تصميم وتحليل
المنطق الرقميّ

Digital Logic Design and Analysis

د. خالد السيد عبـــد الحق
د. دعاء محمود عبد العال

اليازوري

جدول المحتويات

مقدمة: ٧
الفصل الأول: مقدمة في تصميم المنطق الرقمي ٩
تعريف المنطق الرقمي وأهميته في التكنولوجيا الحديثة ١٣
الفرق بين الأنظمة التناظرية والرقمية ١٨
تاريخ تطور الأنظمة الرقمية ٢٥
نظرة عامة على تطبيقات التصميم الرقمي (الحواسيب، الاتصالات، الأجهزة الذكية ٣٢
الفصل الثاني: اللبنات الأساسية للأنظمة الرقمية ٣٩
البوابات المنطقية .(AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XNOR) ٤٣
جدول الحقيقة وتمثيل البوابات المنطقية ٥٠
المنطق التوافقي: المفاهيم الأساسية وتحليل الدوائر ٥٣
رموز التصميم الرقمي ومعايير التمثيل ٥٦
أمثلة عملية على استخدام البوابات في الدوائر البسيطة ٦٠
الفصل الثالث: تقنيات الحد وتبسيط الدوائر ٦٥
قوانين ومبرهنات الجبر البولي ٦٩
خرائط كارنو (Karnaugh Maps) لتبسيط الدوائر ٧٦
طريقة كوين-ماكلوسكي للحد المتقدم ٨٢
تقنيات الحد باستخدام برامج الحاسوب مثل (CAD) ٨٩
أمثلة على تصميم الدوائر باستخدام تقنيات الحد ٩٤
الفصل الرابع: الدوائر الحسابية ٩٩
الجمع الثنائي، الطرح، والضرب ١٠٣
تصميم الدوائر الحسابية: المجمعات ، المطروحات، المضاعفات ١٠٨
وحدة الحساب والمنطق (ALU) ١٢١
تطبيقات الدوائر الحسابية في المعالجات الدقيقة ١٢٥
تحليل الأداء والسرعة في الدوائر الحسابية ١٣٠

الفصل الخامس: الدوائر المتتابعة والمتأرجحة..... ١٣٥
الفرق بين الدوائر التوافقية والمتتابعة ١٣٩
تصميم الدوائر المتأرجحة .(Flip-Flops: SR, JK, D, T) ١٤٧
توقيت الرسم البياني وتحليل التوقيت ١٥٥
مفاهيم الساعة (Clock) والتزامن في الدوائر المتتابعة ١٦٠
أمثلة على تصميم دوائر متتابعة بسيطة ١٦٥
الفصل السادس: أجهزة المنطق الحديثة وتوليف الدوائر..... ١٧٣
حقل البوابات المنطقية القابلة للبرمجة .(FPGA) ١٧٩
توليف الدوائر المتتابعة .(Sequential Circuit Synthesis) ٢٠٠
العدّادات (Counters) والسجلات .(Registers) ٢٠٣
ذاكرة الوصول العشوائي (RAM) وذاكرة القراءة فقط (ROM) ٢٠٦
لغات وصف الأجهزة مثل (VHDL و Verilog) ٢٠٩
تطبيقات عملية للأجهزة المنطقية الحديثة ٢١٢

مقدمة

في عصر تسوده التكنولوجيا المتقدمة، حيث أصبحت الأنظمة الرقمية العمود الفقري لكل ما نعتمد عليه في حياتنا اليومية، يبرز تصميم وتحليل المنطق الرقمي كأحد أهم التخصصات التي تشكل أساس هذا العالم الحديث. من أجهزة الحواسيب الصغيرة التي نحملها في جيوبنا إلى الأنظمة المعقدة التي تدير شبكات الاتصالات العالمية، ومن أجهزة التحكم في السيارات إلى التقنيات الناشئة مثل الذكاء الاصطناعي والحوسبة الكمية، كل ذلك يعتمد على مبادئ المنطق الرقمي التي تجمع بين الإبداع الهندسي والدقة العلمية. هذا الكتاب يأتي ليكون دليلاً شاملاً يأخذ القارئ في رحلة من المفاهيم الأولية إلى التطبيقات المتقدمة، موفرًا الأدوات اللازمة لفهم هذا المجال وتطبيقه بكفاءة.

المنطق الرقمي ليس مجرد مجموعة من القواعد والدوائر، بل هو لغة تتحدث بها الأنظمة التكنولوجية، لغة تعتمد على الصفر والواحد لتصميم حلول تلبي احتياجات البشرية المتزايدة. بدأت هذه الرحلة في منتصف القرن العشرين مع اختراع الترانزستور، ثم تطورت بسرعة مع ظهور الدوائر المتكاملة التي جعلت من الممكن تصغير الأجهزة وزيادة كفاءتها. واليوم، نحن نشهد ثورة جديدة مع تقنيات مثل حقل البوابات القابلة للبرمجة (FPGA) ولغات وصف الأجهزة مثل VHDLوVerilog، التي فتحت آفاقًا جديدة للتصميم الرقمي. هذا الكتاب يسعى لربط هذا التاريخ بالحاضر والمستقبل، موفرًا للقارئ أساسًا متينًا يمكنه من المساهمة في هذا التطور المستمر.

نبدأ في هذا الكتاب بالتعرف على اللبنات الأساسية للأنظمة الرقمية، وهي البوابات المنطقية التي تشكل حجر الأساس لأي دائرة رقمية. من خلال فهم كيفية عمل هذه البوابات وكيفية تمثيلها بجداول الحقيقة، يصبح القارئ قادرًا على تحليل وتصميم الدوائر التوافقية البسيطة. ثم ننتقل إلى تقنيات الحد وتبسيط الدوائر باستخدام أدوات مثل خرائط كارنو وطريقة كوين-ماكلوسكي، وهي خطوات ضرورية لتحسين الأداء وتقليل التكلفة في التصميمات العملية. وبعد ذلك، نستكشف الدوائر الحسابية التي تمثل قلب الأنظمة الحاسوبية، مثل المجمعات والمطروحات، مع التركيز على تطبيقاتها في وحدات الحساب والمنطق (ALU) الموجودة في المعالجات الدقيقة.