INTRODUCCIÓN

En la actualidad el diseño de circuitos y sistemas digitales ha avanzado mucho respecto a sus orígenes. Ningún diseñador se plantea en la actualidad realizar un sistema digital mediante circuitos estándar de función fija TTL o CMOS de escala de integración media [MSI (“Medium Scale of Integration”)] o alta [LSI (“Large Scale of Integration”)], incluidos en las series de circuitos conocidas como serie 74xx (TTL) y serie 40xx (CMOS).

En su lugar se utilizan los circuitos denominados de forma genérica lógica programable, entre los que destacan por lo extendido de su uso, los Dispositivos Lógicos Programables [PLD (“Programmable Logic Device”)].

Asimismo, los métodos de diseño de sistemas digitales han evolucionado en gran medida, debido a la extensión del uso de herramientas de diseño asistido por ordenador [CAD (“Computer Aided Design”)], cada vez más completas y sofisticadas, y de los lenguajes de descripción hardware [HDL (“Hardware Description Language”)], entre los que destaca el VHDL (“VHSIC Hardware Description Language”).

Por ello, muchos diseñadores se encuentran con que deben actualizar sus conocimientos acerca de los métodos de diseño y de los circuitos digitales que se emplean actualmente, si quieren estar al día.

Por otra parte, y debido al rápido desarrollo de los circuitos de lógica programable [ÁLVAREZ 95] [ÁLVAREZ 01] [ÁLVAREZ 02] y de las herramientas de CAD en los últimos 10 años, no existen en el mercado textos adecuados para el estudio coherente de estos temas. Los libros publicados, de los que muy pocos están en lengua española, cubren sólo una pequeña parte de estos temas, sin dar una visión global al diseñador que necesita reciclarse o al estudiante que comienza su formación en Electrónica Digital. Así, algunos de los textos sólo tratan sobre un lenguaje concreto, como el VHDL, otros sólo estudian la estructura (arquitectura) interna de los circuitos, y casi ninguno estudia el manejo de las herramientas de CAD.

Por todo ello, este libro y su complementario [ÁLVAREZ 04b], se proponen llenar este vacío, dando esa visión de conjunto necesaria para todo diseñador de sistemas digitales. Concretamente, en este libro se persiguen tres objetivos principales:

- Profundizar en el estudio de los PLDs y FPGAs de Xilinx, circuitos complejos cuyas características es necesario conocer bien, para poder

utilizarlos de la forma más eficiente posible en el diseño de sistemas digitales.

- Analizar el funcionamiento de las herramientas de CAD para el diseño de sistemas digitales mediante PLDs y FPGAs. El conocimiento profundo de las posibilidades de las herramientas de CAD actuales permite un aprovechamiento óptimo de las capacidades de cada circuito.

- La metodización del diseño de sistemas digitales complejos, muy poco tratada en los libros de Electrónica Digital básica, incluyendo suficientes ejemplos de aplicaciones prácticas que guían al lector en su aprendizaje.

Estos objetivos se complementan perfectamente con los objetivos del libro complementario [ÁLVAREZ 04b], que son los siguientes:

- El estudio práctico de las distintas formas de diseñar y realizar mediante Circuitos Digitales Configurables cada uno de los circuitos digitales básicos (combinacionales, aritméticos y secuenciales) que componen un sistema digital, comparando las posibles diferencias existentes entre ellas. De esta forma el diseñador puede elegir la opción más adecuada al Circuito Digital Configurable escogido finalmente para realizar la implementación del sistema.

- La metodización del diseño de sistemas digitales complejos, muy poco tratada en los libros de Electrónica Digital básica, incluyendo suficientes ejemplos básicos que guían al lector en su aprendizaje.

Como introducción más precisa de los temas que se tratan en este libro, empezaremos por decir que se denomina lógica programable a un conjunto de circuitos digitales cuya función puede modificar el usuario mediante la programación del circuito.

Estos circuitos se clasifican habitualmente en dos tipos, los Dispositivos Lógicos Programables [PLD (“Programmable Logic Device”)] y los Conjuntos Programables de Puertas [FPGA (“Field Programmable Gate Arrays”)].

En este libro se va a utilizar también la denominación de Circuitos Digitales Configurables (CDC), para designar a los distintos tipos de circuitos programables (PLDs y FPGAs) que permiten al usuario definir la función que van a realizar. Esta denominación se considera conveniente para distinguirlos de otros tipos de circuitos que habitualmente también se denominan

programables, como los distintos tipos de memorias, microprocesadores, etc.

Aunque las distintas familias de PLDs y FPGAs comercializadas actualmente por los diferentes fabricantes presentan muchas similitudes entre sí, las características particulares de cada una de ellas hacen necesaria la elección de un determinado fabricante para poder profundizar en los métodos de diseño más adecuados.

La elección de Xilinx [XILINX] no es, ni mucho menos gratuita, pues Xilinx ha sido el inventor de las FPGAs en 1994 y es uno de los fabricantes con mayor cuota de mercado en el campo de los PLDs y las FPGAs. Por otra parte, las arquitecturas de sus circuitos, así como sus herramientas de diseño, son de las más avanzadas del mercado y, en todo caso, cada día existen más similitudes entre los circuitos y las herramientas de CAD de los distintos fabricantes.

Los temas que trata este libro se estructuran en siete capítulos y cuatro apéndices, cuyo contenido se resume a continuación.

En el **capítulo 1** se realiza una introducción a los Circuitos Digitales Configurables y al proceso de diseño de sistemas digitales mediante estos circuitos.

En el **capítulo 2** se analiza la arquitectura de los PLDs de la familia 9500 de Xilinx y se explican las normas básicas de diseño de sistemas digitales mediante PLDs, particularizándolas para la familia 9500.

En el **capítulo 3** se analiza la arquitectura de las FPGAs de la familia Spartan II de Xilinx y se explican las normas básicas de diseño de sistemas digitales mediante FPGAs, particularizándolas para la familia Spartan II.

En el **capítulo 4** se analizan las diferentes fases del proceso de diseño de sistemas digitales mediante herramientas de CAD, para su implementación con PLDs y FPGAs.

En el **capítulo 5** se estudia un método de diseño sistemático de sistemas digitales complejos, que permite al diseñador tener la seguridad de obtener un sistema digital que funcione correctamente, partiendo únicamente del conocimiento de la secuencia de operaciones que debe realizar dicho sistema. Además, el sistema digital diseñado presenta las características de fiabilidad, posibilidad de traslado a otras tecnologías y facilidad de verificación.

El **capítulo 6** se dedica a la realización de ejemplos prácticos de sistemas digitales mediante Dispositivos Lógicos Programables (PLDs), siguiendo el método desarrollado en el capítulo 5. De esta forma, el lector puede seguir los diferentes pasos del diseño de un sistema digital, desde la definición de las especificaciones hasta la prueba real del circuito, mediante la programación del PLD elegido para su implementación.

El **capítulo 7** se dedica a la realización de ejemplos prácticos de sistemas digitales mediante Conjuntos Programables de Puertas (FPGAs), siguiendo también el método desarrollado en el capítulo 5. Para este apartado se han reservado aquéllas aplicaciones que, por su complejidad o necesidad de

recursos lógicos específicos (circuitos aritméticos, memoria, etc.), es recomendable implementar con FPGAs en lugar de con PLDs.

El **apéndice 1** se dedica al estudio de la sintaxis básica del VHDL, uno de los lenguajes de descripción de sistemas digitales (HDLs) más utilizados para el diseño de sistemas digitales mediante Circuitos Digitales Configurables (PLDs y FPGAs).

El **apéndice 2** se dedica al estudio de los procesos y menús básicos de la herramienta Foundation ISE de Xilinx, y de su versión gratuita Webpack ISE, utilizadas para el diseño de sistemas digitales mediante Circuitos Digitales Configurables (PLDs y FPGAs).

Los **apéndices 3 y 4** se dedican al estudio de las placas comerciales más interesantes y de fácil disponibilidad, para la prueba y desarrollo de sistemas digitales basados en PLDs y FPGAs de Xilinx, respectivamente. Estas placas son las utilizadas en los capítulos 6 y 7 para la prueba de los diferentes ejemplos allí resueltos.

Al igual que se hace en esta introducción, la bibliografía relacionada con cada capítulo se expone al final del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- [ÁLVAREZ 95] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L. Jacobo, *Metodología de diseño de controladores lógicos caracterizados por flancos realizados con circuitos digitales configurables*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, 1995.
- [ÁLVAREZ 01] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L. Jacobo, *Diseño de aplicaciones mediante PLDs y FPGAs*, Editorial Tórculo, Santiago, 2001.
- [ÁLVAREZ 02] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, L. Jacobo, MANDADO PÉREZ, Enrique, VALDÉS PEÑA, M. Dolores, *Dispositivos Lógicos Programables y sus aplicaciones*, Editorial Thomson-Paraninfo, Madrid, 2002.
- [ÁLVAREZ 04b] ÁLVAREZ RUIZ DE OJEDA, Luis Jacobo, *Diseño digital con lógica programable. Tomo II (CD-ROM)*, Editorial Tórculo, Santiago de Compostela, 2004.
- [XILINX] Dirección de Internet: <http://www.xilinx.com>, Xilinx.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer su aportación a las siguientes personas y empresas:

- Xilinx, por su donación al Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Vigo de licencias de su herramienta Foundation, así como de diferentes placas de desarrollo para PLDs y FPGAs. Estas placas han sido utilizadas para la realización de diferentes ejemplos en los capítulos 6 y 7. También debo agradecer su cortesía al ceder las figuras de sus hojas de características y manuales para los distintos capítulos de este libro.

- Tórculo, por la confianza depositada en mí a la hora de publicar este libro.

- Álvaro Gil Albarellos, por su continua ayuda en la búsqueda de información para los distintos ejemplos.

- A mis alumnos de todos estos años, porque su interés estimula mi deseo de enseñar más y mejor cada día.