diferentes experiencias y resultados obtenidos en el marco de diferentes asignaturas del ámbito del Diseño Microelectrónico, y en particular, desarrolladas dentro de la enseñanza de segundo ciclo de Ingeniería en Electrónica, impartida por el Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona. Las implicaciones que se están derivando de la constitución del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) nos han llevado a desarrollar estas actividades.*

## 1. Introducción

La constitución del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)[1][2], y todo lo que implica la nueva filosofía de los créditos ECTS, nos permiten abrir nuevas vías de actuación. En nuestra enseñanza la preocupación mayor no se centra únicamente en la formación sino también en potenciar aquellos aspectos que son difíciles de enseñar como son la organización, la responsabilidad, la capacidad el trabajo en equipo, el liderazgo, etc. Desde este punto de vista en el Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona, que imparte la enseñanza de segundo grado de Ingeniería en Electrónica, y en particular en las asignaturas del plan de estudios dedicadas al ámbito del Diseño Microelectrónico, implicando a las materias de carácter troncal dedicadas al diseño digital y analógico, se está trabajando en adecuar estas asignaturas a esta concepción.

Nuestros objetivos se centran en desarrollar vías que nos permitan incentivar aspectos transversales en nuestros alumnos[3]: la capacidad de discusión, de comunicación, de redacción, presentación de trabajos, capacidad de decisión, de liderazgo, de búsqueda de recursos, y en definitiva del trabajo en equipo.

A su vez perseguimos tener mecanismos que nos permitan un buen seguimiento del alumno, teniendo presente su evaluación continuada y dedicación a las diferentes actividades que encerrarán los créditos ECTS.

## 2. Ámbito de desarrollo

Esto nos ha llevado a confeccionar un entorno idóneo [4] para efectuar las propias clases de carácter magistral con la combinación de diferentes tipos de métodos de enseñanza. Se ha tratado de romper la monotonía de las clases magistrales: en estas la participación y interacción con el alumno es muy baja. Para conseguirlo se programan diferentes actividades de carácter activo en clase, así como actividades de carácter cooperativo formal, formando grupos de trabajo sobre temas particulares presentados en clase. Los alumnos hacen sus actividades asignadas individuales, y deben de organizarse y comunicarse con sus compañeros. De esta forma se incentiva el trabajo en equipo, y que estos se den cuenta de su importancia. Además el alumno actúa como medio transmisor de la información que se le ha explicado en clase, o

sobre la que estos han leído y trabajado, pasándola por su filtro de lenguaje a sus compañeros. Las acciones de evaluación individuales y en grupo persiguen el esfuerzo individual y la importancia del trabajo en grupo.

La Ingeniería en Electrónica impartida por el Departamento de Electrónica de la Universidad de Barcelona en su Facultad de Física, es un currículum de segundo ciclo. A partir del segundo semestre el alumno puede ir formando su currículum de especialización en tres frentes distintos:

- Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos
- Instrumentación y Sistemas Electrónicos
- Comunicaciones y Procesado de la Señal.

El perfil que nos ocupa es el de “Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos”. Las asignaturas de Diseño Microelectrónico que pertenecen a este perfil son: dos asignaturas de carácter troncal (Diseño Microelectrónico I y Diseño Microelectrónico II), y dos optativas (Diseño Mixto A/D) y Diseño de Circuitos Integrados Específicos).

Las características más importantes de las asignaturas de la especialización en Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos son:

- **Diseño Microelectrónico I** es una asignatura estructurada en dos partes. La primera parte se enfoca a la presentación de las diferentes tecnologías disponibles y al diseño a nivel transistor de puertas digitales sencillas, mientras que la segunda se enfoca a los aspectos generales del Diseño Microelectrónico tales como la metodología de trabajo, lenguajes de descripción de hardware, síntesis de circuitos digitales, herramientas, etc.
- **Diseño Microelectrónico II** es una asignatura cuyo objetivo principal es profundizar en el diseño de circuitos integrados, especialmente analógicos y de señal mixta, dándose una fuerte base teórica y práctica sobre los bloques básicos analógicos como fuentes de corriente, tensiones de referencia, espejos de corriente, OTA's, Etapas de Salida, Estabilidad y Compensación, Amplificadores de Dos y más etapas, comparadores e introducción a los filtros Gm-C y Capacidades Conmutadas.
- **Diseño Mixto A/D** es una asignatura enfocada a profundizar en aquellos aspectos de los sistemas de señal mixta de carácter práctico en la actualidad. Se amplían los conocimientos introducidos en Diseño Microelectrónico II, ampliando los conocimientos teóricos y prácticos sobre Amplificadores completamente Diferenciales, Circuitos de Bandgap CMOS, Circuitos basados en Capacidades Conmutadas, Diseño de Baja Tensión y Baja Potencia (LVLP) y aplicaciones (Filtros, Conversores, etc).
- **Diseño de Circuitos Integrados Específicos** es una asignatura dedicada a profundizar en el desarrollo de sistemas digitales desde el punto de vista del rápido desarrollo de un prototipo.

En este artículo se presentaran el tipo de actividades que se desarrollan para las asignaturas de carácter troncal, en el entorno del aula multimedia [4].

### 3. El Aula Multimedia

El desarrollo del aula multimedia se concibe como el entorno que nos permita no únicamente transmitir la información a los alumnos mediante la clase magistral sino también que nos permita desarrollar actividades en la misma, de carácter práctico.

La creación de este tipo de aula conllevó un gran esfuerzo. En los primeros años de nuestra ingeniería cada grupo de dos alumnos tenía disponible una estación (Sun SPARC 10) lo que se implicaba tener que dedicar una gran cantidad de recursos a la administración de los equipos.

Evidentemente, ya hace muchos años que este tipo de recursos de hardware quedó obsoleto, por lo que se planteó su actualización.

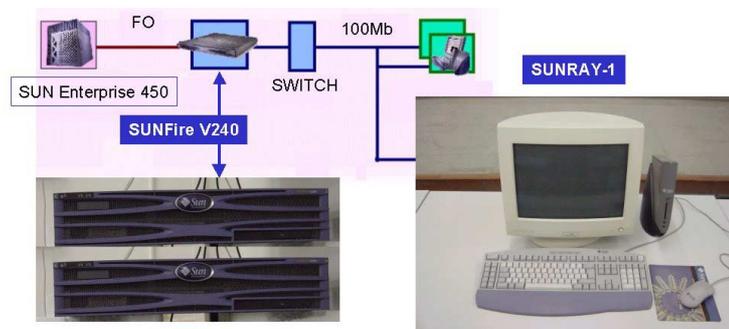
Entre diferentes opciones se optó por lo que ha resultado una solución perfecta tanto desde el punto de vista de mantenimiento como de coste. Se dispone de un servidor de aplicaciones (SUN Enterprise 450) general de la Universidad y de un servidor de clientes por DHCP (SunFire V120) al que se conectan hasta 25 clientes SunRay 1. Dichos clientes no ejecutan ningún sistema operativo, sino que únicamente reciben sesiones del servidor al que están conectados. En la actualidad, el servidor ejecuta un sistema operativo Solaris 9.02. El software servidor de SunRays es la versión 2.0. El terminal SunRay 1 únicamente tiene conectado una conexión de red, un teclado, un ratón y un monitor. Como opción, existe la posibilidad de entrar al sistema mediante una tarjeta autenticada (*smartcard*), tal y como es el propio carnet del estudiante en esta Universidad, mediante el lector de tarjetas disponible en el terminal.

Por lo tanto, el alumno realiza una entrada al sistema en el cliente SunRay de forma que realmente está trabajando en el servidor. Desde éste se conecta al servidor de aplicaciones. Las ventajas de esta disposición son:

- Sólo es necesario realizar el mantenimiento y actualizaciones del servidor de aplicaciones (o como en nuestro caso del servidor de aplicaciones y el servidor de SunRays).
- El coste es reducido pues cada terminal SunRay tiene un coste es bastante inferior al de un PC.
- La seguridad del sistema es superior porque no hay conexión directa de los terminales SunRay al exterior.
- El alumno trabaja en un entorno diferente al usual (Solaris frente a Windows)

Por lo tanto, en la actualidad el aula dedicada a la enseñanza de Diseño Microelectrónico consta de 25 clientes Sunray 1 y un servidor Sunfire V120. Remotamente se dispone además del servidor de aplicaciones SUN E450. La distribución de conexiones se presenta esquemáticamente en la Figura 1.

La propia aula combina estos recursos con los de una aula multimedia en la que pueden desarrollarse presentaciones a través de un proyector, sean las clases del profesor con el material teórico o el de las actividades, o de los trabajos de los propios alumnos, Fig. 2.



**Figura 1.** Esquema de la distribución de recursos informáticos de hardware del aula multimedia

#### **4. Actividades en la Aula Multimedia**

La atención de una persona decae rápidamente, transcurridos entre 15 y 20 minutos, ante una exposición. En particular en las clases magistrales, puramente expositivas, el alumno pierde el hilo de la explicación con gran facilidad. Es bien sabido que esta técnica es la tradicional, y en la que los alumnos quedan relegados a un papel muy pasivo y de mero espectador.

En nuestras clases solemos romper esta monotonía ante la explicación teórica mediante el planteamiento de actividades cortas en clase, sean pequeños ejercicios o cuestiones. Ahora, podemos

combinar la clase teórica con alguna actividad ante los terminales y trabajar con pequeños ejercicios con la herramienta de diseño Cadence[5], que permitan fomentar en el alumno los conocimientos adquiridos mediante la práctica directa.

Las actividades que se realizan en el aula multimedia son diversas. Estas pueden ser de carácter activo, desarrollo de prácticas guiadas, a problemas a resolver siguiendo el formato de alumnos trabajando de forma cooperativa. Para esta última opción se crean grupos cooperativos formales. Mediante estas técnicas se consigue dinamizar las clases sí como enfatizar el trabajo en equipo y la interdependencia positiva.

### **5. La Metodología de la Actividad Cooperativa**

Una de las técnicas utilizadas es la creación de puzzles y la creación de los grupos de expertos (GE). En la Fig. 3 se representa el método seguido. Esta técnica consiste en dividir un problema o miniproyecto en bloques, los cuales pueden ser independientes o no. Estos son distribuidos a cada uno de los miembros del grupo cooperativo formal, que intenta ser de tres miembros, elegidos al azar por el profesor entre los alumnos. Cada alumno tiene pues un elemento del puzzle, una parte del problema o tema, y se le exige su solución o estudio individual. Este es un elemento que es utilizado para la evaluación del trabajo individual del alumno. En esta combinación de problemas se pueden crear los denominados "grupos de expertos" los cuales deben de trabajar uno de los tópicos en los que se divide el problema principal, de forma que sus conclusiones y resoluciones parciales constituyen un elemento más para la evaluación del trabajo en grupo. Estos grupos se forman mediante alumnos de diferentes grupos cooperativos, que tras la resolución del bloque común deben de volver a sus grupos iniciales. En cada grupo, cada miembro debe de explicar su parte a sus compañeros y el grupo debe de acordar las soluciones finales a entregar al profesor. Se incentiva la interdependencia positiva, la responsabilidad ante los compañeros y el trabajo en equipo.



**Figura 2.** Aula multimedia

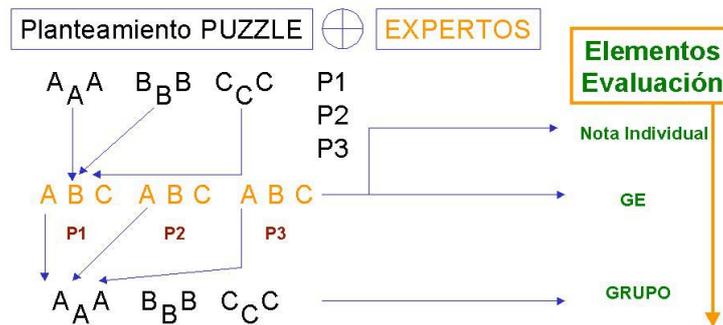


Figura 3. Estrategia seguida para una actividad cooperativa

## 6. Ejemplos de Actividades

A modo de ejemplo vamos a describir algunas de las actividades diseñadas dentro de las asignaturas troncales de Diseño Microelectrónico I y II en el aula multimedia.

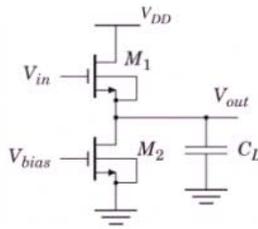
Para la asignatura de Diseño Microelectrónico II las actividades que se desarrollan en el aula multimedia son:

- El estudio de un espejo de corriente.
- El estudio de un espejo cascode y uno modificado, de carácter cooperativo.
- Diseño de una fuente de corriente.
- Amplificador simple common-source, en las que se desarrollan diferentes configuraciones, entre ellas problemas y de carácter cooperativo..
- Amplificadores cascode, de carácter cooperativo.
- Diseño del amplificador diferencial
- Diseño y análisis completo de un amplificador de dos etapas.
- Layout, LVS y post-simulación del amplificador diferencial.

En el ámbito de cada actividad hay una descripción de los objetivos que se persiguen con la actividad, tanto de carácter general como específicos, sobre metodología, indicando los tiempos estimados para realizar las actividades y su evaluación.

En concreto en el caso de la actividad de los espejos cascode se desarrollan las actividades en dos sesiones de 2 horas. Se generan grupos de dos personas. Cada uno de ellos se hace cargo de uno de los bloques. Sobre cada uno de estos bloques se generan grupos de expertos, siguiendo la metodología presentada en el punto anterior. Estos alumnos estudiarán y caracterizarán el bloque asignado. Los estudiantes "A" estudiarán y resolverán cuestiones sobre el espejo cascode. Los estudiantes "B" analizarán el espejo de corriente modificado. Sobre esta parte deberán de realizar un informe conjunto. En la siguiente sesión los miembros del grupo inicial deberán de presentar los resultados obtenidos de cada una de sus partes. El objetivo es que si el miembro "A" ha hecho la parte del espejo cascode y el miembro "B" el espejo cascode modificado, al final de la sesión programada el profesor pueda pedir explicaciones al estudiante "A" sobre el bloque que hizo el estudiante "B" y viceversa. Durante la discusión final uno de los dos miembros abrirá el acta sobre el consenso del ejercicio final que entregan.

Otro ejemplo de actividad es el de un problema cooperativo sobre un amplificador, como el representado en la Fig. 4.



**Figura 4.** Problema de amplificador simple.

El ejercicio se divide en dos partes. Un alumno debe de encontrar la expresión en gran señal (DC) de la tensión de salida en función de la señal de salida. En ella se supone que los transistores están saturados. El otro miembro del grupo deberá de encontrar la expresión del polo dominante de la estructura, suponiendo que la resistencia total es infinita y que únicamente deben de considerar la capacidad  $C_L$ . Cada uno entregará de forma individual su parte al profesor, en función de la programación de la actividad en el calendario, según se indique a través de los *Dossiers Electrònics* de la asignatura. Una semana más tarde se realiza la tarea cooperativa en el aula.

En la sesión el aula cada miembro deberá de traer su parte para realizar las siguientes actividades:

- Cada compañero debe de explicar su parte al otro miembro del grupo (10 minutos).
- En los siguientes 15 minutos deberán de discutir si creen que los resultados del análisis de sus compañeros es correcta o no.
- En los 15 minutos siguientes deberán de consensuar y escribir el problema completo resuelto por el grupo, entregándolo al profesor, conjuntamente con el acta de la actividad.
- El tiempo total de la actividad es de 50 minutos.
- El siguiente paso será tras los comentarios del profesor analizar el circuito vía simulación con Cadence-Spectre.

Para este tipo de actividades, así como para la gestión global de la asignatura, utilizamos los recursos de la Universidad de Barcelona a través de la Biblioteca y los servicios WEB, denominados *Dossiers Electrònics*, Fig. 5. En este entorno se pueden gestionar los avisos del profesorado, disponibilidad de los ficheros de teoría, de las actividades, bibliografía, etc.

The screenshot shows the 'Dossiers Electrònics' web interface. At the top, there are navigation tabs for 'Biblioteca' and 'Dossiers electrònics'. Below the navigation, there is a login section with fields for 'Identificador (Español) / PCI / monUB' and 'Contraseña', and a 'Entrar' button. The main content area features a blue header for 'Espacio Anuncios del Profesorado' and a list of announcements, including one from '10-01-2006' regarding a professor's absence. On the right side, there is a 'Profesorat' section listing faculty members and a 'Material de la Asignatura' section with a list of course materials such as 'Programa Orientatiu de la Matèria', 'Material de l'Assignatura', 'Sessions 0-11', 'NOTES FEBRER 2004', 'NOTES SETEMBRE 2004', 'Més Activitats Classe', 'FAQ', 'COOPERATIU', 'EVALUACIÓ', 'NOTES', and 'Carpeta nova'. A footer at the bottom left contains the text 'Pregunteu al bibliotecari'.

**Figura 5.** Entorno web de los *Dossiers Electrònics* de la UB.

## 7. La Opinión de los alumnos

Tras diferentes experiencias llevadas a cabo se ha sentido la opinión de los alumnos, y en concreto sobre las experiencias de carácter cooperativo. Los resultados han sido muy interesantes. Se ha de tener en cuenta que estos alumnos son de segundo ciclo y la mayoría jamás ha trabajado de esta forma. Un aspecto precisamente muy interesante es la posición inicial de los alumnos ante este tipo de actividades. Las encuestas se han basado en diferentes fuentes, y en particular de [6].

Las encuestas se realizan tras haber finalizado las actividades, y en particular hay preguntas orientadas a las actividades cooperativas. En estas se plantea un cuestionario, de forma anónima, en que se pide al alumno una puntuación entre 1 y 5, siendo la puntuación variable entre no cierto y muy cierto. El cuestionario suele tener una serie de preguntas, siendo las más destacables las siguientes:

1. Entiendo mejor los temas difíciles.
2. Aprovecho mejor el tiempo de estudio.
3. No me ha gustado ya que hay compañeros que no han colaborado.
4. Trabajando sólo hubiera hecho más actividades.
5. Trabajando sólo hubiese aprendido más.
6. Me da más motivación para estudiar.
7. Los compañeros del grupo me hacen perder el tiempo.
8. Prefiero las actividades y clases tradicionales.
9. La forma de evaluar me motiva más en la preparación de las actividades.

Algunos resultados de las encuestas se muestran a modo de resumen en la Fig.5 y en la Fig. 6. De la primera se puede deducir el efecto positivo de la técnica cooperativa en la interdependencia positiva entre los alumnos. Se observa como el alumno es más responsable respecto a la tarea a realizar, y su obligación no sólo individual sino en relación con el grupo. Por otro lado, en la Fig. 6, se observa el apoyo mayoritario del alumnado a este tipo de actividad.



FIGURA. 5  
SOBRE LA INTERDEPENDENCIA POSITIVA.



Figura 6. Evaluación de la actividad cooperativa para el alumnado.

## 8. Conclusiones

Tras las experiencias llevadas a cabo durante dos años, las opiniones recogidas nos animan a ir más allá en la implementación de estas técnicas. Podemos destacar la buena acogida del alumnado a estas técnicas y cómo hemos podido constatar una mejora en el alumnado al asimilar nuevos conceptos.

A grandes rasgos podemos destacar que el alumnado respecto a las técnicas de aprendizaje cooperativo entiende que, a modo de resumen:

Les permite entender mejor aquellos aspectos más complejos en un 62.5%; en un 75% que les ha permitido hacer más actividades que de forma individual; tienen una mayor motivación para el estudio en un 75%; y un 87.5% están a favor de este tipo de actividades.

## Referencias

- [1] F. Michavila. *Europa, ¿Para qué?*. Tribuna. CAMPUS El Mundo. Miércoles, 20 de Abril 2005.
- [2] C. Ruíz-Rivas. *Estudiantes sin Fronteras* Tribuna. CAMPUS El Mundo. Miércoles, 9 de Febrero 2005.
- [3] R.M. Felder, G.N. Felder, E.J. Dietz, *A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention. V. Comparisons with Traditionally-taught Students. J. Engr. Education*, 87(4), 469-480 (1998).
- [4] A. Diéguez, A. Herms. Diseño de un aula multimedia para la enseñanza teórico/práctica de diseño VLSI. Presentación Poster. Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, TAAE 2004.
- [5] [www.cadence.com](http://www.cadence.com)
- [6] *Técnicas de Aprendizaje Cooperativo*. Instituto de las Ciencias de la Educación, ICE. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Castelldefels, 6-7 Julio de 2004.