

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# مبانی دیجیتال

رشته الکترونیک

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۰۹۹

۶۲۱	رضازاده ، یدالله
۳۸۱/	مبانی دیجیتال/ مؤلفان: یدالله رضازاده ، غلامحسین نصری ، فتح الله نظریان، مهین ظریفیان جولایی، رسول ملک محمد ، محمود شبانی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، ۱۳۹۵.
م ۵۶۳/	۲۰۸ ص.: مصور... (شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۰۹۹)
۱۳۹۵	متون درسی رشته الکترونیک، زمینه صنعت.
	برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون تألیف کتاب‌های درسی رشته الکترونیک دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
	۱. الکترونیک رقمی. الف. نصری، غلامحسین. ب. نظریان، فتح‌الله. ج. ظریفیان جولایی، مهین.
	د. ملک محمد، رسول. ه. شبانی، محمود. و. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته الکترونیک. ز. عنوان. ح. فروست.

## همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی تهران - صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵  
دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.  
پیام‌نگار (ایمیل) [tvoccd@medu.sch.ir](mailto:tvoccd@medu.sch.ir)  
وب‌گاه (وب سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

جدول هدف محتوای کتاب مبانی دیجیتال در سال ۱۳۸۷ با توجه به فناوری‌های جدید، نیازهای جامعه و درخواست هنرآموزان و گروه‌های آموزشی سراسر کشور و تأیید کمیسیون تخصصی رشته الکترونیک، مورد بازنگری و اصلاحات کلی قرار گرفت و سپس در سال ۱۳۸۸ با تغییراتی متجاوز از ۵۰ درصد، تألیف مجدد و بازسازی شد. همچنین این کتاب براساس نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها و کتاب‌های حاشیه‌نویسی شده هنرآموزان گرامی و پرسش‌نامه‌های تکمیل شده هنرجویان گرامی و متخصصان حرفه‌ای در فرایند اعتباربخشی توسط اعضای کمیسیون تخصصی رشته الکترونیک در سال تحصیلی ۹۱-۱۳۹۰ مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفت.

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب: مبانی دیجیتال - ۴۸۹/۸

بازسازی و تألیف مجدد در سال ۱۳۸۸: مهین ظریفیان جولانی، محمود شبانی، یدالله رضازاده و رسول ملک محمد

مؤلفان: یدالله رضازاده، غلامحسین نصری، فتح‌الله نظریان (سال ۱۳۷۸)

اعضای کمیسیون تخصصی: سید محمود صموتی، جمشید بردبار، شهرام نصیری سوادکوهی، فرشته داوودی و سهیلا ذوالفقاری

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع: اداره کل نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

تهران: خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)

تلفن: ۹-۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹

وب سایت: [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)

مدیر امور فنی و چاپ: لیدا نیک‌روش

رسام: محمد سیاحی، المیرا شیرین سخن

طراح جلد: مهدی براتی

صفحه‌آرا: منیره کاظم زاده، حسین وهابی

حروفچین: سیده فاطمه محسنی

مصحح: سیف‌الله بیک محمد، حسین چراغی

امورآماده‌سازی خبر: فاطمه پزشکی

امور فنی رایانه‌ای: حمید ثابت کلاچاهی، راحله زادفتح‌اله

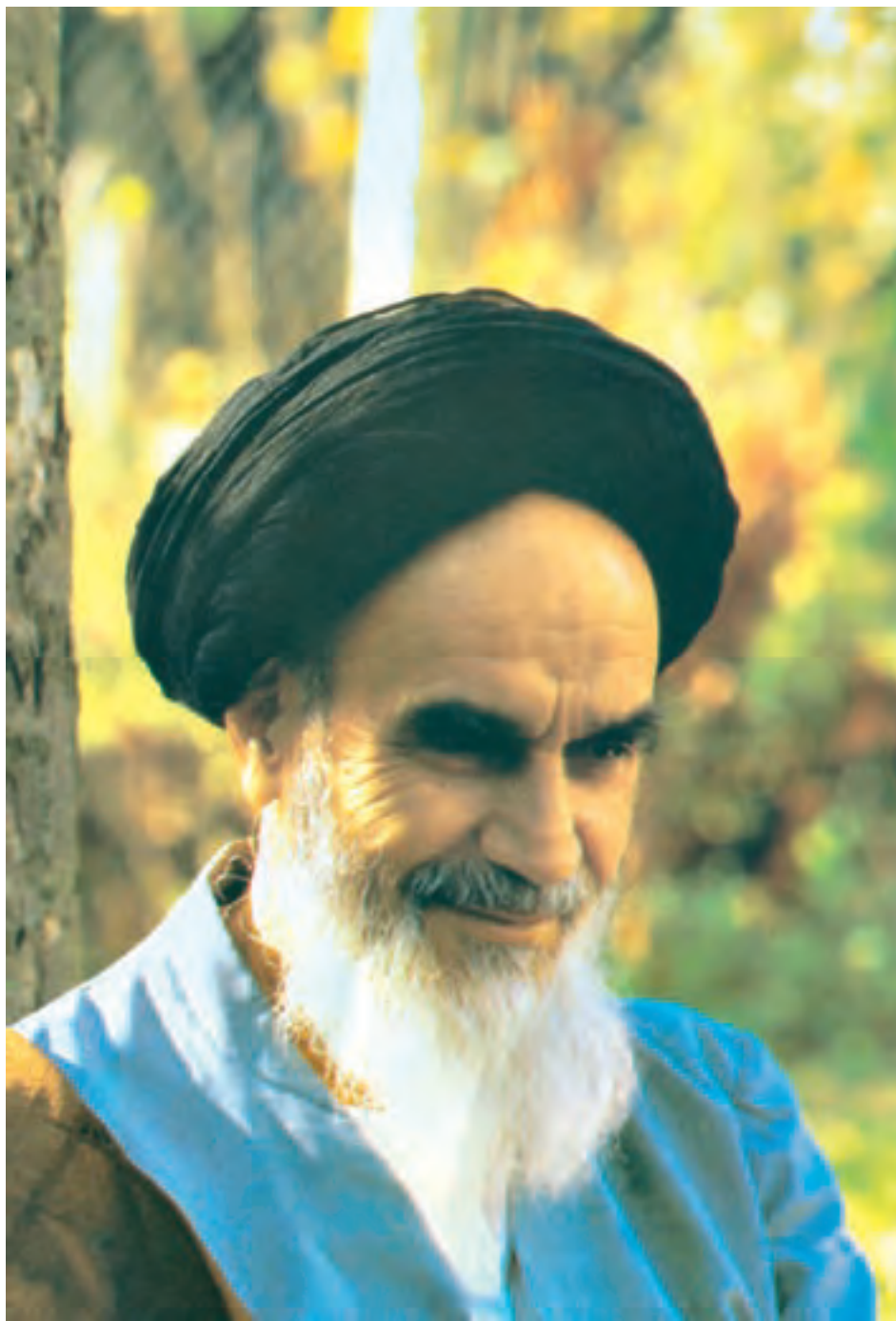
ناشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران: تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن: ۵-۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹-۳۷۵۱۵

چاپخانه: کارون

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ ششم ۱۳۹۵

حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور  
خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از  
اتکای به اجانب پرهیزید.

امام خمینی (قدّس سرّه الشّریف)



## سخنی با همکاران ارجمند

هم زمان با تغییر نظام « نیم سالی واحدی » به « سالی واحدی »، کتاب مبانی دیجیتال بر اساس سرفصل‌های مصوب کمیسیون تخصصی دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش و نیاز رشته الکترونیک تنظیم و در سال ۱۳۷۹ تدوین گردید. با توجه به اینکه در برنامه ریزی برای این درس ۲ ساعت آموزشی در طول هفته در نظر گرفته شده بود. بنا به درخواست هنر آموزان و گروه‌های آموزشی و تأیید کمیسیون تخصصی و تأیید شورای عالی وزارت آموزش و پرورش، ساعات درسی به ۴ ساعت افزایش یافت.

نظر به اینکه در گردهمایی‌ها و دوره‌های بازآموزی و جلسات گروه‌های آموزشی استان‌ها، بارها نسبت به بازنگری این درس اعلام نظر شده بود، بالاخره در سال ۱۳۸۷ کمیسیون تخصصی تصمیم به بازنگری جدول هدف محتوی بر اساس پیشنهادات دریافتی گرفت و در نهایت در سال ۱۳۸۸ با تقویت تیم تألیف، کتاب مبانی دیجیتال بازنگری شد و با تغییراتی متجاوز از ۵۰٪ تألیف جدید و تغییرات کلی در سایر قسمت‌ها، به شکل کنونی بازسازی و تألیف شد.

کتاب چاپ سال ۱۳۷۹ مشتمل بر سه فصل به صورت فشرده بود که اغلب اظهار می‌داشتند فشردگی و طولانی بودن فصول باعث خستگی هنرجویان می‌شود و هنرآموزان نمی‌توانند کتاب را به طور کامل آموزش دهند، لذا کتاب جدید به هفت فصل افزایش یافت. عدم رعایت تسلسل منطقی موضوع‌های درسی کتاب نیز از موارد دیگری بود که همواره مورد اعتراض واقع می‌شد که در کتاب فعلی این نقص برطرف شده است و فصول کتاب به شرح زیر تنظیم شده است.

**فصل اول اختصاص به مفهوم دیجیتال در سیستم اعداد و جمع و تفریق در مبنای دودویی دارد.**

**فصل دوم به دروازه‌های منطقی پایه می‌پردازد.**

**فصل سوم اختصاص به مباحث ریاضی مربوط به مدارهای منطقی یعنی همان جبر بول دارد.**

**فصل چهارم مدارهای ترکیبی را مورد بررسی قرار می‌دهد.**

**فصل پنجم مباحث فلیپ فلاپ و مدارهای ترتیبی را تحلیل می‌کند.**

**فصل ششم اختصاص به شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها دارد.**

**فصل هفتم اشاره مختصر به مدارهای منطقی پیشرفته دارد.**

استفاده از نرم‌افزار توسط معلم و توصیه به کاربرد آن توسط هنرجو از مواردی است که در این کتاب تأکید ویژه بر آن شده است.

به منظور درک بهتر مفاهیم سعی شده است که از مثال‌های کاربردی و منطبق با جامعه استفاده شود، همچنین تمرین کلاسی برای درک کامل مفاهیم نیز در نظر گرفته شده است، لذا ضرورت دارد هنرجویان با نظارت هنرآموزان و در ساعت کلاسی به حل آنها بپردازند.

گنجاندن مبحث مدارهای منطقی پیشرفته حسن ختام کتاب محسوب می‌شود. زیرا کاربرد دیجیتال را در جامعه امروزی به هنرجویان معرفی می‌کند.

از آنجا که در ابتدای هر فصل اهداف رفتاری کتاب بیان شده است، از هنرآموزان عزیز تقاضا می‌شود سؤالات امتحانی را متناسب با حیطه و طبقه داده شده در اهداف رفتاری طراحی نمایند.

**نکته مهم:** در صورتی که سؤالی را در ارتباط با نقشه‌ای مانند شمارنده، شیفت رجیستر و مدارهای داخلی آی سی مطرح می‌نمایید، باید حتماً اصل نقشه را در اختیار هنرجو قرار دهید. هرگز از هنرجو نخواهید که نقشه را ترسیم نماید یا نقشه ناقص را بدهید و از او بخواهید که آن را تکمیل کند.

## مؤلفان

## سخنی با هنرجویان عزیز

درس مبانی مدارهای منطقی (مدارهای دیجیتال) یکی از دروس بسیار جالب و شیرین است که یادگیری آن برای همه کسانی که در رشته الکترونیک تحصیل می‌کنند، ضرورت دارد. یکی از ویژگی‌های این درس سادگی آن است. زمانی فراگیری این درس برای شما آسان می‌شود که مطالب را به صورت قدم به قدم و پی در پی فرا بگیرید و تمرین‌های آنرا به طور کامل انجام دهید. انجام بحث و گفت‌وگو پیرامون هریک از موضوع‌های درسی نیز بسیار مفید است.

اجرای نرم‌افزاری مدارهای داده شده در کتاب می‌تواند شما را در رسیدن به اهداف اصلی آموزش هدایت کند. همچنین پاسخ

دادن به الگوهای پرسش و طراحی سؤال‌های تازه و جدید از مباحث مختلف درسی نیز از مواردی است که پویایی آموزش را به همراه دارد.

از موارد دیگری که در این کتاب با آن برخورد می‌کنید تمرین‌های کلاسی است. تمرین‌های کلاسی به منظور درک کامل مفاهیم و مبحث مربوطه در نظر گرفته شده و هنرجو موظف است با نظارت مربی در ساعات کلاسی به حل آنها اقدام نماید. استفاده از منابع مختلف مرتبط با درس مبانی دیجیتال نیز بسیار مفید است و موجب ارتقاء دانش شما در این زمینه می‌شود.

در پایان توصیه می‌کنیم در جلسات آموزشی به مباحثی که توسط مربی آموزش داده می‌شود به دقت گوش فرا دهید، پرسش‌های خود را بپرسید و به مباحث نرم‌افزاری که توسط مربی اجرا می‌شود خوب توجه کنید و آنها را خارج از کلاس درس و روی کامپیوتر شخصی خود اجرا نمایید.

**مؤلفان**

### **نکات اجرایی**

هنگام آموزش درس مبانی دیجیتال به نکات اجرایی زیر توجه داشته باشید:

- ۱- تا حد امکان آموزش را بر اساس برنامهٔ زمان‌بندی داده شده در ابتدای کتاب اجرا کنید.
- ۲- در صورتی که با تعطیلات غیر منتظره‌ای، مواجه شدید حتماً برای آن کلاس جبرانی در نظر بگیرید. در این مورد لازم است مسئولان هنرستان همکاری نمایند.
- ۳- برای درک بهتر مفاهیم لازم است مواردی را که امکان اجرای آن توسط نرم‌افزار میسر است حتماً به صورت نرم‌افزاری در کلاس اجرا نمایید و از هنرجویان بخواهید که در خارج از کلاس به تمرین و اجرای نرم افزارها اقدام کنند.
- ۴- از هنرجویان بخواهید الگوهای پرسش را انجام دهند و به طرح سؤال‌های جدید بپردازند.
- ۵- در صورت امکان از وسایل کمک آموزشی و مدارهای عملی برای انتقال مفاهیم استفاده کنید.
- ۶- از سؤال‌های طرح شده توسط هنرجویان برای اجرای آزمون‌های کلاسی استفاده کنید.

### فهرست بودجه‌بندی زمانی درس مبانی دیجیتال

شماره فصل	عنوان فصل	شماره صفحه	زمان آموزش به ساعت
فصل اول	مفهوم دیجیتال و سیستم اعداد	۱-۲۹	۱۲
فصل دوم	ساختمان دروازه‌های منطقی پایه و ترکیبی	۳۰-۵۵	۱۲
فصل سوم	جبر بول	۵۶-۹۸	۲۰
فصل چهارم	چند مدار ترکیبی کاربردی	۹۹-۱۳۰	۲۴
فصل پنجم	مدارهای ترتیبی — فلیپ‌فلاپ‌ها	۱۳۱-۱۵۱	۲۰
فصل ششم	شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها	۱۵۲-۱۸۶	۲۰
فصل هفتم	مدارهای منطقی پیشرفته	۱۸۷-۲۰۸	۱۲





# فهرست مطالب

## فصل اول || مفهوم دیجیتال و سیستم اعداد

پیش گفتار .....	۲	۱-۵- مکمل های اعداد .....	۱۸
مقدمه .....	۲	۱-۶- تبدیل مبنای اعداد به یکدیگر .....	۲۰
۱-۱- مفهوم دیجیتال .....	۳	تبدیل مبنای ۲ به ۱۰ .....	۲۰
■ مزایای سیستم های دیجیتال نسبت به آنالوگ .....	۵	تبدیل مبنای ۲ به ۸ .....	۲۱
۲-۱- مفهوم صفر و یک منطقی .....	۶	تبدیل مبنای ۸ به ۲ .....	۲۲
۳-۱- دروازه های منطقی پایه .....	۷	تبدیل مبنای ۱۶ به ۲ .....	۲۳
■ دروازه AND یا «و» .....	۸	۱-۷- جمع باینری .....	۲۶
■ دروازه OR یا «یا» .....	۱۰	۱-۸- تفريق باینری .....	۲۷
■ دروازه NOT یا «نه» یا «نفي» .....	۱۲	۱-۹- نقش کد در سیستم دیجیتال .....	۲۷
۴-۱- سیستم های اعداد .....	۱۴	■ کد BCD .....	۲۷
■ سیستم ده دهی (اعشاری Decimal) .....	۱۴	۱-۱۰- الگوی پرسش .....	۲۹
■ سیستم دودویی (Binary) .....	۱۴		
■ سیستم هشت تایی (اکتال Octal) .....	۱۶		
■ سیستم شانزده تایی (هگزادسی مال Hexa decimal) .....	۱۷		

## فصل دوم || ساختمان دروازه های منطقی پایه و ترکیبی

پیش گفتار .....	۳۱	۲-۴- مشخصات ویژه دروازه های منطقی .....	۴۷
۲-۱- تراز های ولتاژ .....	۳۱	fan-in .....	۴۷
۲-۲- دروازه های منطقی پایه .....	۳۱	fan-out .....	۴۷
■ گیت OR «یا» .....	۳۲	■ حاشیه نویز Marginal noise .....	۴۷
■ دروازه منطقی AND «و» .....	۳۵	■ تأخیر در انتشار Propagation delay .....	۴۸
■ گیت NOT «نه» .....	۳۸	■ توان تلف شده Power dissipation .....	۴۸
۳-۲- دروازه های منطقی ترکیبی .....	۳۹	۲-۵- استفاده از data book .....	۴۸
■ دروازه منطقی NAND (NOT AND) .....	۳۹	■ برگه اطلاعات IC (Data Sheet) .....	۵۰
■ دروازه منطقی NOR (NOT OR) .....	۴۱	■ آشنایی با سری خانواده TTL .....	۵۱
■ دروازه OR انحصاری (Exclusive OR) XOR .....	۴۳	۲-۶- استفاده از نرم افزار .....	۵۲
■ دروازه NOR انحصاری .....		۲-۷- الگوی پرسش .....	۵۳
■ دروازه NOR انحصاری (Exclusive NOR-XNOR) .....	۴۴	۲-۸- معرفی مشخصات پایه های آی سی های	
■ دروازه بافر Buffer .....	۴۵	گیت های منطقی .....	۵۵

## فصل سوم جبر بول

- پیش گفتار ..... ۵۷
- ۳-۱ جبر بول ..... ۵۷
- قوانین حاکم بر جبر بول یا اتحادهای اساسی ... ۵۷
- ۳-۲ قوانین دمورگان ..... ۶۳
- ۳-۳ ساده سازی توابع جبر بول ..... ۷۰
- اصول ساده سازی توابع جبر بول ..... ۷۰
- فرم استاندارد توابع بول ..... ۷۱
- تعریف عبارت منطقی حاصل ضرب ..... ۷۲
- تعریف عبارت منطقی مجموع ..... ۷۲
- تعریف عبارت مجموع حاصل ضرب ها (sum of Products) یا مین ترم (minterm) ..... ۷۳
- عبارت حاصل ضرب حاصل جمع ها (Product of sums) یا ماکس ترم (maxterm) ..... ۷۳
- ۳-۴ ساده سازی توابع با استفاده از نقشه کارنو ..... ۷۵
- ساده سازی توابع چهار متغیره به کمک نقشه کارنو ..... ۸۰
- ۳-۵ الگوی پرسش ..... ۸۳
- ۳-۶ افزایش ظرفیت ورودی های دروازه های منطقی ..... ۸۳
- افزایش تعداد ورودی های دروازه منطقی AND ..... ۸۳
- افزایش تعداد ورودی های دروازه منطقی OR ..... ۸۴
- افزایش تعداد ورودی های دروازه منطقی NAND ..... ۸۴
- افزایش تعداد ورودی های دروازه منطقی NOR ..... ۸۵
- ۳-۷ ساخت دروازه های منطقی مختلف با استفاده از گیت NAND ..... ۸۵
- ایجاد دروازه منطقی NOT «نه» ..... ۸۵
- ساخت دروازه منطقی AND ..... ۸۶
- تولید دروازه منطقی OR ..... ۸۶
- دروازه منطقی NOR ..... ۸۶
- دروازه منطقی OR انحصاری XOR ..... ۸۶
- دروازه منطقی NOR انحصاری (XNOR) ..... ۸۷
- ۳-۸ ساخت دروازه های منطقی مختلف با استفاده از گیت NOR ..... ۸۷
- ساخت دروازه منطقی NOT «نه» ..... ۸۷
- ایجاد دروازه منطقی AND ..... ۸۷
- تولید دروازه منطقی OR ..... ۸۷
- دروازه منطقی NAND ..... ۸۷
- دروازه منطقی XOR ..... ۸۸
- دروازه منطقی XNOR ..... ۸۸
- ۳-۹ مقدمه ای بر مدارهای ترکیبی ..... ۸۸
- تعریف مدار ترکیبی ..... ۹۰
- آنالیز مدارهای ترکیبی ..... ۹۰
- طراحی مدارهای ترکیبی ساده ..... ۹۳
- ۳-۱۰ الگوی پرسش ..... ۹۴
- ۳-۱۱ استفاده از نرم افزار ..... ۹۵
- ۳-۱۲ الگوی پرسش ..... ۹۷

## فصل چهارم چند مدار ترکیبی کاربردی

- پیش گفتار ..... ۱۰۰
- ۴-۱ مدارهای ترکیبی ..... ۱۰۰
- روش طراحی مدارهای ترکیبی ..... ۱۰۱
- طراحی چند نمونه مدار ترکیبی ..... ۱۰۱
- ۴-۲ مدارهای ترکیبی با کاربردهای ویژه ..... ۱۰۴
- جمع کننده ناقص H.A (Half Adder) ..... ۱۰۴
- جمع کننده کامل F.A (Full Adder) ..... ۱۰۵
- تفریق کننده ناقص H.S (Half Subtractor) ..... ۱۰۸
- تفریق کننده کامل F.S (Full Subtractor) ..... ۱۰۸
- مقایسه کننده یک بیتی ..... ۱۱۰
- ۴-۳ انواع کدها ..... ۱۱۱
- مقایسه انواع کد با کد BCD ..... ۱۱۲
- ۴-۴ مبدل BCD به 7.S ..... ۱۱۲
- مبدل هگزادسی مال به 7.S ..... ۱۱۳
- ۴-۵ الگوی پرسش ..... ۱۱۴
- ۴-۶ مدارهای رمزگشا ..... ۱۱۶
- ۴-۷ مدارهای رمز گذار (Encoder) ..... ۱۱۹
- ۴-۸ مدارهای متمرکز کننده یا تسهیم کننده ..... ۱۲۳
- ۴-۹ الگوی پرسش ..... ۱۲۹
- ۴-۱۰ کار با نرم افزار ..... ۱۳۰

## فصل پنجم مدارهای ترتیبی - فلیپ فلاپ‌ها

- پیش گفتار ..... ۱۳۲
- ۵-۱- فلیپ فلاپ‌ها ..... ۱۳۲
- ۵-۲- فلیپ فلاپ RS ..... ۱۳۲
- فلیپ فلاپ RS حافظه ..... ۱۳۲
- مدار الکترونیکی فلیپ فلاپ RS ..... ۱۳۳
- فلیپ فلاپ RS با استفاده از گیت NOR ..... ۱۳۴
- فلیپ فلاپ RS با استفاده از گیت NAND ..... ۱۳۵
- فلیپ فلاپ SR ساعتی ..... ۱۳۷
- ۵-۳- تقسیم‌بندی فلیپ فلاپ‌ها بر اساس پالس ساعت ..... ۱۳۸
- ۵-۴- الگوی پرسش ..... ۱۳۹
- ۵-۵- فلیپ فلاپ J-K ..... ۱۴۰
- عیب فلیپ فلاپ J-K ..... ۱۴۱
- فلیپ فلاپ JK-MS ..... ۱۴۲
- عملکرد ورودی‌های پیش تنظیم Clr و Prl ..... ۱۴۵
- تراشه ۷۴LS۷۶ ..... ۱۴۶
- ۵-۶- فلیپ فلاپ نوع D ..... ۱۴۶
- ۵-۷- فلیپ فلاپ نوع T (کلیدی یا Toggle) ..... ۱۴۷
- ۵-۸- الگوی پرسش ..... ۱۴۹
- ۵-۹- کار با نرم افزار ..... ۱۵۱

## فصل ششم شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها

- پیش گفتار ..... ۱۵۳
- ۶-۱- شیفت رجیسترها و شمارنده‌ها ..... ۱۵۳
- انواع شیفت رجیستر ..... ۱۵۴
- انتقال اطلاعات در شیفت رجیستر ..... ۱۵۵
- شیفت رجیستر سری-سری یا متوالی-متوالی ..... ۱۵۷
- شیفت رجیستر ورودی سری خروجی موازی (سری - موازی) ..... ۱۶۱
- شیفت رجیستر ورودی موازی خروجی سری (موازی - سری) ..... ۱۶۲
- شیفت رجیستر ورودی موازی-خروجی موازی (موازی - موازی) ..... ۱۶۳
- ۶-۲- شیفت رجیستر چپ رو راست ..... ۱۶۴
- ۶-۳- الگوی پرسش ..... ۱۶۷
- ۶-۴- شمارنده‌ها ..... ۱۷۰
- انواع شمارنده‌ها ..... ۱۷۰
- شمارنده آسنکرون ..... ۱۷۰
- شمارنده سنکرون (هم زمان) ..... ۱۷۱
- شمارنده آسنکرون صعودی (Up Counter) ..... ۱۷۲
- شمارنده آسنکرون نزولی (Down Counter) ..... ۱۷۳
- شمارنده آسنکرون ددهی BCD (Binary Coded Decimal) ..... ۱۷۵
- شمارنده سنکرون صعودی ..... ۱۷۶
- شمارنده صعودی-نزولی (Up/Down Counter) ..... ۱۷۷
- شمارنده حلقوی (Ring Counter) یا دایره‌ای ..... ۱۷۸
- شمارنده جانسون (Johnson Counter) ..... ۱۸۱
- بلوک دیاگرام یک ساعت دیجیتالی ..... ۱۸۲
- ۶-۵- الگوی پرسش ..... ۱۸۴
- ۶-۶- کار با نرم افزار ..... ۱۸۶

## فصل هفتم مدارهای منطقی پیشرفته

- پیش گفتار ..... ۱۸۸
- ۷-۱- تراشه FPGA ..... ۱۸۸
- ۷-۲- شمارنده قابل برنامه‌ریزی ..... ۱۹۰
- ۷-۳- واحد محاسبه‌گر ..... ۱۹۱
- ۷-۴- مبدل دیجیتال به آنالوگ D/A ..... ۱۹۲
- ۷-۵- مبدل آنالوگ به دیجیتال A/D ..... ۱۹۴
- گام ولتاژ ..... ۱۹۴
- مدار الکترونیکی مبدل A/D ..... ۹۴
- ۷-۶- بررسی انواع آی‌سی‌های حافظه ..... ۱۹۷
- تعریف حافظه و بیت (Bit) ..... ۱۹۷
- بایت (Byte) ..... ۱۹۷
- کلمه (Word) ..... ۱۹۸
- ظرفیت حافظه ..... ۱۹۸
- ارتباط بین حافظه‌ها و مدارهای خارجی ..... ۱۹۸
- ورودی ..... ۱۹۸
- خروجی ..... ۱۹۸
- آدرس ..... ۱۹۸
- خطوط کنترلی ..... ۱۹۹
- ۷-۷- انواع حافظه ..... ۱۹۹
- حافظه با دست‌یابی تصادفی یا RAM ..... ۱۹۹
- RAM استاتیک ..... ۲۰۰
- RAM دینامیک ..... ۲۰۱
- حافظه فقط خواندنی ..... ۲۰۱
- انواع ROM ..... ۲۰۲
- PROM (Programmable ROM) ..... ۲۰۲
- EPROM (Erasable PROM) ..... ۲۰۲
- EEPROM ..... ۲۰۲
- ۷-۸- میکروپروسسور CPU ..... ۲۰۲
- ۷-۹- میکروکنترلر ..... ۲۰۳
- ۷-۱۰- مینیم سیستم و مقایسه آن با میکروکنترلر ..... ۲۰۵
- ۷-۱۱- الگوی پرسش ..... ۲۰۶
- ۷-۱۲- کار با نرم افزار ..... ۲۰۷

هدف کلی درس

طراحی مدارهای ساده دیجیتالی