



دانشگاه سیام نور

آزمایشگاه مدار منطقی

فاطمه عمرانی دکتر هادی محمدی

دکتر نسرين طاهرخانی

امروز کتابخوانی و علم‌آموزی نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.^۱

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتابخوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه مطالعه هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین سوره‌ای که بر آن فرستاده عظیم‌الشأن خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد

1. <https://farsi.khamenei.ir/message-content?id=2696>

شده است: «إِقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده اند.

دانشگاه پیام نور با گستره جغرافیایی ایران شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه جا و همه وقت، به عنوان دانشگاهی کتاب محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره گیری از تجربه های گرانقدر استادان و صاحب نظران برجسته کشورمان، کتاب ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه مهم و خطیر یاری رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه خطیر یاری می رسانند، سپاسگزاری می نمایم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام نور را منزلگاه اندیشه سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام نور

فهرست مطالب

پیشگفتار	یازده
فصل اول: آشنایی با تجهیزات آزمایشگاه مدار منطقی	۱
هدف کلی	۱
هدف‌های یادگیری	۱
مقدمه	۱
۱-۱ برد آموزشی آزمایشگاه مدار منطقی	۲
۲-۱ برد برد	۴
۳-۱ مدار مجتمع	۵
۴-۱ مولتی‌متر	۸
۵-۱ بردهای الکترونیکی دائمی	۹
۱-۵-۱ برد هزارسوراخ	۱۰
۲-۵-۱ برد مدار چاپی	۱۰
۶-۱ منبع تغذیه	۱۲
۷-۱ سیم برای سیم‌کشی مدارهای منطقی	۱۲
۸-۱ سیم‌چین و سیم‌لخت‌کن	۱۳
۹-۱ سایر قطعات	۱۳
۱۰-۱ گزارش کار آزمایشگاه	۱۵
خلاصه فصل اول	۱۶
خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل اول	۱۶
خودآزمایی عملی فصل اول	۱۷
فصل دوم: نرم‌افزار پروتئوس	۱۹
هدف کلی	۱۹
هدف‌های یادگیری	۱۹

۱۹	مقدمه
۲۰	۱-۲ انواع نرم افزارهای پیاده سازی مدار
۲۰	۲-۲ مقدمه ای بر پروتئوس
۲۱	۳-۲ معرفی اجزای محیط کاری پروتئوس
۲۴	۴-۲ ایجاد پروژه جدید در پروتئوس
۳۱	۵-۲ ابزارهای طراحی مدار
۳۱	۱-۵-۲ بخش COMPONENT
۳۱	۲-۵-۲ منبع تغذیه
۳۲	۳-۵-۲ تنظیم ویژگی های قطعه
۳۲	۴-۵-۲ سیم کشی مدار
۳۳	۵-۵-۲ اجرای شبیه ساز
۳۳	۶-۵-۲ ابزارهای تغییر چینش ظاهری مدار
۳۳	۷-۵-۲ ابزارهای بزرگنمایی
۳۴	۸-۵-۲ ابزار متن
۳۴	۹-۵-۲ افزودن تصویر به پروژه
۳۴	۱۰-۵-۲ ذخیره فایل پروژه
۳۷	خلاصه فصل دوم
۳۷	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل دوم
۳۸	خودآزمایی عملی فصل دوم
۳۹	فصل سوم: دروازه های منطقی
۳۹	هدف کلی
۳۹	هدف های یادگیری
۳۹	مقدمه
۴۰	۱-۳ مدار مجتمع دروازه های منطقی
۴۰	۲-۳ مدار داخلی دروازه های منطقی
۴۱	۱-۲-۳ مدار داخلی دروازه NOT
۴۵	۲-۲-۳ مدار داخلی دروازه AND
۴۶	۳-۲-۳ مدار داخلی دروازه OR
۴۹	۳-۳ پیاده سازی مدارهای منطقی با دروازه های پایه
۴۹	۱-۳-۳ پیاده سازی شکل غیراستاندارد تابع بولی با دروازه های پایه
۵۰	۲-۳-۳ پیاده سازی شکل استاندارد تابع بولی با دروازه های پایه
۵۵	خلاصه فصل سوم
۵۵	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل سوم
۵۶	خودآزمایی عملی فصل سوم

۵۷	فصل چهارم: ساده‌سازی تابع و پیاده‌سازی با دروازه‌های NAND و NOR
۵۷	هدف کلی
۵۷	هدف‌های یادگیری
۵۷	مقدمه
۵۸	۱-۴ ساده‌سازی توابع منطقی
۵۸	۲-۴ ساده‌سازی توابع منطقی با جدول کارنو
۶۱	۳-۴ پیاده‌سازی تابع با دروازه‌های NAND و NOR
۶۲	۱-۳-۴ پیاده‌سازی توابع منطقی با دروازه NAND
۶۵	۲-۳-۴ پیاده‌سازی توابع منطقی با دروازه NOR
۶۹	خلاصه فصل چهارم
۶۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل چهارم
۷۰	خودآزمایی عملی فصل چهارم
۷۱	فصل پنجم: مدارهای ترکیبی
۷۱	هدف کلی
۷۱	هدف‌های یادگیری
۷۲	مقدمه
۷۲	۱-۵ مدارهای ترکیبی
۷۴	۲-۵ مدار نیم جمع‌کننده
۷۵	۳-۵ مدار تمام جمع‌کننده
۷۸	۴-۵ طراحی مدارها در حالت Sub Circuite Mode
۸۲	۵-۵ مدار نیم تفریق‌کننده
۸۴	۶-۵ مدار تمام تفریق‌کننده
۸۶	۷-۵ مدار ضرب‌کننده دو بیتی
۸۸	۸-۵ مدار BCD TO 7-SEGMENT
۹۱	۹-۵ مدار مقایسه‌گر
۹۱	۱-۹-۵ مدار مقایسه‌گر یک بیتی
۹۲	۲-۹-۵ مدار مقایسه‌گر دو بیتی
۹۵	۱۰-۵ مدار جمع‌کننده BCD
۹۹	خلاصه فصل پنجم
۹۹	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل پنجم
۱۰۰	خودآزمایی تشریحی فصل پنجم
۱۰۱	فصل ششم: مدارهای ترکیبی پیمانه‌ای
۱۰۱	هدف کلی
۱۰۱	هدف‌های یادگیری
۱۰۲	مقدمه

۱۰۲	۱-۶ مدار دیکدر (رمزگشا)
۱۰۵	۲-۶ استفاده از دیکدر در طراحی مدارهای منطقی
۱۰۷	۳-۶ مدار انکدر (رمزگذار)
۱۰۸	۴-۶ مدار تسهیم کننده
۱۱۲	۵-۶ طراحی مدارهای منطقی با تسهیم کننده
۱۱۳	۶-۶ مدار دی مالتی پلکسر (توریع کننده)
۱۱۴	۷-۶ مدار واحد محاسبه و منطق
۱۱۸	خلاصه فصل ششم
۱۱۸	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل ششم
۱۱۹	خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۱۲۱	فصل هفتم: مدارهای ترتیبی و شمارنده ها
۱۲۱	هدف کلی
۱۲۱	هدف های یادگیری
۱۲۱	مقدمه
۱۲۲	۱-۷ مدارهای ترتیبی
۱۲۲	۲-۷ فلیپ فلاپ
۱۲۲	۳-۷ انواع فلیپ فلاپ
۱۲۳	۳-۷-۱ فلیپ فلاپ SR
۱۲۴	۳-۷-۲ فلیپ فلاپ D
۱۲۶	۳-۷-۳ فلیپ فلاپ JK
۱۲۷	۳-۷-۴ فلیپ فلاپ T
۱۲۸	۴-۷ شمارنده ها
۱۲۸	۵-۷ انواع شمارنده
۱۲۹	۶-۷ طراحی شمارنده
۱۳۲	۷-۷ طراحی فلیپ فلاپ JK با فلیپ فلاپ D
۱۳۴	خلاصه فصل هفتم
۱۳۴	خودآزمایی چهارگزینه ای فصل هفتم
۱۳۵	خودآزمایی عملی فصل هفتم
۱۳۷	فصل هشتم: ثبات های انتقالی
۱۳۷	هدف کلی
۱۳۷	هدف های یادگیری
۱۳۷	مقدمه
۱۳۸	۱-۸ ثبات های انتقالی
۱۳۸	۲-۸ انواع مدهای کاری ثبات های انتقالی
۱۳۹	۳-۸ پیاده سازی ثبات های انتقالی

۱۴۱	۴-۸ تراشه‌های ثابت‌های انتقالی
۱۴۳	خلاصه فصل هشتم
۱۴۳	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل هشتم
۱۴۴	خودآزمایی عملی فصل هشتم
۱۴۵	فصل نهم: زبان VHDL
۱۴۵	هدف کلی
۱۴۵	هدف‌های یادگیری
۱۴۶	مقدمه
۱۴۶	۹-۱ معرفی VHDL
۱۴۷	۹-۲ تراشه‌های FPGA
۱۴۸	۹-۳ آشنایی با ساختار VHDL
۱۴۸	۹-۴ نوع‌های داده در VHDL
۱۵۱	۹-۵ انواع روش‌های مدل‌سازی در VHDL
۱۵۱	۹-۵-۱ مدل‌سازی با روش جریان داده
۱۵۱	۹-۵-۲ مدل‌سازی به روش رفتاری
۱۵۱	۹-۵-۳ مدل‌سازی با روش ساختاری
۱۵۱	۹-۶ انواع عملگرها در VHDL
۱۵۲	۹-۶-۱ عملگرهای منطقی
۱۵۲	۹-۶-۲ عملگرهای مقایسه‌ای
۱۵۳	۹-۶-۳ عملگرهای محاسباتی
۱۵۴	۹-۶-۴ عملگرهای انتقال
۱۵۴	۹-۶-۵ عملگرهای انتساب
۱۵۵	۹-۷ ساختار کتابخانه، موجودیت و معماری
۱۵۵	۹-۷-۱ کتابخانه
۱۵۵	۹-۷-۲ موجودیت
۱۵۶	۹-۷-۳ معماری
۱۵۸	۹-۸ دستورات ترتیبی
۱۵۸	۹-۸-۱ عبارت‌های شرطی
۱۶۰	۹-۸-۲ حلقه‌ها
۱۶۱	۹-۸-۳ دستور EXIT
۱۶۲	۹-۸-۴ دستور ASSERT
۱۶۲	۹-۸-۵ دستور WAIT
۱۶۳	۹-۹ کامپوننت
۱۶۶	۹-۱۰ تست‌بنچ
۱۶۸	۹-۱۱ مثال‌های واقعی
۱۶۸	۹-۱۱-۱ طراحی نیم جمع‌کننده با زبان VHDL

۱۷۱	۹-۱۱-۲ طراحی تمام جمع کننده با زبان VHDL
۱۷۱	خلاصه فصل نهم
۱۷۲	خودآزمایی چهارگزینه‌ای فصل نهم
۱۷۲	خودآزمایی تشریحی فصل نهم
۱۷۳	پاسخنامه خودآزمایی چهارگزینه‌ای
۱۷۵	لغت‌نامه فارسی به انگلیسی
۱۷۷	منابع

پیشگفتار

یکی از درس‌های بسیار مهم مقطع کاردانی و کارشناسی گرایش‌های مختلف رشته کامپیوتر، درس مدار منطقی است. این درس کاملاً تئوری است، در حالی که جنبه عملی آن بسیار اهمیت دارد. به همین دلیل در کنار این درس تئوری، آزمایشگاه این درس هم در سرفصل درسی قرار داده شده است. برای اجرای آزمایشگاه این درس نیاز به تجهیزات سخت‌افزاری آزمایشگاهی است که اکثر دانشگاه‌هایی که این درس را ارائه می‌دهند، این تجهیزات را دارا هستند. اما بسیاری از این تجهیزات در دانشگاه‌های مختلف یا قدیمی هستند و یا اشکالاتی دارند که به خوبی کار نمی‌کنند. ضعف سخت‌افزاری در این تجهیزات در ما انگیزه‌ای ایجاد نمود تا کتابی تدوین کنیم که بتوان در محیط شبیه‌ساز و بدون استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی این درس، مفاهیم آن را به شکل عملی منتقل کرد که حاصل کار کتابی است که مشاهده می‌کنید. علاوه بر این کتاب حاضر شیوه بسیار مناسبی برای تدریس و یادگیری مجازی درس آزمایشگاه مدار منطقی است.

کتاب حاضر به خوانندگان کمک می‌کند تا با بهره‌گیری از شبیه‌ساز پروتئوس، مدارات مختلف دیجیتال را طبق سرفصل دانشگاهی درس آزمایشگاه مدار منطقی پیاده‌سازی کنند و عملکرد آن‌ها را در محیط شبیه‌ساز مشاهده کنند.

تمام مثال‌های این کتاب به شکل عملی در محیط پروتئوس پیاده‌سازی شده است و تنها ابزار مورد نیاز برای یادگیری آموزش‌های این کتاب یک کامپیوتر با سخت‌افزار بسیار ساده و نرم‌افزار پروتئوس می‌باشد و با همین امکانات جزئی می‌توان بدون دسترسی به آزمایشگاه مجهز، مدارات مختلف دیجیتال را پیاده‌سازی و آزمون کرد.

در پایان از خوانندگان عزیز خواهشمندیم، در صورت داشتن پیشنهاد یا انتقادی نسبت به این کتاب آن را از طریق ایمیل f.omrani@pnu.ac.ir در میان گذارند.

نویسندگان

فصل اول

آشنایی با تجهیزات آزمایشگاه مدار منطقی

هدف کلی

آشنایی با ابزارها و قطعات موجود در آزمایشگاه مدار منطقی.

هدف‌های یادگیری

با مطالعه این فصل انتظار می‌رود دانشجو بتواند:

۱. مفهوم برد آموزشی مدار منطقی را بشناسد.
۲. ابزارهای آزمایشگاهی تولید مدارات منطقی را بشناسد.
۳. نحوه تهیه گزارش کار آزمایشگاه مدار منطقی را بداند.

مقدمه

برای یادگیری بهتر برخی از دروس دانشگاه، در کنار خود درس، درس آزمایشگاه آن نیز قرار داده می‌شود تا دانشجویان با مفاهیم عملی درس، بهتر آشنا شوند. یکی از این دروس که در رشته کامپیوتر از اهمیت بالایی برخوردار است، درس آزمایشگاه مدار منطقی است. برای یادگیری این درس، دانشجو باید ابتدا با ابزارها و تجهیزات مختلف لازم برای پیاده‌سازی مدارات منطقی آشنا شود. به همین دلیل در فصل ابتدایی این کتاب به معرفی این ابزارها و تشریح روش کار آن‌ها پرداخته شده است.

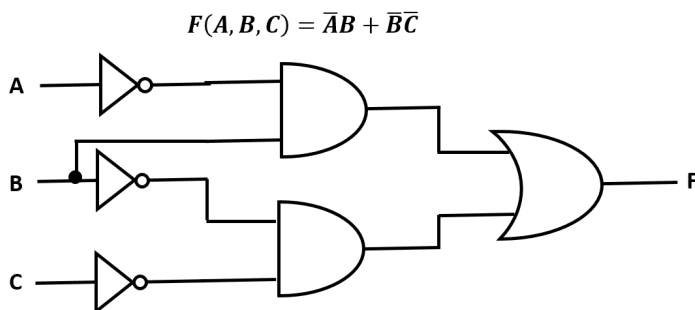
۱-۱ برد آموزشی آزمایشگاه مدار منطقی

در همه دانشگاه‌هایی که درس آزمایشگاه مدار منطقی را ارائه می‌دهند. آزمایشگاهی برای تشکیل کلاس این درس وجود دارد که تجهیزات مورد نیاز در این کلاس قرار داده می‌شود. مهم‌ترین ابزار این درس برد آموزشی می‌باشد که دارای مدل‌ها و امکانات متنوعی است. از جمله امکانات این برد کار با آی‌سی، بستن مدارات منطقی، تست آی‌سی‌های منطقی، کار با شمارنده‌ها، کار با نمایشگر ۷ بخشی و... است. نمونه‌ای از این بردها در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱. برد آموزشی آزمایشگاه مدار منطقی

هر تابع منطقی را می‌توان با این برد پیاده‌سازی کرد. به عنوان مثال فرض کنید بخواهیم تابع نشان داده شده در شکل ۲-۱ را پیاده‌سازی کنیم.



شکل ۱-۲. نمونه‌ای از یک مدار سه ورودی

در قسمت پایین دستگاه ۸ کلید وجود دارد که برای ورودی استفاده می‌شود و در بالای برد هم ۸ لامپ ال ای دی وجود دارد که به عنوان خروجی استفاده می‌شود. شکل ۱-۲ همانطور که مشخص است، دارای سه ورودی و یک خروجی است. پس نیاز به سه کلید برای ورودی‌ها و یک لامپ برای خروجی است. تعداد سه رشته سیم برای اتصال به کلیدهای ورودی لازم است، که باید وارد حفره‌های کنار کلیدهای ورودی شود. و باید با سیم چین طول سیم‌ها مناسب شود و در صورتی که نیاز به لخت کردن داشت، باید ابتدا و انتهای سیم‌ها نیز لخت شود. پس از آن باید طبق تقدم به ترتیب عملیات NOT، AND و OR انجام شود. پس سیم‌هایی که یک سر آن‌ها درون کلیدهای ورودی است، سر دیگر آن‌ها وارد سه دروازه NOT شود و پس از آن خروجی دروازه NOT ای که ورودی آن به کلید A متصل است، از طریق سیمی با طول مناسب همراه با سیم متصل به کلید B وارد یک دروازه AND شود و خروجی دروازه NOT ای که ورودی آن به B متصل است همراه با خروجی NOT ای که ورودی آن به C متصل است، وارد یک دروازه AND دیگر شود و خروجی این AND و AND قبلی از طریق سیم‌کشی به عنوان ورودی وارد یک دروازه OR شود و خروجی دروازه OR به سیم خروجی که به لامپ ال ای دی متصل است، وصل شود. با انجام این مراحل مدار آماده آزمایش است و باید جدول درستی مدار مورد آزمایش قرار گیرد. جدول درستی مدار همانند شکل ۱-۳ است. هشت حالت ورودی که هر کدام یک مینترم^۱ است، از ترکیب کلیدهای ورودی ساخته می‌شود. بنابراین باید در مینترم‌های ۰، ۲، ۳ و ۴ لامپ خروجی روشن و در سایر مینترم‌ها خاموش باشد.

A	B	C	A'B	B'C'	F
0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0

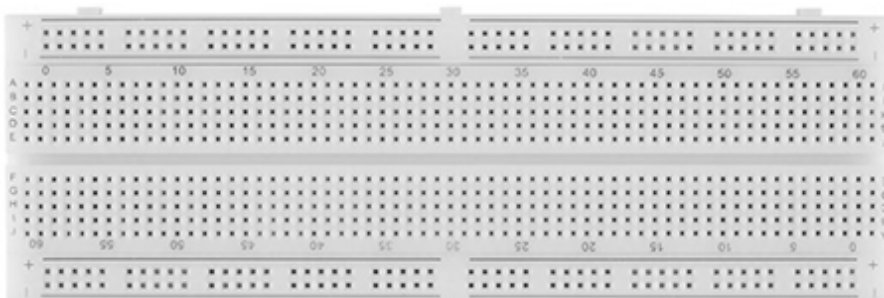
شکل ۳-۱. جدول درستی مدار شکل ۲-۱

۲-۱ برد برد

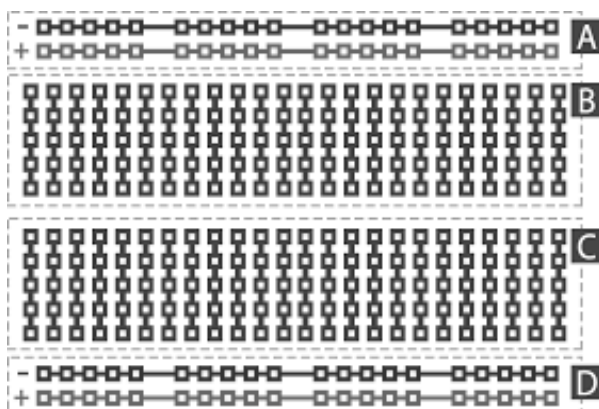
برد برد^۱ یک برد آموزشی برای پیاده‌سازی مدارهای منطقی به شکل موقت است. این برد امکان حذف و اضافه کردن قطعات مختلف مدار را به سادگی فراهم می‌کند و لذا انتخاب خوبی برای آموزش پیاده‌سازی مدارهای متنوع است. برد بوردهای موجود در بازار دارای شکل‌ها و اندازه‌های متنوعی هستند. لازم به ذکر است به این وسیله فیبر آزمایش، برد آزمایشی و یا تخته آزمایشی نیز گفته می‌شود. شکل ۴-۱ شکل ظاهری یک برد برد را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود این برد دارای حفره‌هایی است که طبق قانون مشخصی به هم متصل هستند. نحوه اتصال حفره‌ها در شکل ۵-۱ نشان داده شده است. اتصالات بخش‌های A و D شبیه به هم و بخش‌های B و C نیز شبیه به هم است. همان طور که مشاهده می‌شود در هر کدام از بخش‌های A و D دو ردیف افقی وجود دارد که تمام حفره‌های هر ردیف افقی به هم متصل هستند ولی دو ردیف بالا و پایین هیچ اتصالی با هم ندارند. از بخش‌های A و D معمولاً برای اتصال منبع تغذیه استفاده می‌شود و سمت مثبت منبع تغذیه به ردیف قرمز و سر منفی آن به ردیف آبی

۵ آشنایی با تجهیزات آزمایشگاه مدار منطقی

متصل می‌شود. در بخش‌های B و C تعدادی ردیف افقی وجود دارد که حفره‌های آن به شکل افقی با هم هیچ اتصال ندارند اما به شکل عمودی به هم متصل هستند.



شکل ۱-۴. برد برد



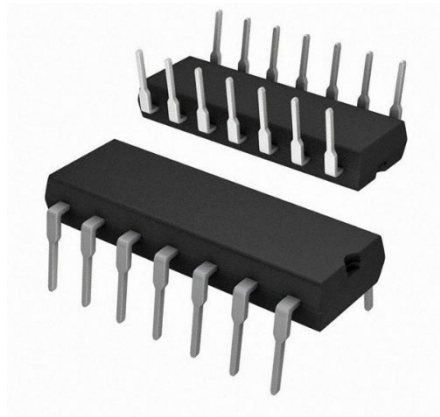
شکل ۱-۵. اتصالات برد برد

۱-۳ مدار مجتمع

مهمترین قطعه‌ای که در مدارهای منطقی یا دیجیتال مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدار مجتمع^۱ (آی سی) نام دارد. مدار مجتمع‌ها شامل دروازه‌های منطقی^۲ هستند و با توجه به شماره درج شده بر روی بدنه مدار مجتمع می‌توان تشخیص داد که هر مدار مجتمع شامل چه دروازه‌ای است (Hodges, Jackson, & Saleh, 2003). شکل ظاهری مدار مجتمع در شکل ۱-۶ نشان داده شده است.

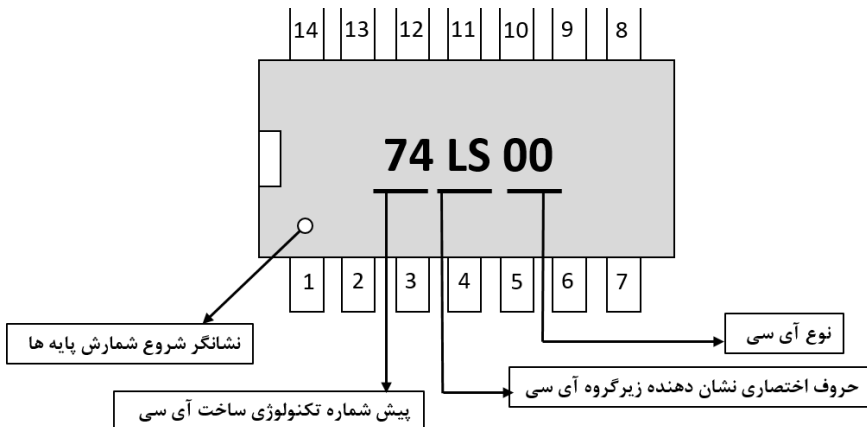
1. Integrated Circuite (IC)

2. Logic Gate



شکل ۱-۶. آی سی

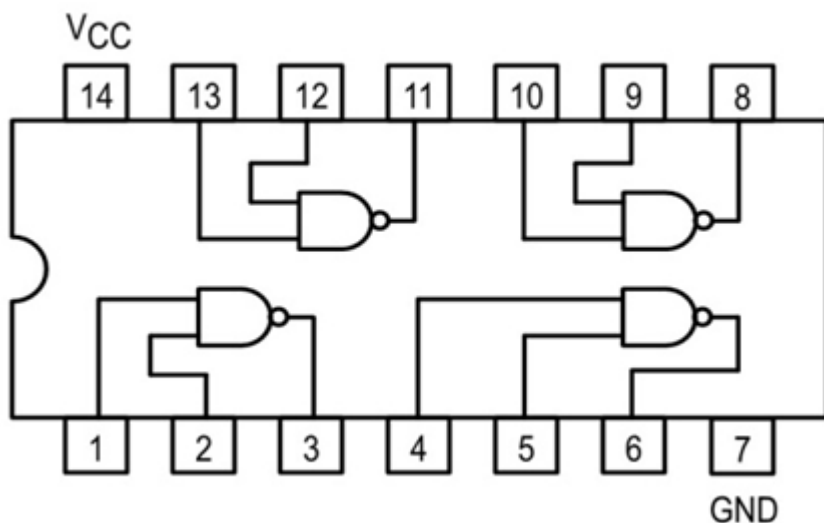
بر روی هر مدار مجتمع یک شناسه درج شده است که دارای سه بخش است که هر کدام از این بخش‌ها اطلاعاتی در مورد مدار مجتمع را مشخص می‌کنند (سیف، ۱۳۹۷). این سه بخش در شکل ۱-۷ نشان داده شده است. از سمت چپ بخش اول پیش شماره تکنولوژی ساخت مدار مجتمع است. بخش دوم حروف اختصاری نشان دهنده زیرگروه مدار مجتمع است و بخش سوم نوع مدار مجتمع است.



شکل ۱-۷. شناسه درج شده بر روی بدنه مدار مجتمع

برای اطلاع از عملکرد مدار مجتمع و نقش هر یک از پایه‌های مدار مجتمع باید شناسه مدار مجتمع را در دفترچه راهنما مدار مجتمع‌ها که در آزمایشگاه موجود است،

جستجو کرد. اما می‌توان شناسه را با موتورهای جستجو مثل گوگل نیز جستجو نمود و برگه اطلاعات مدار مجتمع^۱ را از سایت‌های معتبر^۲ دانلود کرد. به عنوان مثال اگر همان مدار مجتمع شکل ۷-۱ با شناسه 74LS00 را در گوگل جستجو شود و برگه اطلاعات آن دانلود شود، می‌توان در اطلاعات آن نقش پایه‌ها را همانند شکل ۸-۱ مشاهده کرد. همانطور که در شکل مشخص است این مدار مجتمع حاوی ۴ دروازه NAND است که ورودی‌ها و خروجی‌های این چهار دروازه نیز روی شکل مشخص است. لازم به ذکر است که در تمام مدار مجتمع‌های ۱۴ پایه شبیه به این مدار مجتمع، پایه ۷ و ۱۴ به ترتیب سر مثبت و سر منفی منبع تغذیه مدار مجتمع هستند که به اختصار با VCC و GND نشان داده می‌شود.



شکل ۸-۱ اطلاعات پایه‌های مدار مجتمع 74LS00

در این کتاب بیشتر از مدار مجتمع‌های پایه برای پیاده‌سازی مدارهای دیجیتال استفاده شده است لذا اسامی این مدار مجتمع‌ها همراه با کارکرد آن‌ها در جدول ۱-۱ خلاصه شده است. سایر مدار مجتمع‌ها در قسمتی که از آن‌ها استفاده خواهد شد، معرفی می‌شوند.

1. IC Data Sheet

2. <https://datasheetspdf.com>

جدول ۱-۱. شماره مدار مجتمع‌های پایه

شماره مدار مجتمع	توصیف	تعداد ورودی
7408	AND	2
7432	OR	2
7404	NOT	2
7402	NOR	2
7400	NAND	2
7486	XOR	2
747266	XNOR	2
4073	AND	3
4075	OR	3
4025	NOR	3
4023	NAND	3

۴-۱ مولتی‌متر

مولتی‌متر^۱ ابزاری برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف یک مدار منطقی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و ... است. شکل این ابزار شبیه به شکل ۱-۹ است. اجزای این دستگاه طبق شماره‌گذاری شکل به شرح زیر است:

۱. صفحه نمایش دستگاه که مقدار اندازه‌گیری شده را نمایش می‌دهد.

۲. دکمه روشن و خاموش کردن دستگاه است.

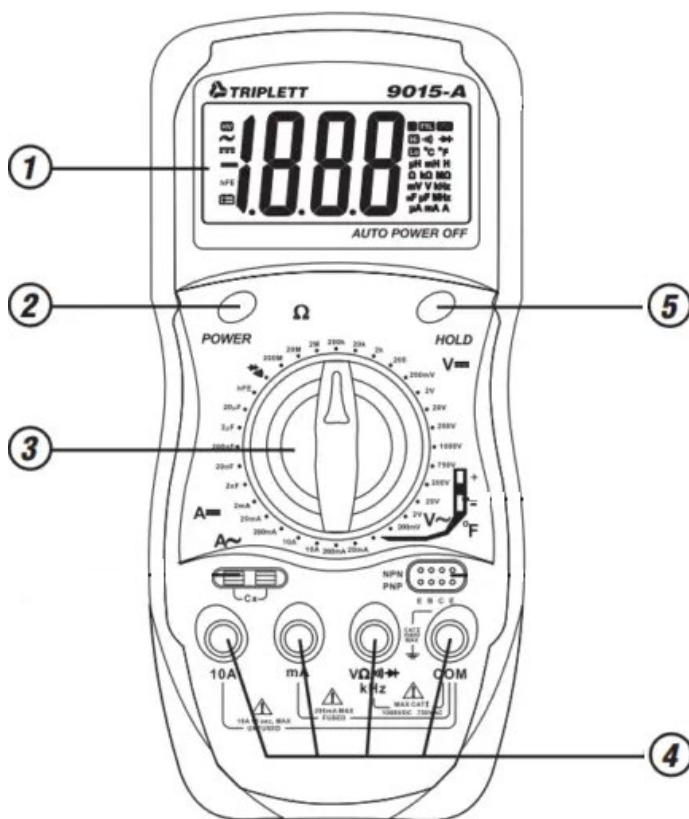
۳. انتخاب‌کننده^۲ است که از طریق چرخاندن آن مشخص می‌شود چه پارامتری قرار است سنجیده شود.

۴. ترمینال‌های ورودی پراب‌ها هستند که چهار ورودی در این قسمت وجود دارد که اولین ترمینال از سمت راست COM است که زمین مشترک مورد استفاده در تمام اندازه‌گیری‌ها است و پراب مشکی رنگ که سر منفی می‌باشد همیشه در این ترمینال قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری ولتاژ یا مقاومت باید پراب قرمز رنگ را در دومین ترمینال از سمت راست قرار دهیم. دو ترمینال بعدی به ترتیب از راست برای اندازه‌گیری جریان‌های کوچک و جریان‌های بزرگ هستند.

1. Multimeter
2. Selector

۹ آشنایی با تجهیزات آزمایشگاه مدار منطقی

۵. دکمه ثابت نگه داشتن عدد روی صفحه نمایش است تا با جدا شدن پراب‌ها عدد ثابت بماند و بتوان آن را یادداشت کرد.



شکل ۹-۱. مولتی متر

۵-۱ بردهای الکترونیکی دائمی

همانطور که در بخش (۱-۲) شرح داده شد، برد برد یک برد موقت برای پیاده‌سازی مدار است. برای ساخت مدارات واقعی از بردهای دیگری استفاده می‌شود که در ادامه معرفی می‌شوند.