

مدارهای منطقی وسخت افزار کامپیوتر

محمود تائیدیه

سید محمد مکی



مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف



مؤسسه انتشارات علمی
دانشگاه صنعتی شریف

مدارهای منطقی و سخت افزار کامپیوتر

تألیف محمود تابنده، سیدمحمد مکی

مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، تهران

چاپ اول: ۱۳۹۰

شمارگان: ۱۰۰۰

بها: ۱۶۵۰۰۰ ریال همراه با CD

حق چاپ برای مؤسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف محفوظ است.

ISBN 978-964-208-039-7

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۸-۰۳۹-۷

تلفن: ۰۲۱-۶۶۱۶۴۰۷۲-۶۶۱۶۴۰۷۰-۶۶۰۱۳۱۴۹

دفتر مرکزی: خیابان آزادی - دانشگاه صنعتی شریف

دفتر فروش: میدان انقلاب - خیابان شهید منیرى جاوید (اردیبهشت) - ساختمان ۲۵۳ - طبقه چهارم - واحد ۴۰۲

تلفن: ۰۲۱-۶۶۴۰۵۱۳۲-۶۶۹۶۷۸۹۶ پست الکترونیکی: publication@mehr.sharif.edu

موضوع: مدارهای منطقی

موضوع: طراحی منطقی

موضوع: سخت افزار کامپیوتر

شناسه افزودن: مکی، سیدمحمد

شناسه افزودن: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی

ردیف کنگره: ۱۳۹۰ TK۷۸۶۸/۲۴م

ردیف دیویی: ۶۲۱/۳۹۵

شماره کتابخانه ملی ایران: ۲۲۷۰۰۳۲

سرشناسه: تابنده، محمود

عنوان و نام پدیدآور: مدارهای منطقی و سخت افزار کامپیوتر / محمود تابنده، سیدمحمد مکی

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی شریف، مؤسسه انتشارات علمی، ۱۳۹۰.

مشخصات ظاهری: ۸۰۰ س: مصور، نمودار.

شابک: ISBN 978-964-208-039-7

فهرست نویسی: فیبا

یادداشت: کتابخانه

به نام خدا

فهرست مطالب

پیشگفتار

۱ مقدمه

۱-۱ چرا دیجیتال؟

۲-۱ سیستم‌های کامپیوتری

۳-۱ کاربردهای جدید

۲ دستگاه‌های اعداد و کدهای ارتباطی

۱-۲ تاریخچه پیدایش نمادهای عددی

۲-۲ مبناهای عددنویسی

۳-۲ تبدیل مبناها

۴-۲ محاسبات ریاضی

۵-۲ کدهای دودویی

۶-۲ خلاصه مطالب فصل

۷-۲ مسائل حل شده

۸-۲ تمرین‌ها

۱

۲

۵

۸

۱۱

۱۲

۱۵

۱۹

۲۶

۳۷

۵۱

۵۲

۵۵

۶۱	۳ جبر بول، گیت‌ها و توابع منطقی
۶۲	۱-۳ آشنایی با جبر بول
۶۴	۲-۳ اصول موضوع جبر بول
۶۵	۳-۳ انواع جبر بول
۶۷	۴-۳ قضایای جبر بول
۷۳	۵-۳ توابع منطقی
۹۱	۶-۳ صورت‌های دیگر نمایش توابع منطقی
۹۶	۷-۳ اصول طراحی و تحلیل مدارهای ترکیبی
۱۰۱	۸-۳ مدارهای مجتمع (IC) ها
۱۰۲	۹-۳ منطق چند مقداری
۱۰۵	۱۰-۳ خلاصه مطالب فصل
۱۰۵	۱۱-۳ مسائل حل شده
۱۱۰	۱۲-۳ تمرین‌ها
۱۱۱	۱۳-۳ مراجع
۱۲۵	۴ روش‌های ساده‌سازی توابع منطقی
۱۲۶	۱-۴ اهمیت ساده‌سازی
۱۲۷	۲-۴ روش‌های ساده‌سازی
۱۲۸	۳-۴ نقشه کارنو
۱۴۲	۴-۴ روش کواین - مک‌کلاسکی
۱۴۹	۵-۴ استفاده از قضیه اجماع
۱۵۲	۶-۴ ساده‌سازی توابع به شکل RM
۱۵۵	۷-۴ دیگر روش‌های ساده‌سازی
۱۵۶	۸-۴ خلاصه مطالب فصل
۱۵۷	۹-۴ مسائل حل شده
۱۶۳	۱۰-۴ تمرین‌ها
۱۶۸	۱۱-۴ مراجع
۱۷۳	۵ مقدمه‌ای بر زبان توصیف سخت‌افزار وریلاگ
۱۷۴	۱-۵ مفاهیم اولیه
۱۸۰	۲-۵ مدول

۱۸۱	۳-۵ سطوح مختلف مدل سازی
۱۸۶	۴-۵ دستورات شرطی و حلقه ها
۱۸۹	۵-۵ انتسابات محدود کننده و غیر محدود کننده
۱۸۹	۶-۵ نمونه سازی و فراخوانی یک مدول در مدول دیگر
۲۰۰	۷-۵ تمرین ها
۲۰۱	۸-۵ مراجع
۲۰۳	۶ اصول طراحی مدارهای ترکیبی
۲۰۴	۱-۶ روش کلی طراحی مدارهای ترکیبی
۲۰۵	۲-۶ گیت های کامل
۲۰۶	۳-۶ اهداف طراحی
۲۰۷	۴-۶ انواع پیاده سازی با گیت های منطقی
۲۲۵	۵-۶ پیاده سازی با ULM
۲۲۶	۶-۶ پیاده سازی توابع به شکل RM
۲۲۷	۷-۶ روش های پیشرفته تر طراحی
۲۲۸	۸-۶ طراحی مدارهای چند خروجی
۲۳۳	۹-۶ پدیده هازارد در مدارهای ترکیبی
۲۳۷	۱۰-۶ خلاصه مطالب فصل
۲۳۷	۱۱-۶ مسائل حل شده
۲۵۱	۱۲-۶ تمرین ها
۲۵۸	۱۳-۶ مراجع
۲۶۱	۷ طراحی مدارهای ترکیبی MSI ، LSI
۲۶۲	۱-۷ طراحی بالا به پایین
۲۶۶	۲-۷ مدارهای محاسباتی
۲۸۰	۳-۷ مقایسه کننده
۲۸۲	۴-۷ دیکودر و انکودر
۲۹۲	۵-۷ مالتی پلکسر و دی مالتی پلکسر
۲۹۹	۶-۷ واحد حساب و منطق
۳۰۱	۷-۷ حافظه فقط خواندنی (ROM)

۳۰۶	۷-۸ قطعات منطقی قابل برنامه‌ریزی (PLD)
۳۱۷	۷-۹ خلاصه مطالب فصل
۳۱۷	۷-۱۰ مسائل حل شده
۳۲۹	۷-۱۱ تمرین‌ها
۳۳۹	۷-۱۲ مراجع

۳۴۱	۸ کدهای آشکارسازی و تصحیح خطا
۳۴۲	۸-۱ خطا و آشکارسازی آن
۳۴۵	۸-۲ نظریه کد کردن
۳۴۹	۸-۳ کدهای تصحیح خطا
۳۶۰	۸-۴ تشخیص خطا برای پیام‌های طولانی
۳۶۳	۸-۵ تحقیقات جدید
۳۶۴	۸-۶ خلاصه مطالب فصل
۳۶۴	۸-۷ مسائل حل شده
۳۶۹	۸-۸ تمرین‌ها
۳۷۲	۸-۹ مراجع

۳۷۵	۹ آشنایی با مدارهای ترتیبی
۳۷۶	۹-۱ مدارهای ترتیبی
۳۷۷	۹-۲ فلیپ‌فلاپ‌ها
۳۹۱	۹-۳ انواع تریگر
۳۹۷	۹-۴ انواع مدارهای ترتیبی
۴۰۱	۹-۵ کاربرد فلیپ‌فلاپ‌ها
۴۰۶	۹-۶ محدودیت‌های زمانی در مدارهای ترتیبی
۴۱۰	۹-۷ خلاصه مطالب فصل
۴۱۱	۹-۸ مسائل حل شده
۴۱۶	۹-۹ تمرین‌ها
۴۲۶	۹-۱۰ مراجع

۴۲۷	۱۰ مبانی طراحی مدارهای ترتیبی سنکرون
۴۲۸	۱۰-۱ تحلیل مدارهای سنکرون

۴۳۶	۲-۱۰ طراحی مدارهای سنکرون
۴۴۷	۳-۱۰ کاهش تعداد حالت‌ها
۴۵۶	۴-۱۰ تبدیل مدارهای میلی و مور به یکدیگر
۴۵۹	۵-۱۰ تخصیص حالت
۴۶۳	۶-۱۰ نمونه‌های طراحی
۴۷۱	۷-۱۰ طراحی با استفاده از معادله مشخصه
۴۷۳	۸-۱۰ انتخاب نوع فلیپ‌فلاپ
۴۷۴	۹-۱۰ خلاصه مطالب فصل
۴۷۴	۱۰-۱۰ مسائل حل شده
۴۹۲	۱۱-۱۰ تمرین‌ها
۵۰۴	۱۲-۱۰ مراجع
۵۰۷	۱۱ مدارهای ترکیبی سنکرون MSI و LSI
۵۰۸	۱-۱۱ ثبات‌ها
۵۱۰	۲-۱۱ ثبات‌های انتقالی
۵۱۶	۳-۱۱ شمارنده‌های سنکرون
۵۲۶	۴-۱۱ حافظه خواندنی - نوشتنی
۵۳۲	۵-۱۱ مولدهای پالس ساعت
۵۳۶	۶-۱۱ نمونه‌های طراحی مدارهای مجتمع
۵۳۸	۷-۱۱ خلاصه مطالب فصل
۵۳۹	۸-۱۱ مسائل حل شده
۵۴۴	۹-۱۱ تمرین‌ها
۵۴۹	۱۰-۱۱ مراجع
۵۵۱	۱۲ مدارهای پالسی
۵۵۱	۱-۱۲ آشنایی با مدارهای پالسی
۵۵۳	۲-۱۲ تحلیل مدارهای پالسی
۵۵۵	۳-۱۲ طراحی مدارهای پالسی
۵۶۶	۴-۱۲ شمارنده‌های موج‌گونه
۵۷۴	۵-۱۲ خلاصه مطالب فصل
۵۷۴	۶-۱۲ مسائل حل شده
۵۸۲	۷-۱۲ تمرین‌ها

۵۸۹	۱۳ مدارهای ترتیبی آسنکرون
۵۹۰	۱-۱۳ خصوصیات مدارهای آسنکرون
۵۹۲	۲-۱۳ تحلیل مدارهای آسنکرون
۶۰۴	۳-۱۳ طراحی مدارهای آسنکرون
۶۱۲	۴-۱۳ کاهش تعداد حالت‌ها
۶۲۰	۵-۱۳ تخصیص حالت و خروجی
۶۳۲	۶-۱۳ پدیده‌ها زارد در مدارهای ترتیبی آسنکرون
۶۳۸	۷-۱۳ مدارهای آسنکرون در حالت غیراساسی
۶۳۹	۸-۱۳ نمونه‌های طراحی
۶۴۶	۹-۱۳ تحقیقات جدید
۶۴۷	۱۰-۱۳ خلاصه مطالب فصل
۶۴۸	۱۱-۱۳ مسائل حل شده
۶۵۵	۱۲-۱۳ تمرین‌ها
۶۶۴	۱۳-۱۳ مراجع

۶۶۷	۱۴ ماشین‌های حالت الگوریتمی (ASM)
۶۶۷	۱-۱۴ طراحی الگوریتمی مدارهای دیجیتال
۶۷۰	۲-۱۴ نمودار ASM
۶۷۶	۳-۱۴ طراحی ماشین‌های حالت الگوریتمی
۶۸۲	۴-۱۴ طراحی واحد کنترل
۶۹۱	۵-۱۴ مدارهای برنامه‌پذیر
۷۰۰	۶-۱۴ برخی الگوریتم‌های جدیدتر طراحی
۷۰۰	۷-۱۴ خلاصه مطالب فصل
۷۰۱	۸-۱۴ مسائل حل شده
۷۰۸	۹-۱۴ تمرین‌ها
۷۱۱	۱۰-۱۴ مراجع

۷۱۳	۱۵ مدارهای مجتمع دیجیتال
۷۱۴	۱-۱۵ منطق مثبت و منطق منفی
۷۱۵	۲-۱۵ مدارهای مجتمع دیجیتال و مشخصات آن‌ها
۷۱۹	۳-۱۵ تکنولوژی‌های ساخت قطعات دیجیتال

۷۳۰	۴-۱۵ تکنولوژی‌های ساخت حافظه
۷۳۲	۵-۱۵ طراحی مدارهای ترکیبی با تکنولوژی CMOS
۷۳۴	۶-۱۵ نگاهی به آینده
۷۳۵	۷-۱۵ خلاصه مطالب فصل
۷۳۵	۸-۱۵ مسائل حل شده
۷۳۸	۹-۱۵ تمرین‌ها
۷۴۴	۱۰-۱۵ مراجع
۷۴۵	پیوست
۷۵۳	مراجع آخر کتاب
۷۵۵	واژه‌نامه فارسی - انگلیسی
۷۶۷	واژه‌نامه انگلیسی - فارسی
۷۸۱	فهرست راهنما

پیشگفتار

گسترش سریع سیستم‌های دیجیتال که به علت مزایای بیشمار آنهاست، نیاز زیادی به اطلاع‌رسانی از طریق تألیف مقالات و کتب دارد. مدارهای منطقی از دروس اساسی و پایه برای دانشجویان مهندسی برق و کامپیوتر به شمار می‌رود و محتوای آن در جهت آشنایی آنها با مفاهیم پایه‌ای سخت‌افزار سیستم‌های دیجیتال است. ولی به سبب تنوع و گستردگی مطالب، کمتر کتابی می‌توان یافت که این طیف وسیع را در برگیرد. لذا، روش ما در تألیف این کتاب ذکر مطالبی بوده است که اساسی‌ترین پیش‌نیاز برای درک مفاهیم سخت‌افزار در حد یک درس سه واحدی باشد. این کتاب شامل مطالب این درس مطابق آخرین توصیه‌های کمیته برنامه‌ریزی دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف به‌علاوه مقدار قابل توجهی مطالب جانبی مربوط و همچنین اشاره به مقالات مهم مرجع است.

در تألیف این کتاب که مبتنی بر تدریس چندین ساله مؤلفین، عمدتاً در دانشگاه صنعتی شریف بوده است، ضمن اتخاذ روش منطقی در تنظیم و ارائه مطالب، سعی بر این بوده که بیان به زبانی روان و سلیس باشد. از جمله، از به‌کارگیری برخی واژه‌های نامأنوس خودداری شده است.

در ابتدای هر فصل، اهداف کلی و سرفصل‌های مطالب تشکیل‌دهنده فصل فراهم آمده است. همچنین در هر فصل برای ایجاد سهولت در درک جزئیات، مثال‌هایی ارائه شده که حل و بررسی‌شان توانمند حین مطالعه مطالب، درک عمیق‌تری برای خواننده می‌آورد. بخش پایانی هر فصل مسائل حل شده، تمرین‌ها و پرسش‌های چهار گزینه‌ای بعضی آزمون‌های کارشناسی ارشد و نهایتاً مراجع به روز را شامل می‌شود. مسائل حل شده به منظور آشکار نمودن برخی نکات و همچنین بیان مطالب و روش‌های جانبی پیچیده یا ابتکاری، تمرین برای ایجاد تسلط و اشراف در خواننده و

مراجع جهت مطالعه بیشتر در صورت نیاز آورده شده‌اند. پرسش‌های چهارگزینه‌ای نیز به منظور آشنایی با سبک سؤالات مربوط به مطالب این کتاب در آزمون‌های دوره کارشناسی ارشد درج شده‌اند. با علم به وجود مشکلات دستوری و نگارشی در این پرسش‌ها، برای رعایت امانت از تغییر و تصحیح ایرادها خودداری شده است.

در نگارش این اثر از کتب و مقالات بسیاری به‌عنوان مرجع استفاده شده اما، شیوه بیان مطالب گردآوری شده در آن غالباً متفاوت با مراجع و به گونه‌ای است که خواننده از زاویه جدیدی با مطالب روبه‌رو می‌شود. به‌علاوه، برای ترغیب خواننده کتاب به تحقیق و مطالعه عمیق‌تر، در هر مبحث، به آخرین تحقیقات انجام شده و برگرفته از مقالات مجلات تراز اول دنیا و یا منتشر شده نتایج تحقیقات مؤلفان با ذکر مرجع اشاره شده است. فهرست این مقالات به تفکیک موضوع در انتهای هر فصل و فهرست کتب مرجع در بخش پایانی کتاب قرار داده شده است.

به همواره این کتاب یک CD نیز آمده که شامل چهار بخش اصلی است. بخشهای (الف)، (ب) و (ت) مستقیماً در رابطه با فراگیری زبان توصیف سخت‌افزاری و بخش (پ) شامل اوراق مشخصات مدارهای مجتمع (IC) های دیجیتال مورد استفاده در این کتاب یا آزمایشگاه همزمان این درس است. قرارداد به کار گرفته شده برای نامگذاری متغیرها در متن چنین است در اکثر موارد که از حروف ابتدایی زبان انگلیسی یعنی $A, B, C, \dots$ و حروف انتهایی زبان انگلیسی یعنی X, Y, Z ، و غیره استفاده می‌شود. به هنگام بیان یک عدد دودویی متغیر A در گروه اول و Z در گروه دوم، کم‌ارزش‌ترین بیت‌ها (LSB) خواهد بود. رعایت این قرارداد، امکان افزودن تعداد بیت‌ها را بدون تغییر در نظم قبلی فراهم می‌سازد.

مطالب فصل‌های کتاب از این قرار است:

در فصل ۱ مقدمه‌ای پیرامون تاریخچه و کاربرد سیستم‌های دیجیتال بیان می‌گردد. در فصل ۲ دستگاه‌های عددنویسی و کدهای ارتباطی در سیستم‌های دیجیتال بیان می‌شوند. در فصل‌های ۳ و ۴ مقدمات و مراحل تحلیل، طراحی و پیاده‌سازی مدارهای ترکیبی به تفصیل بررسی می‌شود. به این ترتیب که در فصل ۳ جبر بول و گیت‌های منطقی و در فصل ۴ روش‌های ساده‌سازی توابع منطقی مورد بحث قرار می‌گیرد. در فصل ۵، زبان توصیف سخت‌افزار وریلاگ معرفی می‌شود. فصل ۶ روش‌های مختلف طراحی مدارهای ترکیبی (طراحی ترکیبی) و در فصل ۷ نمونه‌هایی از مدارهای ترکیبی از قبیل مدارهای محاسباتی، دیکودر، انکودر، مالتی پلکسر، دی‌مالتی پلکسر، ROM، و قطعات PLD معرفی می‌گردند.

به دلیل اهمیت روزافزون کدهای آشکارسازی و تصحیح خطا، فصل ۸ به این مبحث اختصاص یافته است. در فصل‌های ۹ تا ۱۴ مدارهای ترتیبی به تفصیل بررسی می‌شوند به این ترتیب که در فصل ۹ مفاهیم پایه مدارهای ترتیبی و فلیپ‌فلاپ‌ها، در فصل ۱۰ مبانی تحلیل و طراحی و پیاده‌سازی، مدارهای ترتیبی سنکرون، در فصل ۱۱ چند نمونه از متداول‌ترین مدارهای ترتیبی

سنکرون، در فصل ۱۲ مدارهای پالسی و نحوه طراحی آنها، در فصل ۱۳ مبانی تحلیل طراحی و پیاده‌سازی مدارهای ترتیبی آسنکرون و در فصل ۱۴ روش طراحی ماشین‌های حالت الگوریتمی (ASM) و ابزارهای برنامه‌پذیر ترتیبی معرفی می‌گردند. در فصل ۱۵ ویژگی‌ها و مشخصات عملکردی خانواده‌های گوناگون مدارهای مجتمع منطقی از نظر الکترونیکی بررسی و با یکدیگر مقایسه می‌شود.

در خاتمه از خانم‌ها و آقایان مهندس زارع، جوادی، قاسمی، روغن‌چی، استاد عظیم‌الشان، نائینیان، بهشتی، حسینی، خالقی و میرقاسمی که در ویرایش این کتاب و آماده‌سازی CD همراه آن کمک‌های بسیار ارزنده‌ای به ما نمودند، مراتب تشکر و امتنان خود را ابراز می‌نمایم.

محمود تابنده

سید محمد مکی

www.ketab.ir