

## LIBRO APLICACIONES Y PROBLEMAS DE ELECTRÓNICA DIGITAL

J. I. ARTIGAS, L. Á. BARRAGÁN Y C. ORRITE

*Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones. Centro Politécnico Superior. Universidad de Zaragoza. María de Luna 3, 50015 Zaragoza.*

*Email jartigas@posta.unizar.es.*

*Este documento presenta un libro editado en la Universidad de Zaragoza con problemas resueltos de electrónica digital, planteados desde un punto de vista eminentemente tecnológico. Son muy escasos los libros de problemas con esta orientación en la bibliografía actual, ya que la mayoría plantean problemas de sistemas lógicos, en los que los componentes son genéricos y están desprovistos de todo detalle tecnológico.*

### 1. Objetivos

El libro "Aplicaciones y problemas de electrónica digital" [1] es el resultado de varios años de experiencia docente de los autores en asignaturas de electrónica digital en distintas titulaciones de Ingeniería. Está orientado para todos aquellos que quieran diseñar y construir circuitos digitales reales. Con este libro se pretende que los problemas sean un instrumento para que el lector adquiera la capacidad de análisis funcional, eléctrico y temporal de los circuitos digitales. Para ello será necesario manejar correctamente cronogramas, parámetros temporales y eléctricos de los circuitos integrados, así como unidades y órdenes de magnitud de dichos parámetros.

Otro objetivo perseguido es la introducción al diseño digital y despertar el sentido crítico del lector respecto a las soluciones presentadas. Por otra parte, el fuerte avance experimentado por los dispositivos lógicos programables (PLD), así como las múltiples ventajas que éstos ofrecen sobre el diseño basado exclusivamente en circuitos estándar SSI y MSI, nos ha llevado a poner especial énfasis en el diseño de circuitos digitales con PLD.

Para ilustrar los principios básicos de la descripción de circuitos digitales se ha introducido el lenguaje de descripción de *hardware* (HDL) ABEL. Aunque existen otros HDL, hemos elegido ABEL por varias razones: es sencillo de aprender; es cercano a la arquitectura de las PAL; existen buenas referencias bibliográficas para el alumno; y, además, es un lenguaje admitido por casi todas las herramientas de diseño, como, por ejemplo, los sistemas de iniciación *DesignDirect* o *ISP Expert* de Vantis y Lattice respectivamente [2], ofrecidos gratuitamente por los fabricantes.

Pretende ser un libro para el estudio de la electrónica digital dentro de las carreras de Ingeniería, aunque, dada la forma en que ha sido elaborado, puede utilizarse en cualquier titulación y, en general, puede resultar de interés para todos aquéllos que desean reforzar y ampliar sus

conocimientos en esta materia. Está orientado a cursos intermedios, donde el alumno ya se encuentra familiarizado con conceptos básicos de la electrónica digital, y se pretende llevar a la práctica dichos conceptos en problemas reales.

## 2. Métodos

Llegados a este punto, nos podemos plantear la siguiente pregunta: ¿Es necesario o, incluso, es conveniente que un alumno estudie con un libro de problemas resueltos? Somos conscientes de que la forma más eficaz de aprender electrónica digital, como cualquier materia práctica, no es viendo cómo otros han resuelto determinados problemas, sino trabajándolos uno mismo. Por tanto, los problemas resueltos no se deben usar únicamente para leerlos después de haber estudiado la teoría correspondiente. Que un alumno comprenda problemas resueltos por otras personas, e incluso que le parezcan asequibles, sencillos, lógicos, no significa que él sea capaz de resolver un problema parecido, como tantas veces se demuestra en las evaluaciones. Es necesario que el alumno se enfrente a los problemas e interiorice las herramientas y los métodos más adecuados para su resolución. Se trata de un proceso de aprendizaje que requiere realizar un trabajo personal de resolver problemas, cada vez con menos ayuda de libros o del profesor.

De esta forma, vemos dos formas básicas de usar este libro de problemas. Por una parte, el libro ofrece una solución comprobada de los problemas propuestos, que puede ser usada por el alumno para contrastar su solución propia. Por otra parte, la solución propuesta en el libro se puede usar como guía en el trabajo del alumno. Muchos problemas empiezan con un apartado donde se dan las ideas básicas de la resolución del problema, en muchos casos con un diagrama de bloques intuitivo. A continuación, los siguientes apartados desarrollan en detalle cada aspecto del problema. El apartado inicial se puede usar como una guía a partir de la cual el alumno puede desarrollar el problema. Y en el desarrollo, el alumno puede acudir a los apartados que necesite cuando se atasque en la resolución. De esta forma se favorece un aprendizaje desde el hacer, sirviendo el libro como ayuda cuando el alumno lo necesita.

Queremos destacar que algunos problemas se pueden utilizar como prácticas de laboratorio de electrónica digital. En particular, se están usando como prácticas un problema de lectura de teclado matricial, tres problemas de control de un motor paso a paso y un problema de un voltímetro digital. Para el motor paso a paso [3] y el voltímetro digital [4] se han desarrollado placas de circuito impreso que simplifican la realización de la práctica. Los esquemas y diseños de las placas están disponibles.

## 3. Contenidos

El libro consta un total de 341 páginas que incluyen 57 problemas, distribuidos en 6 capítulos, además de un apéndice de ABEL donde se describe el modelado de circuitos digitales con este HDL, con el que se pueden abordar los problemas recogidos en el texto.

El grado de dificultad de los problemas es creciente. La solución de los problemas se ha dividido en apartados para facilitar la comprensión de manera gradual. A pesar de que en algunos

problemas se utiliza un determinado circuito integrado, no se adjuntan sus hojas de características técnicas como tal, sino que en el enunciado se presentan aquellos parámetros técnicos, extraídos de las hojas de características, que resultan necesarios para la resolución del problema, al igual que los cronogramas o diagramas de bloques si fuera necesario. Además, se ha considerado conveniente añadir al principio de cada capítulo una pequeña introducción recordando los conceptos fundamentales que serán necesarios en ese capítulo. Se trata de unos resúmenes que, además, pueden servir como guía de estudio al alumno.

En el capítulo 1 se abordan problemas de interconexión entre circuitos integrados digitales de la misma o distinta familia lógica; y entre comparadores y circuitos integrados digitales. En su resolución se utilizan parámetros eléctricos y temporales sacados de las hojas de características de los fabricantes. Se analiza la conectividad con distintas estructuras de salida: *totem-pole*, colector abierto y triestado.

El capítulo 2 está dedicado al análisis temporal de circuitos digitales síncronos utilizando los parámetros temporales que aparecen en las hojas de datos del fabricante. Se introduce en algún problema el concepto de metaestabilidad.

En el capítulo 3 se presentan problemas en los que se han de implementar circuitos digitales en dispositivos lógicos programables. El modelado se realiza en ABEL. En los primeros problemas se trabaja con PAL sencillas (como la PAL16R6) y el diseño digital es modelado en ABEL con ecuaciones a bajo nivel. En estos primeros problemas, el lector, a partir del conocimiento de la arquitectura de la PAL, debe ser capaz de determinar si dicho diseño puede ser implementado en la PAL y de calcular la velocidad máxima de trabajo. El objetivo es hacer que el lector realice una codificación orientada al *hardware*, pensando en puertas y biestables y no en variables y funciones, con objeto de que diferencie ABEL de los lenguajes de programación como Pascal. En los siguientes problemas, se realizan descripciones de más alto nivel y se deja para el compilador lógico la tarea de determinar si un determinado diseño cabe en el PLD elegido.

El capítulo 4 está dedicado a las memorias. Se aborda la implementación de mapas de memoria y la interconexión de las memorias con microprocesadores. Uno de los objetivos de este capítulo es que el lector utilice los cronogramas de las memorias.

El capítulo 5 está dedicado a los conversores analógicos-digitales y digitales analógicos. Se hace especial énfasis en la interconexión de éstos con otros circuitos integrados.

Por último, el capítulo 6 engloba todos los conceptos introducidos en los capítulos anteriores, conceptos que por su importancia capacitan al lector para la resolución de aplicaciones reales de sistemas digitales.

#### 4. Conclusiones

Son muy escasos los libros de problemas con esta orientación en la bibliografía actual, ya que la mayoría plantean problemas de sistemas lógicos, en los que los componentes son genéricos y están desprovistos de todo detalle tecnológico. Esto redundará en una carencia de saber llevar a

cabo un problema de diseño digital hasta la fase final, que se hace más patente en estudios eminentemente técnicos, donde el alumno realiza numerosas asignaturas de laboratorio, no teniendo en la mayoría de los casos un libro de texto donde se resuelvan aplicaciones o problemas de electrónica digital. Este libro es un buen complemento de libros de texto como los de Wakerly y Floyd [5-6].

### Referencias

- [1] J. I. Artigas, L. Á. Barragán y C. Orrite. *Aplicaciones y problemas de electrónica digital*. Prensas Universitarias de Zaragoza (1999).
- [2] <http://www.latticesemi.com>.
- [3] J. I. Artigas, A. Sanz y L. Á. Barragán. *Tarjeta de control de motor paso a paso para practicas de PLD*. Congreso TAEE'98, 61-66, Madrid (1998).
- [4] L. A. Barragán y C. Orrite. *Tarjeta de voltmetro digital para practicas de PLD*. Congreso TAEE'2000, Barcelona (2000).
- [5] J.F.Wakerly. *Digital Design Principles and Practices*. 2ª edición, Prentice-Hall (1994).
- [6] T.L. Floyd. *Fundamentos de Sistemas Digitales*. Prentice-Hall (1997).