



**VNIVERSIDAD  
D SALAMANCA**

## **Informe final Proyecto de Innovación Docente ID11/129**

**“Uso de FPGAs y medios audiovisuales en la docencia de  
la Electrónica Digital”**

Participantes: Beatriz García Vasallo  
Raúl Rengel Estévez  
Miguel Ángel Rabanillo de la Fuente

Departamento de Física Aplicada  
Escuela Politécnica Superior de Zamora, Campus Viriato

## Datos del proyecto de innovación docente

**TÍTULO:** Uso de FPGAs y medios audiovisuales en la docencia de la Electrónica Digital

**REFERENCIA:** ID11/129

**PDI RESPONSABLE:**

BEATRIZ GARCÍA VASALLO

**CENTRO:**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ZAMORA.

**MIEMBROS DEL EQUIPO:**

BEATRIZ GARCÍA VASALLO

RAÚL RENGEL ESTÉVEZ

MIGUEL ÁNGEL RABANILLO DE LA FUENTE

**DURACIÓN:**

CURSO ACADÉMICO 2011/12

**SUBVENCIÓN CONCEDIDA:** 650 €

## Objetivos

El presente Proyecto de Innovación Docente ha estado orientado a la mejora docente de la asignatura Arquitectura de Computadores I perteneciente al Grado en Ingeniería Informática en Sistemas de Información, que se imparte desde el curso 2010-2011 en la Escuela Politécnica Superior de Zamora (EPSZ). La temática de Arquitectura de Computadores I se centra en dotar a los alumnos tanto de conocimientos técnicos (fundamentos de electrónica digital, manejo y diseño de circuitos combinacionales y secuenciales, etc.) como de competencias que les permitan abordar de forma autónoma proyectos multidisciplinares relacionados con la Electrónica Digital.

Con el objetivo principal de mejorar el aprendizaje activo de los fundamentos de circuitos digitales, dado el carácter eminentemente práctico que deben tener las asignaturas adaptadas al EEES, y basándonos en la experiencia que supuso el primer año de docencia de esta asignatura, habían sido definidos los siguientes objetivos en el presente proyecto:

- **Uso de los FPGAs para el aprendizaje de la lógica programable.** De forma aplicada, se ha introducido a los alumnos en el campo de la lógica programable, en particular, de los FPGAs (*Field Programmable Gate Arrays*) mediante la programación básica de los mismos. Esto ha tenido lugar fundamentalmente a través de la interfaz de

programación gráfica, que nos ha permitido a su vez hacer que los alumnos descubran las posibilidades del lenguaje VHDL.

- **Introducción de medios audiovisuales en la elaboración de informes.** Hemos sustituido el tradicional informe de laboratorio por vídeos que han servido para la evaluación directa de las competencias relacionadas con las prácticas adquiridas por el alumno. El funcionamiento de cada circuito realizado en el laboratorio ha sido grabado en vídeo junto con la explicación correspondiente. Durante el primer curso de impartición de la asignatura habíamos constatado que las técnicas audiovisuales son un gran aliciente para que los alumnos estén motivados tanto por la correcta realización del circuito como por la explicación teórica de su funcionamiento. En el presente curso hemos tratado esta innovación docente de forma sistemática y organizada.

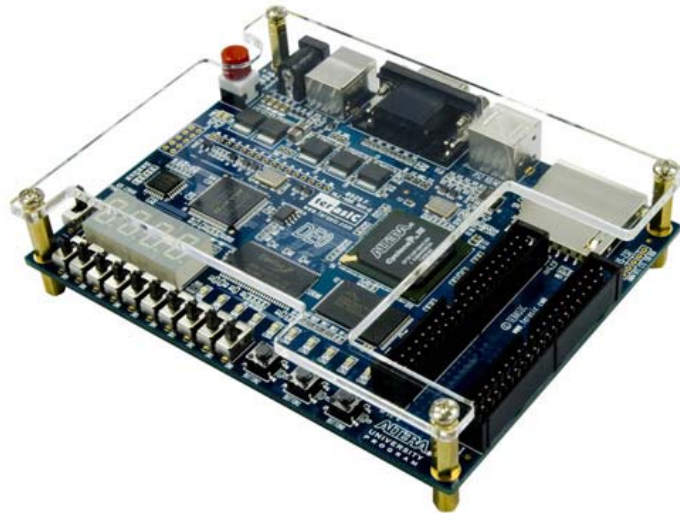
## **Actuaciones realizadas**

Para alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto hemos ejecutado las siguientes de actuaciones:

### ***Uso de los FPGAs para el aprendizaje de la lógica programable***

Con el presupuesto concedido en la realización del proyecto, hemos adquirido 8 circuitos FPGA (*Field Programmable Gate Array*, en concreto el modelo Altera DE0 Board de Terasic Technologies, Figura 1), lo cual ha posibilitado en primer lugar la familiarización del profesorado con los mismos, y posteriormente, la realización de varias demostraciones prácticas, con la participación activa del alumnado presente. Los estudiantes han podido observar las posibilidades de los lenguajes de programación hardware, y contrastar con sus propias experiencias de diseño de bajo nivel mediante puertas lógicas y biestables.

Para la enseñanza de lógica programable han sido diseñados una serie de elementos para ser utilizados con los FPGAs y se ha elaborado el material didáctico adecuado basado en programas fácilmente manipulables por los alumnos. Tras una introducción teórica los alumnos han podido acceder y modificar la programación hardware de un FPGA. De esta forma, los FPGAs han servido como introducción a las materias más complejas que pueden estudiar en cursos posteriores y les ha permitido conocer de manera aplicada uno de los elementos más empleados hoy día en el diseño de todo tipo de sistemas digitales profesionales. El seminario aplicado se llevó a cabo en el Laboratorio de Electrónica de la EPSZ y se emplearon tanto los FPGAs adquiridos como ordenadores portátiles llevados por los profesores para su realización.



**Figura 1.** Circuitos FPGA Altera DEO empleados en los seminarios.

### ***Introducción de medios audiovisuales en la elaboración de informes***

Para la realización de las prácticas en el Laboratorio de Electrónica (Figura 2), hemos considerado la realización de los informes de las mismas mediante la grabación de vídeos donde se ha explicado en detalle cada circuito implementado. Así, la metodología seguida en el laboratorio es la siguiente:



**Figura 2.** Laboratorio de Electrónica en la Escuela Politécnica Superior de Zamora.

Anteriormente a la práctica de laboratorio, los estudiantes diseñan el circuito que en cada caso deben implementar mediante el uso de software de apoyo (Logisim), comprobando y entendiendo su funcionamiento antes de llegar al laboratorio. Una vez implementado y comprobado el circuito (llevado a cabo en grupos pequeños de 2-3 personas) como informe de prácticas hemos propuesto, como alternativa al tradicional informe escrito, la realización de vídeos en los que los propios alumnos describiesen el diseño, implementación y comportamiento de dicho circuito. Para ello ha sido necesario que al menos uno de los integrantes del grupo tenga un teléfono móvil con cámara incorporada, lo cual en la actualidad

no presenta ningún problema. Se ha enviado cada vídeo vía e-mail o ha sido subido directamente al espacio de la asignatura en Studium junto con el circuito simulado. Aprovechando la plataforma on-line de la Universidad, hemos habilitado un espacio en Studium para la subida de archivos de vídeo, incluyendo un foro de discusión sobre el funcionamiento de los distintos diseños circuitales (visualizable en la Figura 3).

The screenshot shows the Moodle course page for 'ARQUITECTURA DE COMPUTADORES I' in Studium. The page is titled 'Escuela Politécnica Superior de Zamora' and 'Diagrama de temas'. The main content is a table of topics (Tema 1 to Tema 6) with sub-topics and associated resources. The left sidebar contains navigation options like 'Personas', 'Actividades', 'Buscar en los foros', and 'Administración'. The right sidebar shows 'Noticias', 'Eventos próximos', and 'Actividad reciente'.

Tema	Contenido	Recursos
1	<b>Tema 1. Fundamentos de la Electrónica Digital</b> - Fundamentos de codificación de la información en circuitos digitales - Bases del álgebra de Boole - Representación de variables lógicas - Módulos básicos para la síntesis de funciones lógicas - Representación de funciones lógicas - Simplificación de funciones lógicas	Diapositivas Tema 1 Seminarío 1
2	<b>Tema 2. Circuitos combinacionales</b> - Análisis de circuitos combinacionales - Síntesis de circuitos combinacionales - Circuitos combinacionales integrados y aplicaciones	Diapositivas Tema 2 Seminarío 2 Seminarío 3 Práctica 1. Puertas lógicas básicas. Diseño de un circuito combinacional. Práctica 2. Generación de funciones lógicas mediante circuitos combinacionales integrados.
3	<b>Tema 3. Circuitos secuenciales</b> - Circuitos biestables - Estructura general de un circuito secuencial - Análisis y síntesis de circuitos secuenciales síncronos - Análisis y síntesis de circuitos secuenciales asíncronos	Diapositivas Tema 3 Seminarío 4 (I) Seminarío 4 (II) Práctica 3. Flip-flops y diseño de registros de desplazamiento. Práctica 4. Diseño de circuitos secuenciales. Seminarío 5
4	<b>Tema 4. Circuitos aritméticos</b> - Contadores - Comparadores - Sumadores, restadores, multiplicadores, divisores - Unidad Aritmético Lógica - Registros	Diapositivas Tema 4 Práctica 5. Circuitos contadores.
5	<b>Tema 5. Tecnología de Memorias</b> - Jerarquía de memorias - Clasificación de memorias por tiempo y tipo de acceso - Memorias semiconductoras activas - Memorias ROM, EPROM y Flash - Almacenamiento magnético y óptico	Diapositivas Tema 5
6	<b>Tema 6. Convertidores A/D y D/A</b> - Parámetros característicos - Convertidores digital/analógico - Convertidores analógico/digital	Diapositivas Tema 6 Práctica 6. Convertidores Digital-Analógico.

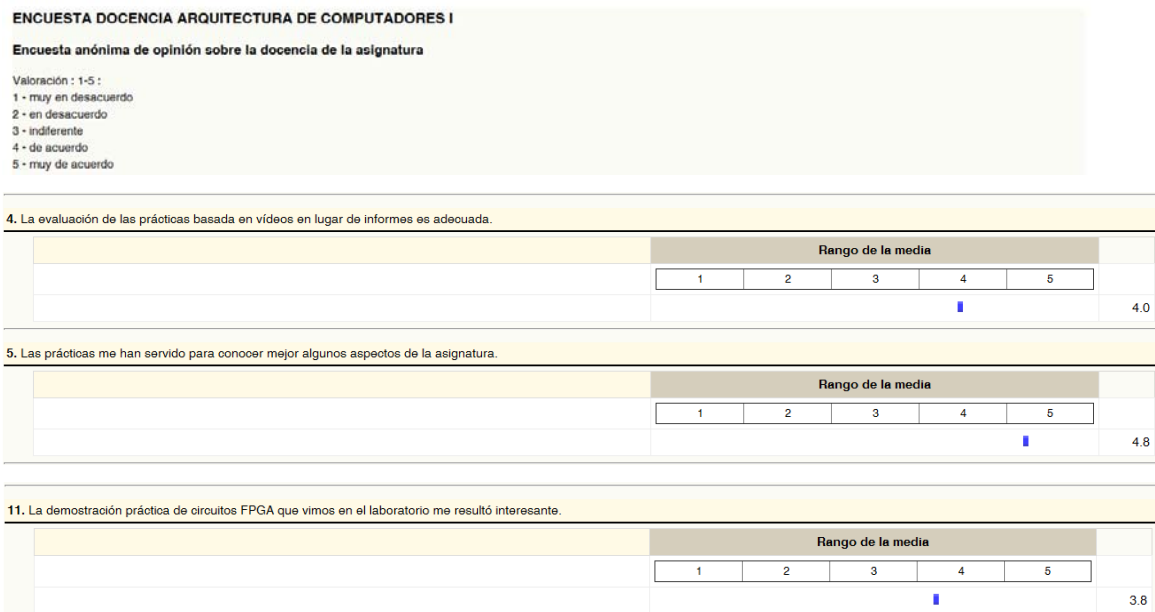
**Figura 3.** Portada del espacio de la asignatura en Studium.

Los circuitos más complejos han sido posteriormente visualizados y debatidos por parte de los otros grupos (que a su vez han debido presentar sus vídeos correspondientes). El sistema de

evaluación ha sido convenientemente adaptado a esta situación, puesto que no sólo se puede evaluar la explicación teórica de los circuitos digitales trabajados, sino también la capacidad de los alumnos para explicar de forma oral tanto la implementación (materiales empleados, dificultades encontradas...) como el funcionamiento circuital.

## Resultados y conclusiones

El resultado principal de este Proyecto de Innovación Docente ha sido un aumento notable del interés de los alumnos por la materia junto con una mejora en su rendimiento, con la consecuente adquisición de los conocimientos técnicos de la asignatura, así como de las competencias que les permitan desenvolverse con mayor soltura a la hora de diseñar circuitos digitales y resolver problemas propios de la ingeniería. También hemos aumentado su interés por el uso de tecnologías de plena actualidad en el diseño de circuitos digitales, como son los FPGAs, lo que esperamos sirva también para una mayor motivación en asignaturas más avanzadas en cursos posteriores directamente relacionadas con la materia objeto del presente Proyecto.



**Figura 4.** Valoración por parte de los alumnos tanto del seminario práctico realizado con FPGAs como de los informes de las prácticas de laboratorio basados en vídeos (extracto del espacio de la asignatura en Studium)

Para la valoración por parte de los alumnos tanto del seminario práctico realizado con FPGAs como de la nueva metodología para realizar informes de prácticas basados en vídeos, se ha realizado una vez finalizado el curso una encuesta mediante un cuestionario anónimo y

voluntario a través de la web en Studium. Los resultados relativos a los objetivos del presente Proyecto son los mostrados en la Figura 4.

Como podemos observar, en general la valoración de los alumnos ha sido positiva, especialmente a las preguntas referidas a las prácticas de laboratorio y la metodología con la que se han llevado a cabo. En cuanto al seminario aplicado de FPGAs, se esperaba una valoración mejor en la realización del seminario aplicado realizado. En entrevistas llevadas a cabo al finalizar el seminario y durante las tutorías la opinión generalizada ha sido notablemente más positiva.

Por el interés que creemos puede tener este trabajo de innovación docente en el ámbito de la electrónica y en general de las materias propias de la ingeniería, vamos a procurar incidir en la difusión de los resultados obtenidos, en particular en la metodología seguida para la realización de las prácticas de laboratorio y la realización de informes basados en vídeos; para ello, se ha planteado el envío de comunicaciones a revistas de impacto como puede ser Transactions on Education (IEEE).