

# METODOLOGÍA DOCENTE APLICABLE A ASIGNATURAS DE DISEÑO PROGRAMABLE

*Roberto Gutiérrez Mazón, Felip Viñedo Román*  
[Roberto.gutierrez@umh.es](mailto:Roberto.gutierrez@umh.es) [felip@umh.es](mailto:felip@umh.es)  
*Universidad Miguel Hernández*  
*Departamento de Física y Arquitectura de*  
*Computadores*

María José Canet Subiela  
[macasu@doctor.upv.es](mailto:macasu@doctor.upv.es)  
*Área Electrónica*  
Dpto Ing. Electrónica  
Universidad Politécnica de Valencia

## Resumen

El siguiente documento pretende mostrar un nuevo enfoque en la manera de impartir las asignaturas de Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos y Microelectrónica. El temario propuesto para dichas asignaturas esta basado en los Lenguajes de Descripción de Hardware (HDL) y en el diseño con Dispositivos Lógicos Programables, como son las FPGAs. Para ello se propone una metodología de trabajo, basada en la realización de un proyecto de complejidad media enfocado dentro de las Telecomunicaciones.

## 1. Introducción

De las clases magistrales de la asignatura, el alumno obtendrá las bases para la programación de FPGAs mediante VHDL, así como su estructura interna. En paralelo con el desarrollo de las clases teóricas el alumno comenzara el desarrollo del proyecto siguiendo una metodología propuesta, constituyendo una aplicación práctica de los conocimientos teóricos impartidos en la asignatura.

Por ello, se ha dotado a la parte del proyecto de un gran valor en la evaluación de la asignatura y con él se constata la comprensión de los fundamentos del lenguaje VHDL y la programación de Sistemas Hardware Digitales (FPGAs), por parte del alumno.

En muchos casos los estudiantes pueden ampliar el diseño realizado en la asignatura, para presentarlo como Proyecto Fin de Carrera.

Con esto se pretende que los alumnos se impliquen en el desarrollo de la asignatura, y no sea una mera asistencia a las clases teóricas y la realización de las sesiones de practicas. Normalmente en las asignaturas donde se imparten temarios de programación, y en especial en las que se imparten Lenguajes de Descripción de Hardware, los alumnos suelen desmotivarse muy fácilmente debido a que diseños que se suelen realizar, están basados en la simulación de pequeños diseños. Por ello los alumnos no “ven” la capacidad real de los Dispositivos Programables.

Es objetivo de este proyecto es que el alumno comience a realizar diseños de cierta entidad.

Por otra parte, se pretende eliminar, en gran medida, la incertidumbre provocada por el hecho de que la calificación global del alumno se base únicamente en un examen final, siendo uno de los principales objetivos del proyecto, que el alumno se encuentre recompensado por

el trabajo realizado a lo largo de la duración de la asignatura, y no tan solo por una prueba concluyente que en muchas ocasiones no refleja el conocimiento y dominio del alumno.

De esta manera se propone que el 70 % de la nota de la asignatura se califique en base un proyecto de cierta entidad realizado a lo largo de la asignatura y el 30% restante, por una pequeña prueba teórica con la finalidad de evaluar si se han adquirido de una manera adecuada y satisfactoria los conceptos básicos y aspectos más relevantes del temario presentado.

## 2. Asignaturas impartidas

En la Universidad Miguel Hernández, en las titulaciones de Telecomunicaciones se imparten dos asignaturas de diseño programable.

- **Microelectrónica:** Asignatura troncal que se imparte en el tercer curso de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones. Especialidad Sistemas electrónicos. Su duración es anual (12 créditos). La parte dedicada a Lógica Programable su duración es de solo un cuatrimestre.
- **Diseño de Circuitos y Sistemas Electrónicos:** Asignatura troncal que se imparte en el quinto curso de Ingeniería de Telecomunicaciones. Su duración es cuatrimestral (6 créditos).

En las dos asignaturas se imparte el mismo temario de Lógica Programable.

## 3. Objetivos

A continuación, se recogen los objetivos que se pretenden conseguir con esta metodología didáctica:

- Comprensión y utilización de forma precisa del lenguaje de programación utilizado en esta asignatura, en nuestro caso el lenguaje VHDL.
- Conocer las dificultades de la programación del hardware, a pesar de usar un lenguaje de alto nivel.
- Entender la potencia que se puede llegar a conseguir con una FPGA en cuanto a complejidad de la función que realiza.
- Adquirir experiencia en la búsqueda y utilización de las hojas de características de los dispositivos que nos proporciona del fabricante.
- Realización de proyectos basados en situaciones reales.
- Incentivar el trabajo en grupo. Así, fomentamos el intercambio de información y contraste de la misma, entre alumnos, bien realicen el mismo proyecto o bien sean distintos a fin de ampliar los conocimientos entre los integrantes de los mismos.

Los dos últimos objetivos son los más importantes, a nuestro parecer, ya que estas asignaturas son impartidas en el último curso de la carrera. Por ello también cobra importancia, el educar a los alumnos para que puedan desenvolverse con soltura en entornos profesionales. Por todos es conocida la gran importancia que el trabajo en equipo desempeña en el mercado laboral, al que inminentemente se tienen que incorporar nuestros alumnos, y junto a los conocimientos teóricos, constituye el pilar fundamental para el ejercicio de nuestra profesión.

#### **4. La idea**

Como se ha comentado brevemente en la introducción, la idea básica es que el alumno sea capaz de afrontar pequeños proyectos de ingeniería por sí mismo. A raíz de contactos mantenidos con antiguos alumnos. Todos nos comentaban los problemas que tenían los primeros meses de estancia en la empresa. Esto es debido en parte, a la gran carga teórica que tienen las titulaciones en España. Por ello los alumnos disponen de un alto nivel teórico, pero disponen de una escasa capacidad para afrontar proyectos reales.

A raíz de dichos comentarios, los profesores del departamento pensamos en aplicar una metodología de trabajo para dichas asignaturas, más profesional, basada en el cumplimiento de unas etapas y unos requerimientos temporales. Como ello, simulamos situaciones reales.

La labor del profesor en un principio será definir unos objetivos a cumplir. A partir de ahí el trabajo de investigación e implementación recaerá sobre el alumno.

Para realizar dicho proyecto se proponen unas fases y unos requerimientos temporales que deben ser cumplidos:

- En la segunda clase de teoría de la asignatura se formaran los grupos, estos estarán formados por 2 ó 3 personas. Una vez formados los grupos, se elegirá un proyecto de los ofertados por el profesor. Cada proyecto lo pueden realizar más de un grupo en un mismo curso. Es decir que varios grupos realizarán el mismo proyecto, con ello fomentamos el paso de información entre los grupos.

Para realizar el proyecto se han de seguir los pasos y la temporización que a continuación se detallan:

##### ➤ **Elección del proyecto** (2 semanas)

Se elegirá un proyecto de los siguientes en un plazo de dos semanas desde el primer día de clase.

Los proyectos que se han ofertado este año (2003/2004) han sido los siguientes:

- ✓ **Transmisión asíncrona** mediante interfaces **radio**: Se trata de realizar una transmisión bidireccional entre dos placas con FPGAs usando el aire como medio de transmisión.

- ✓ **Transmisión asíncrona** mediante interfaces de **Fibra Óptica**: Idéntico al anterior pero usando fibra óptica.
- ✓ **Teclado → display**: se trata de capturar la salida de un teclado estándar de ordenador (PS2) y mostrar lo que se pulsa en un display LCD, de forma que se vaya desplazando.
- ✓ **Ratón → Pantalla VGA**: en este caso capturaremos la salida de un ratón (PS2) y realizaremos el movimiento del puntero en una pantalla VGA (usando la red de resistencias ponderadas que dispone la placa).
- ✓ **Teclado → pantalla VGA**: Idéntico al anterior, pero capturando el teclado, en lugar del ratón.
- ✓ **Envío de mensajes GSM**: usando un módem GSM y las placas de prácticas, usando los comandos ATA, enviar mensajes SMS y realizar llamadas a un móvil.
- ✓ **Marcador telefónico**: Usando un teclado matricial realizar un marcador telefónico multifrecuencia.
- ✓ **Generador de señales**: Usando la memoria de la FPGA y los microswitchs de la placa, realizar un generador de señales (cuadrada, senoidal y triangular) de frecuencia variable a saltos.

Además los alumnos podrán proponer otros trabajos que vean de su interés. Por otra parte, se intentara que de un año para otro varíen los proyectos ofertados.

Los proyectos, como se puede observar, están enfocados dentro del terreno de las Telecomunicaciones. Con ello el alumno trabajara con sistemas reales de transmisión, Fibras Ópticas, Transmisores- Receptores vía radio, módems GSM, etc.

#### ➤ **Búsqueda de información** (1 mes)

Este paso, aunque parece el más sencillo es de los más importantes. Se trata de buscar información de fabricantes, otros proyectos, etc. Durante las sesiones de clase (una de cada 2) se dispondrá de 20' para poner en común en el grupo las búsquedas individuales que cada uno ha realizado, así como programar las búsquedas futuras. El profesor realizará durante ese tiempo una evaluación del trabajo realizado hasta el momento.

Pasados un mes y dos semanas desde el primer día de clase los grupos se reunirán en la clase durante una hora para compartir la información conseguida entre los distintos grupos que realizan el mismo proyecto. A partir de este día el trabajo de cada uno de los grupos será por separado. El profesor se encargará de detectar copias de código entre distintos grupos que realizan el mismo proyecto penalizándoles como considere oportuno.

Por otra parte de disponen de varias sesiones de practicas, en las que el alumno empezara a familiarizarse físicamente con el lenguajes VHDL. Para ello las primeras

semanas de prácticas se realizarán pequeños ejercicios para que sean resueltos por el alumno.

Una vez se han realizado los ejercicios propuestos el alumno, se comenzará con la implementación física del diseño a partir de la información que se obtenga.

➤ **Implementación del diseño** (1 mes y dos semanas)

Durante este tiempo los grupos realizarán los diseños y las comprobaciones que consideren necesarias. Dispondrán de las sesiones de prácticas para realizar dicha tarea, así como del material que precisen. Podrán mostrar el funcionamiento del código en la placa hasta pasados 3 meses desde el primer día de clase.

➤ **Realización de la memoria y exposición**

Se recomienda que mientras se realice la implementación del diseño se tomen anotaciones destinadas a la descripción del trabajo realizado en la memoria. El último día de entrega será dos semanas antes de realizar el examen teórico. La memoria deberá contener los puntos mínimos en cualquier proyecto ingenieril: introducción – objetivos – desarrollo – conclusiones – desarrollos futuros.

En cuanto a la exposición se podrá realizar usando pizarra, transparencias o cañón de vídeo. Se dispondrá de un tiempo MAXIMO de 15 minutos por grupo. Todos los miembros del grupo conocerán el desarrollo de la presentación. El mismo día de la presentación, el profesor, por sorteo, elegirá quien de los presentes expone el trabajo.

## **5. Evaluación**

El proyecto será el 70 % de la nota del primer cuatrimestre, siendo el 30 % restante la nota del examen. En cuanto a la evaluación del proyecto (sobre 7 puntos) se tendrá en cuenta:

- Funcionamiento práctico del mínimo requerido: 3 puntos
- Calidad de la memoria: 1 punto
- Claridad de la exposición: 1 puntos
- Funcionalidades extraordinarias: 2 puntos

Para aprobar la parte práctica será condición necesaria que el funcionamiento básico esté garantizado. Después se realizará una exposición pública ante el resto de vuestros compañeros donde los grupos dispondrán de un tiempo máximo de 15' por grupo. El ponente será elegido por el profesor en el momento de la exposición, por lo que todos deberán conocer el contenido y saberla desarrollar. La calificación será la misma para todos los miembros del grupo, salvo casos extraordinarios.

## **6. Puesta en marcha**

El mayor problema que se ha encontrado durante el transcurso de la asignatura ha sido el seguimiento a los alumnos. Esto ha sido debido a que en la asignatura de DSCE el número de matriculados es de aprox. 100 personas. Por lo que el seguimiento por parte del profesor se complica bastante. Además, debido a la variedad de proyectos propuestos, el profesor encargado de la asignatura tiene que tener bien claro el funcionamiento de todos los diseños.

Otro problema importante que hemos encontrado ha sido la falta de tiempo que ha tenido los alumnos de DCSE, ya que la asignatura es cuatrimestral.

Para años posteriores se pretende realizar una pequeña modificación en la metodología de trabajo. Básicamente, se pretende poner una fecha límite en la que el alumno tiene que haber realizado una simulación del circuito y presentarla al profesor responsable antes de una determinada fecha. Si no se consigue realizar dicha simulación el alumno ya no podrá seguir con el diseño y deberá presentarse a un examen final práctico. Con ello pretendemos conseguir una situación real de trabajo, esto es, los grupos de diseño que realizan tarde sus diseños quedan fuera del mercado.

## **7. Conclusiones**

Los alumnos empiezan a trabajar con dispositivos físicos, reales, que pueden encontrarse en el mercado. Sobre todo enfocados dentro del marco de las telecomunicaciones. Muchos de estos Dispositivos han sido estudiados por el alumno de manera teórica, pero nunca han trabajado con ellos, por ejemplo, transmisores/receptores fibra óptica, Modem GSM, etc.

Además se ha constatado como ha aumentado la motivación del alumno por el desarrollo de la asignatura. También se incrementa la comunicación alumno-profesor, ya que como en todos los diseños surgen problemas, por lo que tienen que acudir al profesor responsable. Por esto, se facilita el seguimiento de los alumnos por parte del profesor.

Hablando con alumnos que ya habían trabajado en empresas, comentaban lo interesante de la asignatura debido a la carga practica que conlleva.

La conclusión más importante que podemos sacar, es que garantizamos que los alumnos son capaces de realizar diseños sobre FPGAs de cierta entidad.

## **8. Bibliografía**

- [1] **Rapid Prototyping of Digital Systems 2º Edition.**  
James O. Hamblen y Michael D. Furman
- [2] **Teoría y Práctica de la Educación**  
Novak, J.D. Editorial Alianza, 1996.
- [3] **Pautas Para La Mejora De La Calidad En La Enseñanza De Estadística En Ingeniería De Telecomunicación**  
Felipe M. Aparicio Acosta  
Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa
- [4] **Escuelas eficaces y profesores eficientes.**  
Davies G. y Thomas, M.  
Madrid: La Muralla. (1992)