

## RECURSOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA ELECTRÓNICA DIGITAL

C. SANZ, F. PESCADOR, M.A. FREIRE, M. GARRIDO y M.C. RODRÍGUEZ  
*Dpto de Sistemas Electrónicos y de Control. Escuela Universitaria de Ingeniería  
Técnica de Telecomunicación. U. Politécnica de Madrid. 28031-Madrid. España.*

*Se presentan una serie de recursos didácticos diseñados para la mejora de la docencia de asignaturas de Electrónica Digital desde el nivel más básico hasta el desarrollo de sistemas mas complejos basados en microprocesador. Los recursos desarrollados son: una tarjeta de prototipos con un FPGA y un microcontrolador, una serie de tutoriales multimedia para facilitar el aprendizaje de las herramientas y un sistema de autoevaluación en Internet.*

### 1. Introducción

En los últimos años el diseño digital está sufriendo una importante transformación que viene, fundamentalmente, asociada a los avances tecnológicos. Actualmente, los dispositivos lógicos programables ofrecen al diseñador densidades de integración superiores al millón de puertas. Este avance tecnológico, que permite la integración de complejos sistemas en un solo circuito (SoC), ha forzado también un cambio en las metodologías de diseño que, de la mano de los lenguajes de descripción hardware (HDL) y de las herramientas de síntesis lógica, intentan facilitar y hacer posible el desarrollo de tales sistemas en márgenes de tiempo razonables. Por último, este avance tecnológico también está reduciendo el uso industrial de la lógica basada en series estándar (TTL y CMOS), con excepción de la lógica para buses.

Por su parte, las enseñanzas universitarias intentan adaptarse a este cambio incluyendo en los currículos de los estudiantes asignaturas que tratan el estudio de estas tecnologías y el aprendizaje de estas herramientas; sin embargo, es bastante generalizado aún el uso de las series estándar en las asignaturas básicas o de introducción a la Electrónica Digital que están llamadas a corto plazo a desaparecer por imposición del propio mercado.

Siendo conscientes de esta problemática general, el Grupo de Diseño Electrónico y Microelectrónico (GDEM) realizó el proyecto “*Desarrollo de Recursos Didácticos para la Enseñanza de la Electrónica Digital*”, financiado por la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) dentro de su convocatoria de *Proyectos de Innovación para Mejora de la Calidad de la Enseñanza*, en cuyo marco se han desarrollado los recursos que aquí se presentan.

### 2. Objetivos y motivación

El objetivo inmediato del proyecto es el desarrollo de un conjunto de recursos docentes para la mejora de las enseñanzas prácticas de Diseño Digital, tanto a nivel básico como avanzado.

Una de las características que se ha tenido en cuenta durante todo el desarrollo es permitir que los estudiantes puedan disponer de un sistema autónomo y portátil para realizar una amplia variedad de prácticas tanto en el laboratorio como en su propio domicilio.

El sistema anterior se completa con un conjunto de tutoriales interactivos que facilitan el auto-aprendizaje de las tecnologías y herramientas empleadas. Finalmente, se ha desarrollado una aplicación basada en web para la resolución y corrección de ejercicios a través de Internet que permite al estudiante la autoevaluación de los conocimientos.

Estos recursos son el medio para el logro del objetivo último del proyecto: la mejora en el aprendizaje en las actuales asignaturas de diseño digital así como la posible impartición de otras nuevas no necesariamente presenciales. La motivación de esta propuesta se deriva de lo que se expone a continuación:

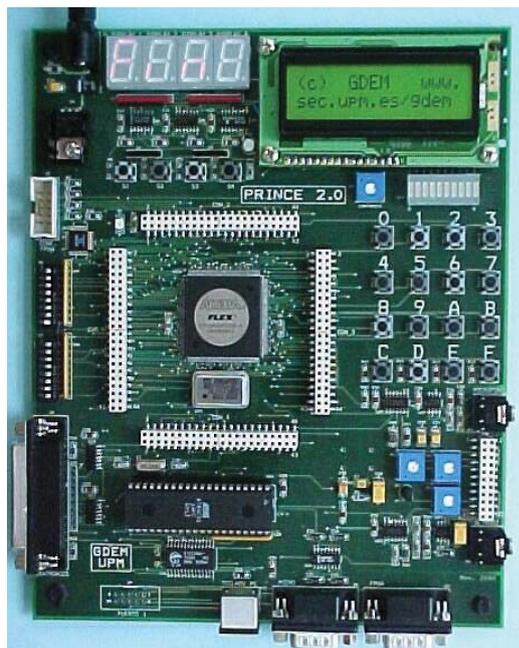
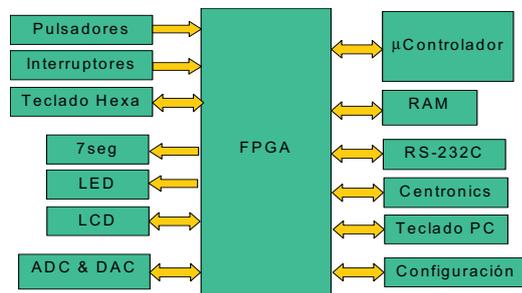
- a) La necesidad de resolver el grave problema que supone en estudios con carácter netamente experimental el acceso de los estudiantes a la infraestructura necesaria para la realización de prácticas. Este hecho, que se deriva del gran número de alumnos que deben compartir instalaciones y equipos con un alto coste económico, repercute de manera muy importante en la calidad de la enseñanza, fundamentalmente porque obliga en ocasiones al diseño de asignaturas con deficiencias formativas que dan lugar a que los estudiantes se titulen con una experiencia práctica inadecuada. Esta situación puede evitarse mediante el uso de un puesto de laboratorio portátil de bajo coste que permita que las condiciones para la intensificación, refuerzo y extensión de los estudios de carácter práctico pueda realizarse en condiciones similares a los de teoría.
- b) La disponibilidad de personal docente constituye una limitación para la impartición de algunas asignaturas. El uso de aplicaciones multimedia interactivas que tutoricen, en primera instancia, el aprendizaje del estudiante, así como el empleo de servicios telemáticos para la comunicación alumno-profesor (seguimiento, tutorización, evaluación, etc.) son nuevas posibilidades que permiten optimizar el rendimiento del personal docente.
- c) Finalmente, resulta beneficioso para el estudiante la utilización, en la medida de lo posible, de las mismas herramientas hardware y software en las asignaturas que se suceden a lo largo del Plan de Estudios, pues le evita la necesidad de adquirir conocimientos sobre detalles específicos de programas o recursos hardware, fallos de las herramientas, trucos de manejo, etc. Debido a ello, el sistema diseñado en este proyecto permite cubrir las enseñanzas prácticas en todas las asignaturas de Electrónica Digital.

Para la realización de este sistema, el GDEM partió de la experiencia docente obtenida durante los últimos años con la utilización de otras tarjetas más sencillas [1] –también de desarrollo propio–, que han sido utilizadas por los estudiantes en régimen de préstamo, estando asistidos para su manejo por un texto en formato tutorizado y algún material técnico complementario. Estas tarjetas también están siendo actualmente empleadas en otras Universidades y centros de educación secundaria.

### **3. Tarjeta PRINCE**

La finalidad de esta tarjeta es, por un lado, servir como herramienta de aprendizaje del diseño digital, pudiendo cubrir con ella desde el nivel más básico de la electrónica digital hasta el

más elevado de diseño de sistemas complejos que precisan de un microprocesador; por otro lado, la tarjeta constituye un sistema de desarrollo de bajo coste para prototipado y emulación.



**Figura 1:** Diagrama de bloques y fotografía de la tarjeta PRINCE

La figura 1 muestra el diagrama de bloques de la tarjeta y una fotografía de la misma.

El núcleo de la tarjeta está formado por un FPGA de la familia 10K de Altera en encapsulado QPF de 208 pines –con la circuitería necesaria para su configuración mediante memoria flash y/o cable Byte-Blaster– y un microcontrolador AT89C51 – con 32 KB de memoria RAM externa–. Además dispone de algunos periféricos sencillos de entrada salida como son: pulsadores, microinterruptores, *displays* de siete segmentos y LEDs. También incorpora otros periféricos de entrada/salida más potentes como un *display* LCD de 16×2, un teclado hexadecimal y convertidores A/D y D/A cuádruples de 8 bits. Finalmente, dispone de diversas interfaces: conector para un teclado de PC, dos interfaces RS232-C –uno asociado al microcontrolador y otro al FPGA– y un interface Centronics.

Los requisitos de partida para la elección del FPGA y del microcontrolador fueron la existencia de herramientas de desarrollo útiles y de libre distribución –MAX+plus II v10.1 [2] para el FPGA y µVision2 [3] para el microcontrolador– y; en el caso del microcontrolador, también la existencia de sistemas operativos que lo soportaran.

#### 4. Tutoriales en CD-ROM

Para que el sistema sea autocontenido se han creado una serie de tutoriales multimedia interactivos, cuyo propósito principal es permitir que el estudiante conozca las herramientas de diseño con las que va a desarrollar las prácticas que se le proponen.

Dada la complejidad de las herramientas empleadas se ha considerado interesante, desde un punto de vista docente, desarrollar el tutorial alrededor de un ejemplo de complejidad media en el que muestran las posibilidades de las herramientas y de la tarjeta. Para ello se ha creado un conjunto de animaciones –usando Macromedia Flash– en las que una voz en *off* explica los pasos a dar para acceder a las diversas opciones; dichas animaciones se han integrado en páginas HTML que ayudan al alumno en el desarrollo del ejemplo facilitando de este modo el proceso de aprendizaje. Se han desarrollado dos tutoriales: uno para el manejo del entorno MAX+plus II de ALTERA y otro para el aprendizaje del lenguaje VHDL.

## 5. Autoevaluación a través de Internet

Se ha desarrollado una aplicación que permite al estudiante resolver ejercicios sencillos y preguntas de test (figura 3) a través de Internet, que el sistema corrige instantáneamente, quedando además registro de sus resultados para que el profesor pueda realizar un seguimiento de sus progresos. Esta herramienta es abierta y permite la edición (creación, modificación y desactivación) de ejercicios. Con este sistema se persigue, por un lado, que el estudiante conozca sus propios progresos; y por otro, ayudar al profesor a encontrar los puntos que provocan en el alumno una mayor dificultad de aprendizaje.

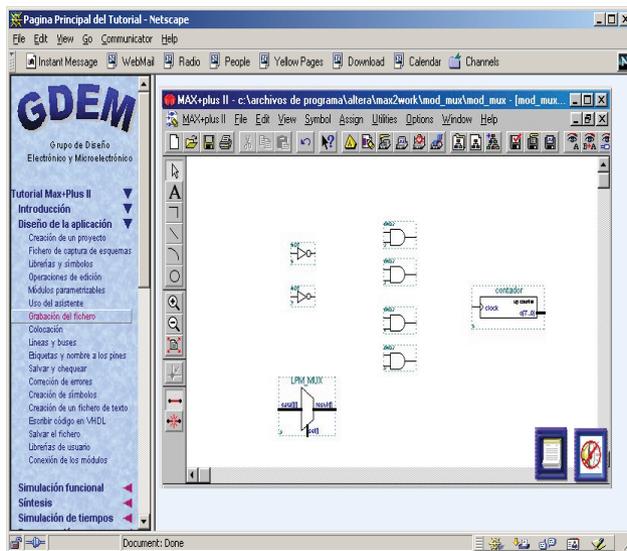


Figura 2: Ejemplo de tutorial

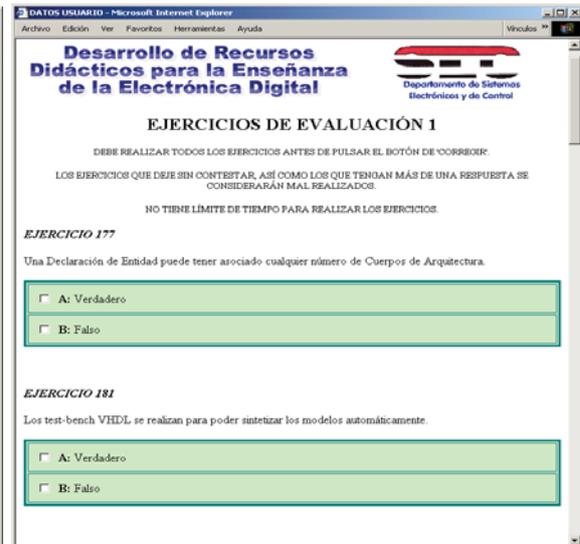


Figura 3: Ejercicios de autoevaluación

## 6. Conclusiones

Se dispone de un equipo portátil de laboratorio, de bajo coste, que los estudiantes obtienen en condiciones de préstamo en distintas asignaturas, produciéndose una repercusión muy positiva en la adquisición de los conocimientos de tipo práctico impartido en las mismas. A esta indudable ventaja hay que añadir la mejora y actualización de los medios existentes en los laboratorios de las diversas asignaturas afectadas y la creación de recursos docentes auxiliares novedosos cuyo uso puede extenderse a otras aplicaciones.

Los autores desean agradecer a la Universidad Politécnica de Madrid su soporte para la realización del proyecto así como al profesor D. Pedro Cobos y a D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup>. Cruz Tejedor, D<sup>a</sup>. Ana Rodríguez y D<sup>a</sup>. Marta Ortiz, su valiosa aportación al proyecto.

## Referencias

- [1] <http://www.sec.upm.es/gdem/proyectos/O/sec7128.htm>
- [2] [http://www.altera.com/products/software/free/fre-baseline\\_get.html](http://www.altera.com/products/software/free/fre-baseline_get.html)
- [3] <http://www.keil.com/demo>