

Una presentación más personal, más detallada y pormenorizada de los tres libros de Electrónica Digital:

(el siguiente texto corresponde a la intervención oral ante el Comité de Programa de TAEE2004 para presentar dichos libros en la sección de “Demostradores”, el día 15 de Julio de 2004)

Historia y propósito

Mi objetivo al construir este texto de Electrónica Digital es que sea útil (y, en la medida de lo posible, grato) para estudiar esta materia. He pretendido formar, no simplemente informar; deseo compartir horas del estudiantes, no momentos puntuales de consulta.

He querido ofrecer a cada estudiante un recurso para comprender y aprender, en el profundo sentido literal que esas palabras tienen (según su derivación latina) de «hacer suyos» y «llegar a ser dueño de» los conocimientos y procedimientos de una electrónica digital conceptualizada, estructurada y actualizada.

De forma que la asimilación de la estructura conceptual y funcional de la electrónica digital le capacite para aplicarla y para seguir aprendiéndola en su labor profesional futura; lo que una compañera de mi escuela califica, con razón, «llevar a la práctica» y «aprender a aprender».

Quizás este texto sea útil, también, en cuanto elemento de reflexión o de referencia, para otros compañeros, profesores de esta materia, como propuesta (meditada y probada) de una posible articulación de la misma y de una forma de introducir y enlazar conceptos y métodos y de presentarlos y desarrollarlos.

Toda materia de estudio necesita una teoría. Y entiéndaseme bien: soy un convencido de que la electrónica es una disciplina práctica, una técnica para «hacer cosas», en concreto, para manejar la información. Pero como objeto de estudio, no puede reducirse a un recetario o catálogo de recursos.

En los años 70 y principios de los 80 me preocupaba mucho la carencia de libros de electrónica conceptuales; libros que no fueran un mero repertorio de los recursos disponibles, que estructurasen tales recursos dentro de un guión global y fundamentado. Exceptuando la colección SEEC (que, siendo sin dudas una referencia valiosa, estaba dedicada más a la física del estado sólido que a la electrónica como tal), los libros de entonces me parecían, en buena medida, una prolongación aplicada y ampliada (y relativamente ordenada) de los catálogos de componentes; los percibía como una película de escenas dispersas, sin guión argumental.

Yo echaba en falta una estructura formalizada, un relato conceptual, para un estudio comprensible de la electrónica. Además, desde mi convicción personal de que la electrónica es una técnica (muy eficiente) de manejo de la información, sentía la necesidad de que esa finalidad (propia y justificativa de la electrónica) quedara plasmada en ese guión, como preludeo y como música de fondo que debería acompañar a todo el texto.

Con ese espíritu, a finales de los años 70, comencé a confeccionar lo que yo deseaba que fuera un relato estructurado, que diese justificación, sentido y futuro a las múltiples y cambiantes piezas de diseño digital. Y, una vez empezados estos apuntes, he procurado ampliarlos, depurarlos, renovarlos y actualizarlos, en contraste directo con la práctica docente (a la que me dedico con auténtica ilusión y satisfacción).

Hasta llegar a esta edición de 2004, en tres tomos, de los cuales los dos primeros los utilizo (no tal cual, sino en partes y con otro orden, ya que no he querido hacer unos «apuntes de clase») en una asignatura anual de “Electrónica Digital” (de 9 créditos) y el tercer volumen, con algunos capítulos de los anteriores, en otra asignatura optativa de “Microelectrónica” (también anual y de 9 créditos). [Caso de interés, se puede «saltar» a las páginas WEB de dichas asignaturas desde la propia página WEB de este libro: www.unizar.es/euitiz/digital.htm.]

Mi propósito al presentar estos libros al TAEE2004 ha sido el de ofrecer los diversos capítulos a los compañeros, profesores de electrónica, de forma que, si a alguno le interesa alguna parte de estos textos la utilice libremente. Soy consciente de que «cada maestrillo nos aferramos a nuestro librito» y no aspiro, ni siquiera, a que uno de mis volúmenes parezca totalmente adecuado para las clases de otro compañero; pero, sí quizás, alguno de sus capítulos: que los aproveche, que es una pena que, muchas veces, repitamos un mismo esfuerzo de elaborar textos y materiales docentes.

Personalmente no tengo ningún interés en los derechos de autor y estoy convencido (a través de mi hijo Rubén) de que una sociedad con libertad de información resulta mucho más humana y esperanzada. Por ello, no tengo ningún inconveniente en que los capítulos de estos libros se distribuyan libremente (aunque si rogaría, por respeto a la editorial de mi universidad, que se adquiriese el correspondiente volumen, si se va a utilizar una parte importante del mismo).

[Ver mayor detalle de la perspectiva adoptada y de los contenidos de estos libros en “Electrónica Digital: un libro para su estudio” comunicación presentada al TAEE 2004.]

¿Qué aportan estos libros?

- Un esfuerzo de conceptualizar y formalizar la electrónica digital, al que me he referido en la página anterior, pero siempre desde una perspectiva práctica e ingenieril.
- Una buena simbiosis entre sistemas lógicos y tecnología electrónica, de forma que no son libros de sólo «ceros y unos» o de sólo «transistores»; tal integración de sistemas y tecnología digitales no es nada común en los libros de esta área, si exceptuamos el Wakerly (y opino que mis textos llegan, en cuanto a tecnología, un poco más allá que el Wakerly).
- Una perspectiva de la electrónica como técnica de manejo de la información que (al menos ese es mi deseo) impregna y se transmite a lo largo de todo el texto.
- Un recorrido completo, un sendero que lleva desde los fundamentos hasta los sistemas complejos, desde lo más básico hasta lo más actual, desde Boole y Shannon hasta los ASICs, las FPGAs y el VHDL.
- Una insistencia reiterativa en los conceptos e ideas importantes, reiteración que para el entendido puede ser cansina, pero que, sin duda, es necesaria en el proceso de estudio y aprendizaje.
- Centenares de ejemplos de aplicación y diseño, de forma que el desarrollo conceptual va seguido, con inmediatez, de su aplicación a ejemplos concretos; son libros de conceptos, pero, también, de problemas.

Aspectos novedosos de particular interés

-- en el primer volumen (Sistemas Combinacionales)

- 150 páginas de sistemas lógicos y 120 de tecnología electrónica, con una opción decidida por las tecnologías CMOS.
- Un capítulo previo de perspectiva general de la electrónica y de la dualidad entre electrónica analógica y electrónica digital.
- Un primer capítulo que justifica toda la electrónica digital en el isomorfismo entre las tres álgebras de booleanas que nos regalaron Boole y Shannon.
- Un acercamiento, meramente introductorio, al VHDL en los capítulos de operaciones booleanas y de bloques combinacionales, expresando en forma textual los circuitos dibujados gráficamente.
- La inclusión, en el mismo capítulo, de los bloques aritméticos junto con la codificación numérica (en la perspectiva de manejo de la información, en este caso, cuantitativa).
- La generalización y justificación de las configuraciones ROM, PLA y PAL, como estructuras reticulares que permiten abordar la síntesis de conjuntos de funciones complejas.
- Una formalización estructurada de las características de las familias lógicas integradas, a partir de los datos de catálogo de los fabricantes.
- Un capítulo dedicado a la fabricación en tecnología CMOS, con un apartado de diez páginas en que se detallan y justifican valores numéricos de las características físicas de las diversas regiones CMOS.
- Un capítulo específico dedicado al ruido en los sistemas digitales, a las causas físicas que lo producen y a las formas de defenderse de las interferencias electromagnéticas.

-- en el segundo volumen (Sistemas Secuenciales)

- Una apuesta decidida por el diseño síncrono, como forma de enfrentarse a un parámetro complejo cual es el tiempo.
- Un capítulo específico sobre significado, utilidad y requisitos del sincronismo que supone una profunda reflexión y una llamada de atención sobre lo que el sincronismo es, lo que aporta y lo que exige.
- Una perspectiva ingenieril y significativa en la reducción de tamaño de los grafos de estado, más allá de tablas y matrices (que siempre me han resultado de poca utilidad en los casos reales).
- Una metodología propia y particular de diseño de contadores, que permite abordar con sencillez el diseño de contadores grandes.

- Un extenso capítulo de aplicaciones de los contadores, en la consideración de que son uno de los bloques más útiles para el diseño de sistemas de control y de medida.
- Un segundo capítulo dedicado específicamente a la modulación de anchura de pulsos, integrando en el mismo tanto al típico controlador on/off como al modulador por sumas repetitiva y a los convertidores por rampa y sigma delta y utilizando para sus aplicaciones un sencillo análisis por compensación de carga.
- Un capítulo en que se presenta a monstables y astables, como circuitos auxiliares en el diseño digital.
- Dos capítulos dedicados a buses y mapas de memoria, como recurso genérico de diseño digital, no solamente como parte de sistemas que actúan bajo programa.
- Un capítulo de convertidores D/A y A/D como interfase necesaria entre el mundo analógico y el sistema digital, insistiendo en la gran diferencia entre la precisión que aporta el 0 y 1 digitales y las posibilidades de error que aparecen en los convertidores.

-- en el tercer volumen (*Microelectrónica*)

Este es, obviamente, el volumen más actual y, por tanto, más novedoso:

- Una presentación justificada y muy detallada de la configuración FPGA, como estructura genérica (y no como producto de fabricante) y, dentro de ella, la realización de operaciones aritméticas.
- 50 páginas dedicadas a aproximación al diseño de sistemas complejos (respondiendo al reto formulado en las Jornadas de Tecnología Electrónica de 1994, en Santander, de que «nos quedábamos en las piezas y bloques y no enseñábamos un autentico diseño de sistemas digitales»), que pretenden transferir, en forma estructurada, las pautas y formas de actuar que los diseñadores aplicamos al abordar sistemas complejos.
- Un capítulo de VHDL, construido sobre ejemplos de diseño digital como forma operativa de aprender con rapidez un lenguaje HDL, seguido de un apéndice con múltiples e interesantes diseños de sistemas de control y de cálculo.
- Un capítulo específico y muy detallado sobre test de fabricación de los circuitos integrados.
- Cuatro capítulos de microelectrónica física, entrando en el interior de los circuitos microelectrónicas, pero no como física del estado sólido, sino como modelización, útil para el diseño en cuanto a modelos operativos de los que se desprenden posibilidades, limitaciones, orientaciones y advertencias.
- El aprovechamiento en estos cuatro capítulos citados de los diagramas de Memelink para modelizar gráficamente el comportamiento de los transistores y obtener, con facilidad, resultados numéricos.
- La presentación y utilización del simulador SPICE, incluyendo en el texto los resultados de esta simulación.

¿Qué falta?

- Todo lo referente a procesadores, microprocesadores, en cuanto a sistemas que actúan bajo programa (respecto a los cuales existe un texto en la misma colección de Prensas Universitarias de Zaragoza).
- La verificación de diseño con Verilog, como lenguaje muy apropiado para tal finalidad.
-