

SISTEMAS DIGITALES. TECNOLOGÍA DE COMPUTADORES

Editorial ITP PARANINFO, Octubre 2001.

J.M. ANGULO USATEGUI Y J. GARCÍA ZUBÍA
Departamento de Arquitectura de Computadores, Automática, Electrónica Industrial y Telecomunicaciones. Facultad de Ingeniería. Universidad de Deusto. Apdo. 1. 48080. Bilbao. España. zubia@eside.deusto.es

El trabajo presenta las principales características y contenido de la nueva obra recientemente publicada que viene acompañada por interesantes y prácticas herramientas software de apoyo a las descripciones teóricas.

1. Objetivos

El libro cubre el análisis y diseño de sistemas digitales básicos tanto combinacionales como secuenciales, con una clara orientación a su aplicación en la Tecnología de Computadores. Se trata de un manual riguroso, claro y centrado en el alumno.

El destinatario es el alumno que inicia los estudios de las Ingenierías de Informática, Automática y Electrónica y Telecomunicaciones, principalmente.

La formación progresiva del alumno se apoya en el texto, la metodología y las herramientas informáticas que acompañan a la obra en un CD.

2. Estructura y desarrollo

El desarrollo del programa de sistemas digitales puede ser muy variado, en este caso se basa en cuatro pilares:

- Contenidos resumidos y bien desarrollados.
- Orientación hacia la Tecnología de Computadores.
- Metodología rigurosa.
- Herramientas informáticas.

En “Sistemas Digitales” se abordan los temas más importantes y formativos de esta disciplina. Se ha intentado primar la claridad más que la cantidad de información y el compendio enciclopédico. La homogeneidad en el planteamiento descriptivo ha eliminado las digresiones teóricas que, si bien hubieran dado un mayor nivel científico a la obra, la hubieran alejado del alumno, su destinatario natural.

Cuando el alumno se acerca a los Sistemas Digitales por vez primera se encuentra con que es un campo fácil, diverso y metodológico. El análisis y diseño de sistemas digitales consiste en aplicar métodos, que son tan fáciles como diversos. Para aprender a aplicar un método sólo hacen falta dos cosas: una descripción ordenada y ejemplos descriptivos. Se ha puesto interés en explicitar los métodos en pasos, y no enunciarlos de forma intuitiva y deslavazada. Quizá esto dé un aspecto básico al libro, pero es de gran ayuda al alumno. Además, una de las herramientas informáticas, el programa BOOLE-DEUSTO, permite al alumno practicar con la totalidad –e incluso más- de los métodos descritos en el libro. El simulador de la Máquina Sencilla facilita la iniciación a la programación de los computadores en base a los conocimientos descritos.

3. Índice

El libro aborda el desarrollo de los contenidos en trece temas:

Tema 1. *Introducción.* Definición de digital y analógico. Ventajas e inconvenientes de los sistemas digitales. Lógica digital y electrónica digital. Elementos de decisión y memoria. Naturaleza binaria de la lógica digital. Sistemas de numeración. Dispositivos binarios. Desarrollo de la lógica digital.

Tema 2. *Sistemas de numeración y códigos.* Introducción histórica. Sistemas de numeración. Representación de números con signo. Operaciones aritméticas básicas. Representación de números reales. Codificación de magnitudes en notación binaria. Códigos detectores y correctores de error. Resumen

Tema 3. *Álgebra de Boole.* Introducción. Representación de sistemas digitales. Definición de álgebra de Boole. Formas normales de una función booleana. Implementación de funciones booleanas. Otras funciones lógicas. Lógica multivaluada. Simplificación de funciones booleanas. Método de Veitch-Karnaugh. Análisis y diseño con funciones booleanas. Resumen.

Tema 4. *Análisis y diseño de sistemas combinacionales.* Introducción. Sistemas combinacionales a nivel de bit. Sistemas combinacionales a nivel de palabra. Codificadores. Decodificadores. Multiplexores. Demultiplexores. Comparadores. Generador/Detector de paridad. Conversores de código. Riesgos en el diseño lógico. Circuitos combinacionales MSI. Ejemplos de sistemas combinacionales a nivel de bit. Resumen.

Tema 5. *Tecnología digital.* Familias lógicas. Características generales. Familia TTL. Familia CMOS. Otras familias. Esquemas y funcionamiento de puertas lógicas. Características técnicas.

Tema 6. *Elementos aritméticos.* Introducción. Semisumador y sumador completo. Sumador en paralelo con acarreo serie. Sumador en paralelo con acarreo anticipado. Técnicas híbridas en sumadores. Restadores en binario con signo. Sumador y restador en códigos BCD. Multiplicadores y divisores. ALU's y circuitos MSI. Resumen.

Tema 7. *Elementos básicos de memoria.* Introducción. Sincronismo y asincronismo. Técnicas de representación de sistemas secuenciales. Biestables asíncronos. Biestables síncronos por nivel. Biestables Maestro/Esclavo. Biestables síncronos por flanco. Resumen de biestables. Conversión entre biestables. Líneas asíncronas en un biestable. Circuitos MSI y aplicaciones de biestables. Parámetros tecnológicos y temporales en un biestable. Resumen.

Tema 8. Registros. Introducción. Registro paralelo/paralelo. Registro serie/serie. Registro serie/paralelo. Registro paralelo/serie. Registro desplazamiento derecha/izquierdo. Registro universal. Buses de datos. Registros de desplazamiento tipo MOS. Registro MSI. Resumen.

Tema 9. Contadores. Introducción. Contadores asíncronos. Contadores síncronos. Comparación asíncrono frente a síncrono. Otros contadores. Contadores tipo MSI. Resumen.

Tema 10. Autómatas finitos deterministas. Introducción. Modelos de Moore y Mealy. Análisis de sistemas secuenciales. Diseño de un autómata. Minimización de estados y codificación de estados. Implementación de máquinas secuenciales. Sistemas secuenciales asíncronos. Metaestabilidad. Limitaciones de la máquina de estados finitos determinista. Resumen.

Tema 11. Memorias. La memoria de los computadores. Características generales. Memorias de semiconductores. Memorias ROM. Memorias RAM. Otros tipos de memorias.

Tema 12. La Máquina Sencilla. Arquitectura y programación de un computador básico. Principios y aplicaciones. Estructura básica de un computador. Descripción de la MS a nivel de lenguaje máquina. Estructura y manipulación de la memoria de la MS. Formato binario de las instrucciones. La unidad de proceso. Acceso a la memoria. Esquema de la unidad de proceso. La unidad de control. Fases de la ejecución de una instrucción. Grafo de estados. Diseño de la unidad de control. El emulador de la Máquina Sencilla.

Tema 13. Programa BOOLE-DEUSTO. Introducción. Aspectos básicos de uso del BOOLE-DEUSTO. Instalación y uso. Sistemas combinatorios con BOOLE. Sistemas secuenciales con BOOLE. Comentarios.

4. Herramientas informáticas

El libro viene acompañado de un CD que contiene:

- Descripción técnica de circuitos integrados.
- El simulador de la Máquina Sencilla.
- El programa BOOLE-DEUSTO.

En la primera parte del CD aparecen recogidas en formato PDF las descripciones técnicas de los circuitos integrados más comunes. De esta forma el lector dispone de información completa sin que el libro crezca de forma desmedida.

En cuanto al software que incluye el CD, el programa BOOLE-DEUSTO y el simulador MS, decir que ambos están diseñados expresamente para el alumno, centrándose en sus necesidades y habilidades. No se incluyen demostraciones de programas profesionales que si bien son más potentes, también son más complejos y están alejados de las necesidades reales de los destinatarios del trabajo.

El simulador MS presenta de forma visual y completa la estructura de la Máquina Sencilla, permitiendo su programación y simulación. Al programar el alumno puede utilizar nemónicos del ensamblador y ver el contenido de la memoria en binario, consiguiendo un manejo de los recursos lógicos en base a las instrucciones. Una vez cargado el programa, el simulador puede ejecutarlo instrucción a instrucción o al completo. En el primer caso el alumno ve

cómo se modifican los contenidos de cada dispositivo hw –registros, memoria, etc- al ejecutar una instrucción, es decir, establece de forma visual la relación existente entre hw y sw, asentando lo que es un computador y su ensamblador. En el segundo caso, el alumno puede comprobar la potencia de un ensamblador tan básico como el de la MS con sólo cuatro instrucciones, estableciendo de una forma abstracta la relación existente entre ensamblador y lenguaje de alto nivel. El simulador de la MS es una herramienta didáctica esencial a la hora de hacer real a la Tecnología de Computadores.

El segundo programa disponible en el CD, BOOLE-DEUSTO, recibió en Barcelona el “Premio al Mejor Equipo Software” en el IV Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, TAEE 2000. El premio da idea de la aceptación que el programa tuvo entre los profesores de Sistemas Digitales que asistieron al congreso. Quizá lo más acertado sea llamar *calculadora booleana* a BOOLE-DEUSTO por su apariencia y facilidad de uso. El uso del BOOLE se extiende a la totalidad de la asignatura y no a partes de ella, sus virtudes y defectos aparecen con su uso, pero podemos destacar:

- Didáctico, completo, visual, intuitivo y sin instalación.
- Orientado a las necesidades del principiante: claridad y totalidad de pasos.
- Contempla la totalidad de métodos básicos de análisis y diseño de sistemas digitales.
- Variedad en la representación de sistemas combinatoriales: tabla de verdad, tabla de verdad compacta, formas normales, diagramas de Veitch-Karnaugh, expresiones SOP y POS, expresiones NAND y NOR, expresiones booleanas, expresiones simplificadas y circuitos AND-OR, OR-AND, NAND y NOR.
- Permite al usuario pasar libremente de una representación a otra.
- Sistemas secuenciales: autómatas de Moore y Mealy, transformación Mealy-Moore, diseño detallado con tablas, simulación batch y online, reducción de autómatas de Mealy, verificación de autómatas y circuitos basados en flip-flop D y J-K.
- Permite salvar y cargar ficheros de ejercicios, imprimir resultados y circuitos, copiar al portapapeles y asociar un texto al ejercicio.

Todo lo anterior son ventajas para el alumno, pero también el profesor se ve beneficiado con el uso del BOOLE, pues le permite preparar, resolver y documentar ejercicios, así como descargarse de la responsabilidad de preparar y corregir ejercicios; el BOOLE lo hace por él.

5. Conclusiones

Con esta obra los autores han pretendido poner en manos de profesores y alumnos una herramienta práctica, asequible y riguroso para iniciar el aprendizaje de los Sistemas Digitales enfocados hacia la Tecnología de los Computadores modernos