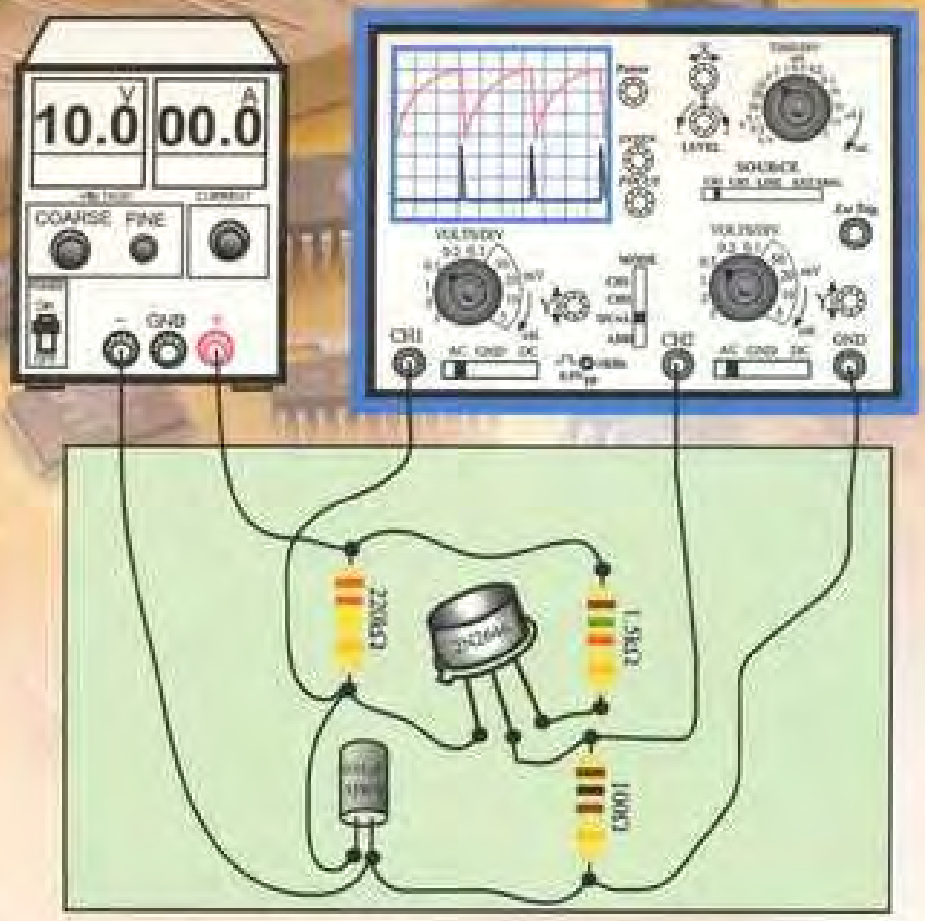
کاربرد قطعات درمدارهای الکترونیکی

(جلد دوم)

شاخه‌ی کاردانش(گروه تحصیلی برق)

رشته‌های مهارتی: تعمیر تلویزیون رنگی ، الکترونیک صنعتی ، کاربری کنترل‌کننده‌های منطقی (PLC) ، تعمیر ماشین‌های اداری و تعمیرعمومی کامپیوتر



بسم الله الرحمن الرحیم

کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی

(جلد دوم)

شاخه‌ی: کاردانش

زمینه‌ی: صنعت

گروه تحصیلی: برق

زیر گروه: الکترونیک

رشته‌های مهارتی، شماره‌ی رشته‌های مهارتی و کد رایانه‌ای رشته‌های مهارتی:

طبق فهرست صفحه‌ی آخر کتاب

نام استاندارد مهارتی مبنا: الکترونیک کار عمومی

کد استاندارد متولی: ۱۱/۵۱ـ۸ و ۷۴

شماره‌ی درس: نظری ۸۳۱۴/۵ و عملی ۸۳۱۵/۵

۶۲۱ /۳۸۱۵ ک۵۱۲ن/ ۱۳۸۴

نظریان، فتح اله

کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی (جلد دوم) /تألیف: فتح اله نظریان. ـ تهران: شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۴.

۱۱۴ ص.: مصور. ـ [شاخه‌ی کاردانش، شماره‌ی درس: نظری ۸۳۱۴/۵ و عملی ۸۳۱۵/۵]

متون درسی شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت، گروه تحصیلی برق، زیر گروه الکترونیک، رشته‌های مهارتی تعمیر تلویزیون رنگی، الکترونیک صنعتی، کاربری کنترل کننده‌های منطقی (PLC)، تعمیر ماشین‌های اداری و تعمیر عمومی کامپیوتر.

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش.

۱. مدارهای الکترونیکی. ۲. ابزار و وسایل الکترونیکی. الف. ایران. ب. عنوان.

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را درباره‌ی محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شماره‌ی ۱۵/۴۸۷۴ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایید.

پست الکترونیکی info@tvoccd.sch.ir

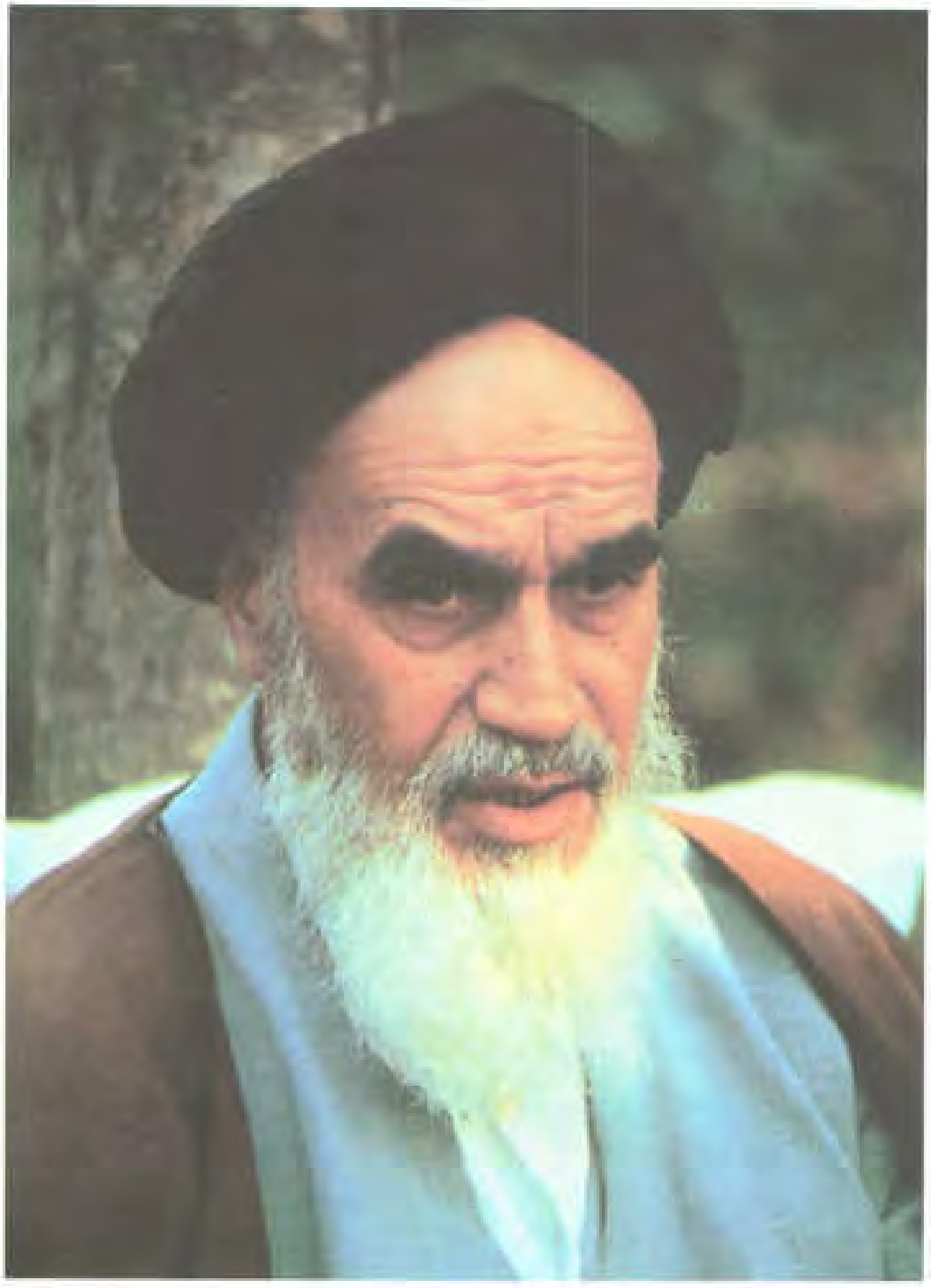
آدرس الکترونیکی www.tvoccd.sch.ir

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش
نام کتاب: کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی (جلد دوم) ـ ۶۰۵/۲
مؤلف: فتح‌الله نظریان
ویراستار فنی: مهندس سیدمحمود حسینی
ویراستار ادبی: ماهدخت حقیقی
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ: اداره‌ی کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی
رسام: فتح‌الله نظریان
صفحه‌آرا: اصغری عابدی
طراح جلد: علیرضا رضائی‌کار
نشر: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران وابسته به وزارت آموزش و پرورش: تهران ـ جاده‌ی مخصوص کرج ـ بعد از کیلومتر ۷ ـ ابتدای بزرگراه آزادگان به طرف جنوب، تلفن: ۹۵۲۲۲۴۲، دورنگار: ۴۵-۳۷۷۰، صندوق پستی: ۱۳۹۱۵/۳۷۹
چاپخانه: ترسیم
سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ دوم ۱۳۸۴

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۴-۱۲۲۱-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-1221-4



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 بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریزی تألیف «پودمان‌های مهارت» یا «کتاب‌های تخصصی شاخه‌ی کاردانش» بر مبنای استانداردهای کتاب «مجموعه برنامه‌های درسی رشته‌های مهارتی شاخه‌ی کاردانش» مجموعه تشنه» صورت گرفته است. براین اساس ابتدا توانایی‌های هم‌خانواده، (Harmonic Power) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. سپس مجموعه مهارت‌های هم‌خانواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسته‌بندی می‌شوند. در نهایت واحدهای کار هم خانواده با هم مجدداً دسته‌بندی شده و پودمان مهارتی (Module) را شکل می‌دهند.

دسته‌بندی «توانایی‌ها» و «واحدهای کار» توسط کمیسیون‌های تخصصی با یک نگرش علمی انجام شده است به گونه‌ای که یک سیستم پویا بر برنامه‌ریزی و تألیف پودمان‌های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشنایی هر چه بیشتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شاخه‌ی کاردانش و سایر علاقه‌مندان و دست‌اندرکاران آموزش‌های مهارتی با روش تدوین «پودمان‌های مهارت»، توصیه می‌شود الگوهای ارائه شده در نمون برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار گیرد. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن‌ها نیز تعیین می‌گردد. با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شاخه‌ی کاردانش» چاپ سپاری می‌شود.

به‌طور کلی هر استاندارد مهارت به تعدادی پودمان مهارت (M_1 و M_2 و ...) و هر پودمان نیز به تعدادی واحد کار (U_1 و U_2 و ...) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (P_1 و P_2 و ...) تقسیم می‌شوند. نمون برگ شماره (۱) برای دسته‌بندی توانایی‌ها به‌کار می‌رود. در این نمون برگ مشاهده می‌کنیم که در هر واحد کار چه نوع توانایی‌هایی وجود دارد. در نمون برگ شماره (۲) واحدهای کار مرتبط با پودمان و در نمون برگ شماره (۳) اطلاعات کامل مربوط به هر پودمان درج شده است. بدیهی است هنرآموزان و هنرجویان ارجمند شاخه کاردانش و کلیه عزیزانی که در امر توسعه آموزش‌های مهارتی فعالیت دارند، می‌توانند ما را در غنای کیفی پودمان‌ها که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پیشگفتار

حمد و ستایش پروردگاری را که جای جای هستی را با آیات و جلوه‌های خویش بیاراست، تا صاحبان خرد در آن اندیشه کنند.

هنرآموزان گرامی و فراگیران عزیز:

کتابی که اینک پیش رو دارید، یکی از کتاب‌های درسی نظام جدید آموزشی در شاخه‌ی کاردانش، زمینه‌ی صنعت می‌باشد که به کوشش شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش) تألیف و چاپ شده است. این شرکت در سال ۱۳۵۲ با هدف طراحی، تولید و تأمین تجهیزات آموزشی، کمک آموزشی، آزمایشگاهی و کارگاهی برای تمام مقاطع تحصیلی (از پیش‌دبستانی تا دانشگاه) تأسیس شده است. مهم‌ترین رسالت شرکت، حمایت و پشتیبانی همه جانبه از آموزش کشور می‌باشد. از این‌رو از آغاز تأسیس تاکنون همواره با بهره‌گیری از آخرین دستاوردها و فناوری‌های کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی اقدام به تولید بسیاری از تجهیزات آموزشی برای کلاس‌ها، آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌های مراکز آموزشی نموده است.

یکی دیگر از خدمات شرکت، همکاری با سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش برای تألیف و چاپ کتاب‌های درسی می‌باشد. در تألیف این کتاب پیشکسوتان و صاحب‌نظران آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و مهارتی در نهایت صمیمیت، شرکت را یاری داده‌اند تا کتابی آسان، روان و خودآموز تهیه و در اختیار فراگیران قرار داده شود. شیوه‌ی نگارش این کتاب منطبق با شیوه‌ی آموزش مهارت پودمانی (Modular) می‌باشد. این شیوه‌ی آموزش مهارت، هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای پیشرفته‌ی صنعتی در حال اجرا می‌باشد.

امید است مدیران محترم مراکز آموزشی با تمام توان در جهت اجرای هر چه بهتر این شیوه‌ی نوین آموزش مهارت همت گمارند تا بتوانیم به کلیه‌ی اهداف آموزشی کتاب جامه عمل بپوشانیم. با دستیابی به این اهداف آموزشی است که فراگیران عزیز می‌توانند در زمره صنعتگران خلاق و کارآفرین کشور عزیزمان قرار گیرند.

شرکت صنایع آموزشی
واحد تحقیقات و طرح و برنامه

مقدمه

از اواخر قرن بیستم تا به امروز دانش الکترونیک با سرعتی بسیار به پیش رفته است. امروزه همه‌ی مدارهای الکترونیکی به‌صورت مدارهای مجتمع یا IC ساخته می‌شوند. اگر شما یک اسباب‌بازی بسیار ساده را مورد بررسی قرار دهید می‌بینید که در آن مدارهای الکترونیکی به‌ویژه مدارهای مجتمع یا IC به‌کار رفته است. از طرف دیگر نرم‌افزارهای کامپیوتری، طراحی و استفاده از مدارهای الکترونیکی بسیار پیچیده را برای همه امکان‌پذیر ساخته است. هر کس می‌تواند با این نرم‌افزارها با سرعت زیاد، مدارهای بسیار پیچیده را طراحی و ظرف چند دقیقه برنامه را در یک IC خالی پر کند و بلافاصله مدار را مورد استفاده قرار دهد.

استفاده از این سیستم دارای مزایایی به شرح زیر است:

ابعاد مدار حتی فوق‌العاده کم می‌شود.

میزان انجام کاری کم می‌شود و در پاره‌ای موارد به صفر می‌رسد.

فضای مورد نیاز به حداقل می‌رسد.

توان مصرفی به پایین‌ترین اندازه می‌رسد.

هزینه‌ی طراحی و ساخت بسیار کاهش می‌یابد.

اما روند رشد روزافزون و شتابان دانش الکترونیک ما را از آموزش صحیح الکترونیک و مدارهای پایه‌ی الکترونیکی بی‌نیاز ساخته است. امروزه آموزش این اصول همچنان در همه جای دنیا رواج و تداوم دارد؛ زیرا الکترونیک را همواره باید از پایه آموخت و پایه‌ی آموزش الکترونیک، شناخت مدارهای پایه‌ی الکترونیکی است.

در یک رادیوی ترانزیستوری، شما مجموعه‌ای از مدارهای پایه‌ی الکترونیکی می‌بینید. این مدارها در شکل‌های گوناگون، قسمت‌های مختلف این وسیله‌ی الکترونیکی را می‌سازند. نوسان‌ساز، تقویت‌کننده، تقویت‌کننده‌ی قدرت، آشکارساز و بسیاری قطعات دیگر از مدارهای پایه‌ی الکترونیکی ساخته می‌شوند.

هدف کتاب «کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی» آموزش مدارهای پایه‌ی الکترونیکی و چگونگی کاربرد آن‌ها در ابزارهای الکترونیکی است. در این کتاب شما با پدیده‌های متنوعی از جهان الکترونیک آشنا می‌شوید و با آزمایش آن‌ها در هر مرحله، چگونگی کاربرد آن‌ها را تجربه می‌کنید. به این ترتیب دانش نظری خود را با عمل می‌آمیزید.

مؤلف

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل ششم ــ آی سی‌های تقویت‌کننده ۱
پیش‌آزمون (۶) ۲
نکات ایمنی (۶) ۳
۱ـ۶ـ اصول کار مدارهای مجتمع (IC) ۴
۲ـ۶ـ انواع ICها ۵
۳ـ۶ـ تقویت‌کننده عملیاتی (Op - Amp) ۶
۴ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان تقویت‌کننده معکوس‌کننده و غیرمعکوس‌کننده ۸
۵ـ۶ـ آزمایش شماره (۱) ۱۰
۶ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مدار جمع‌کننده و تفریق‌کننده ۱۵
۷ـ۶ـ آزمایش شماره (۲) ۱۶
۸ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مقایسه‌کننده ۱۹
۹ـ۶ـ آزمایش شماره (۳) ۱۹
۱۰ـ۶ـ کاربرد تقویت‌کننده عملیاتی در تنظیم‌کننده‌های ولتاژ ۲۲
۱۱ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مدارهای غیرخطی ۲۳
۱۲ـ۶ـ فیلترهای فعال با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی ۲۴
۱۳ـ۶ـ آزمایش شماره (۴) ۲۵
۱۴ـ۶ـ آزمون پایانی عملی (۶) ۳۱
۱۵ـ۶ـ پرسش و تمرین (۶) ۳۲

فصل هفتم ــ دیجیتال و کاربرد آن ۳۳
پیش‌آزمون (۷) ۳۴
نکات ایمنی (۷) ۳۶
۱ـ۷ـ سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال ۳۷
۲ـ۷ـ اصول کار مدارهای دیجیتال ۳۸
۳ـ۷ـ دروازه‌های منطقی پایه ۴۰
۴ـ۷ـ آزمایش شماره (۱) ۴۵
۵ـ۷ـ دروازه‌های منطقی ترکیبی ۵۱

۶ـ۷ـ آزمایش شماره (۲) ۵۶
۷ـ۷ـ دروازه‌های منطقی دیودی و ترانزیستوری ۶۲
۸ـ۷ـ آزمایش شماره (۳) ۶۵
۹ـ۷ـ جبر بول و ساده‌سازی توابع ۷۲
۱۰ـ۷ـ آزمایش شماره (۴) ۸۳
۱۱ـ۷ـ مدارهای ترکیبی ۸۷
۱۲ـ۷ـ آزمایش شماره (۵) ۹۲
۱۳ـ۷ـ مدار مقایسه‌کننده یک‌بیتی ۹۶
۱۴ـ۷ـ آزمایش شماره (۶) ۹۷
۱۵ـ۷ـ ساختمان داخلی دروازه‌های منطقی ۹۹
۱۶ـ۷ـ آزمایش شماره (۷) ۱۰۲
۱۷ـ۷ـ دروازه‌های منطقی با خروجی‌های سه‌حالته و کاربردهای آن ۱۰۴
۱۸ـ۷ـ آزمایش شماره (۸) ۱۰۶
۱۹ـ۷ـ آزمون پایانی عملی (۷) ۱۱۱
۲۰ـ۷ـ پرسش و تمرین (۷) ۱۱۲

پاسخ‌نامه سؤالات ۴ گزینه‌ای پیش‌آزمون ۱۱۳

منابع مورد استفاده ۱۱۴

هدف کلی بودمان

آموزش مدارهای پایه الکترونیک به منظور تسلط بر تعمیر مدارهای الکترونیکی

فصل	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	ساعات نظری	ساعات عملی	جمع
۱۵	۲۸	توانایی بررسی و عیب‌یابی مدار تنظیم‌کننده‌ی ولتاژ	۴	۶	۱۰
۱۶	۲۹	توانایی بررسی عیب‌یابی مدارهای فیدبک	۴	۸	۱۲
۱۷	۳۰	توانایی بررسی و عیب‌یابی اسیلاتورها	۸	۸	۱۶
۱۷	۳۱	توانایی بررسی مدار مولتی‌ویبراتور	۶	۱۰	۱۶
۱۸	۳۲	توانایی بررسی تیمه‌هادی‌های چندلایه	۱۰	۱۰	۲۰
۱۹	۳۳	توانایی بررسی و عیب‌های IC های تقویت‌کننده	۱۰	۱۰	۲۰
۲۰	۳۴	توانایی بررسی سیستم‌های دیجیتال و کاربرد آن‌ها	۱۵	۱۵	۳۰
–	–	جمع کل	۵۷	۶۷	۱۲۴

فصل ششم

آی سی‌های تقویت کننده

هدف کلی

آشنایی با مدارات مجتمع به منظور تسلط بر تحلیل مدارهای الکترونیکی شامل مدارات مجتمع و عیب یابی و تعمیر آن‌ها

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ مدار مجتمع (IC) را تعریف کند.
۲ـ مزایای (IC) را نسبت به مدار مجزا شرح دهد.
۳ـ تفاوت IC های خاص با IC های عمومی را بیان کند.
۴ـ تقویت کننده‌ی عملیاتی را تعریف کند.
۵ـ پایه‌های IC به شماره ۷۴۱ را رسم کند.
۶ـ کاربرد تقویت کننده‌ی عملیاتی به‌عنوان تقویت کننده‌ی معکوس‌کننده را شرح دهد.
۷ـ کاربرد تقویت کننده‌ی عملیاتی به‌عنوان تقویت کننده‌ی غیرمعکوس‌کننده را شرح دهد.
۸ـ یک تقویت کننده‌ی عملیاتی را به‌عنوان تقویت کننده‌ی بابهره دلخواه عملاً آزمایش کند.
۹ـ استفاده از یک Op-Amp به‌عنوان یک مدار جمع کننده را شرح دهد.
۱۰ـ استفاده از یک Op-Amp به‌عنوان یک مدار تفریق‌کننده را شرح دهد.
۱۱ـ با استفاده از یک تقویت کننده‌ی عملیاتی یک تقویت کننده‌ی تفاضلی را عملاً آزمایش کند.
۱۲ـ استفاده از یک Op-Amp به‌عنوان یک مدار مقایسه‌کننده را شرح دهد.
۱۳ـ یک تقویت کننده‌ی عملیاتی را به عنوان مقایسه‌کننده عملاً مورد آزمایش قرار دهد.
۱۴ـ کاربرد تقویت کننده‌ی عملیاتی در یک منبع تغذیه را شرح دهد.
۱۵ـ با استفاده از Op-Amp مدار یک دیود ایده‌آل را رسم کند.
۱۶ـ با استفاده از تقویت کننده‌ی عملیاتی یک فیلتر پایین گذر را رسم کند.
۱۷ـ با استفاده از تقویت کننده‌ی عملیاتی یک فیلتر بالاگذر را رسم کند.
۱۸ـ کاربرد یک تقویت کننده‌ی عملیاتی را به عنوان فیلتر بالاگذر و فیلتر پایین‌گذر عملاً آزمایش کند.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۱۰	۱۰	۲۰

پیش آزمون (۶)

۱ـ ساختمان داخلی یک SCR را رسم کنید.

۲ـ طرز کار یک SCR را توضیح دهید.

۳ـ موارد کاربرد عمومی و کلی یک SCR را نام ببرید.

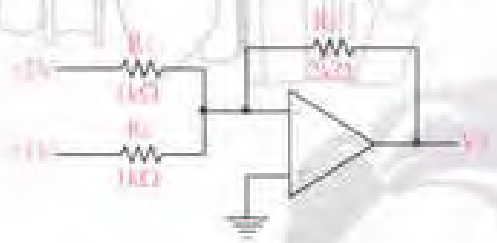
۴ـ تفاوت SCR با TRIAC را توضیح دهید.

۵ـ تفاوت SCR با دیود را شرح دهید.

۶ـ یک یکسوکننده‌ی تمام موج یک فازه رسم کنید و طرز کار آن را شرح دهید.

۷ـ یک تقویت کننده‌ی امپتر مشترک رسم کنید و طرز کار آن را توضیح دهید.

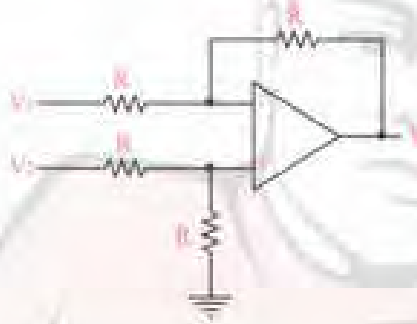
۸ـ در شکل مقابل V_0 چند ولت است؟



الف: □ ۲ ب: □ ۳

ج: □ ۴ د: □ ۶

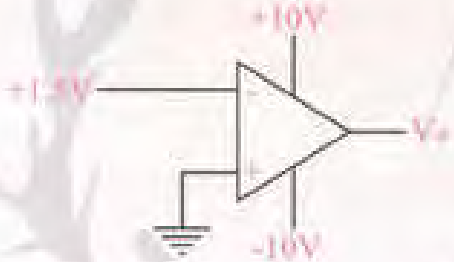
۹ـ رابطه‌ی V_0 در شکل مقابل کدام است؟



الف: □ $V_2 - V_1$ ب: □ $V_2 + V_1$

ج: □ $V_1 - V_2$ د: □ $-(V_2 + 0/5V_1)$

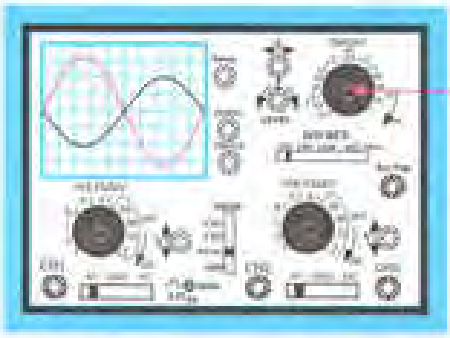
۱۰ـ در شکل مقابل V_0 تقریباً چند ولت است؟



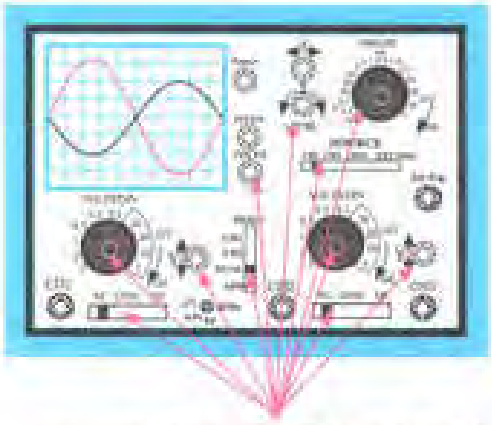
الف: □ ۹ ب: □ ۱۰

ج: □ ۹- د: □ ۱۰-

نکات ایمنی (۶)



۱ـ هنگام اندازه‌گیری زمان تناوب، توجه داشته باشید که ولوم Time Variable روی حالت Cal. قرار گیرد. برای این کار ولوم فوق را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید یا متناسب با دستورالعمل دستگاه تنظیم کنید.



۲ـ کلیدها و ولوم‌های اسیلوسکوپ را به‌آرامی تغییر دهید؛ زیرا این کلیدها نسبتاً ظریف هستند و زود خراب می‌شوند.

توجه: با احتیاط کلیدها و ولوم‌ها را تغییر دهید.

۳ـ از قرار دادن دستگاه‌های الکترونیکی مانند سیگنال ژنراتور، اسیلوسکوپ، منبع تغذیه و... زیر نور آفتاب و یا در مجاورت وسایل گرمازا خودداری کنید.

۴ـ هنگام جازدن و در آوردن IC‌ها داخل برد برد با سوکت دقت کنید که پایه‌های IC کج نشود.

قابل توجه همکاران ارجمند

با توجه به اینکه مدت اختصاص داده شده به‌کار عملی در این فصل محدود می‌باشد، توصیه می‌شود در هنرستان‌ها براساس هر آزمایش یک برد مدار چاپی آماده تهیه شود و در اختیار هنرجویان قرار گیرد تا هنرجویان بدون بستن تک‌تک اجزاء مدار بتوانند کلیه آزمایش‌ها را انجام دهند و نتیجه آن را مشاهده کنند.

۱ــ۶ــ اصول کار مدارهای مجتمع (IC)

در مدارهای داخلی قطعات ترکیبی، نیمه هادی‌هایی از قبیل دیود یا ترانزیستور در ابعادی به‌مراتب کوچک‌تر از ابعاد یک دیود یا ترانزیستور معمولی ساخته می‌شود. گاهی ابعاد یک ترانزیستور از نوک سوزن نیز کوچک‌تر است. از این رو برای دفع گرمای نیمه هادی‌ها، پایه‌گذاری و هم‌چنین لحیم کاری آن‌ها روی مدارهای چاپی و مسائلی از این قبیل معمولاً نیمه‌هادی‌های داخل قطعه ترکیبی از قبیل دیود یا ترانزیستور را به‌کمک مواد پلاستیکی و بعضاً با روپه فلزی به‌صورت بزرگ‌تر بسته‌بندی می‌کنند و آن را در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهند. در بسیاری از مدارهای الکترونیکی، توان تلف شده (گرمای ایجاد شده) در ترانزیستورها و یا دیگر قطعات قابل توجه نیست. با پیشرفت الکترونیک، امکان ساخت بسیاری از قطعات نیمه‌هادی، مقاومت‌های اهمی و خازن‌های با ظرفیت خیلی کم روی یک قطعه سیلیکون که ماده‌ی اصلی نیمه هادی‌های نوع P و N است وجود دارد. بعد از ساخت قطعات، اتصالات مربوطه را نیز روی همان قطعه سیلیکون می‌توان برقرار و سپس قطعه را بسته‌بندی کرد. به مدارهای الکترونیکی که به این صورت ساخته می‌شوند مدارات مجتمع یا IC (Integrated Circuits) می‌گویند، شکل(۱ــ۶).

شکل ۱ــ۶ــ نمونه‌هایی از مدارهای مجتمع (IC)

در یک مدار مجتمع تعداد زیادی ترانزیستور دیود و مقاومت جای می‌گیرد که سبب کم حجم‌تر شدن مدار و آسانی کاربری آن می‌شود.

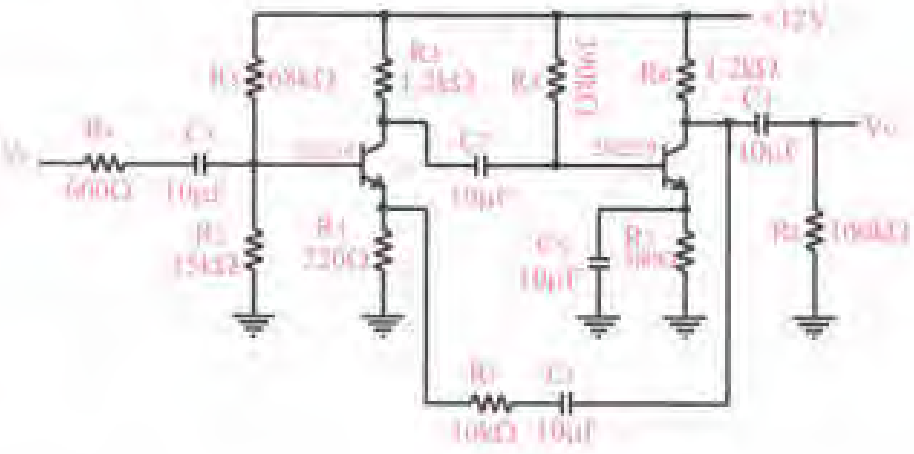
در شکل (۲ــ۶) یک نمونه مدار مجزا نشان داده است.

بعضی از مزایای ساخت مدارات الکترونیکی به‌صورت مدار مجتمع به شرح زیر می‌باشد:

ــ حجم مدار فوق‌العاده کم می‌شود

ــ میزان لحیم کاری به‌شدت کاهش می‌یابد

ــ از نظر قیمت مدارهای مجتمع نسبت به مدارهای مجزا فوق‌العاده ارزان‌تر تمام می‌شوند.



شکل ۲ــ۶ــ یک نمونه مدار مجزا

ـ عیب‌یابی مدارهایی که در آن‌ها IC به‌کار می‌رود بسیار آسان است.

ـ نوزدهمی ICها به مراتب کمتر از مدارهای مجزاست.

ـ ...

در شکل (۳ـ۶) یک نمونه مدار مجتمع IC نشان داده شده است.

در شکل (۴ـ۶) مدارات مجتمع با مدارهای مجزا با یک دیگر مقایسه شده‌اند.

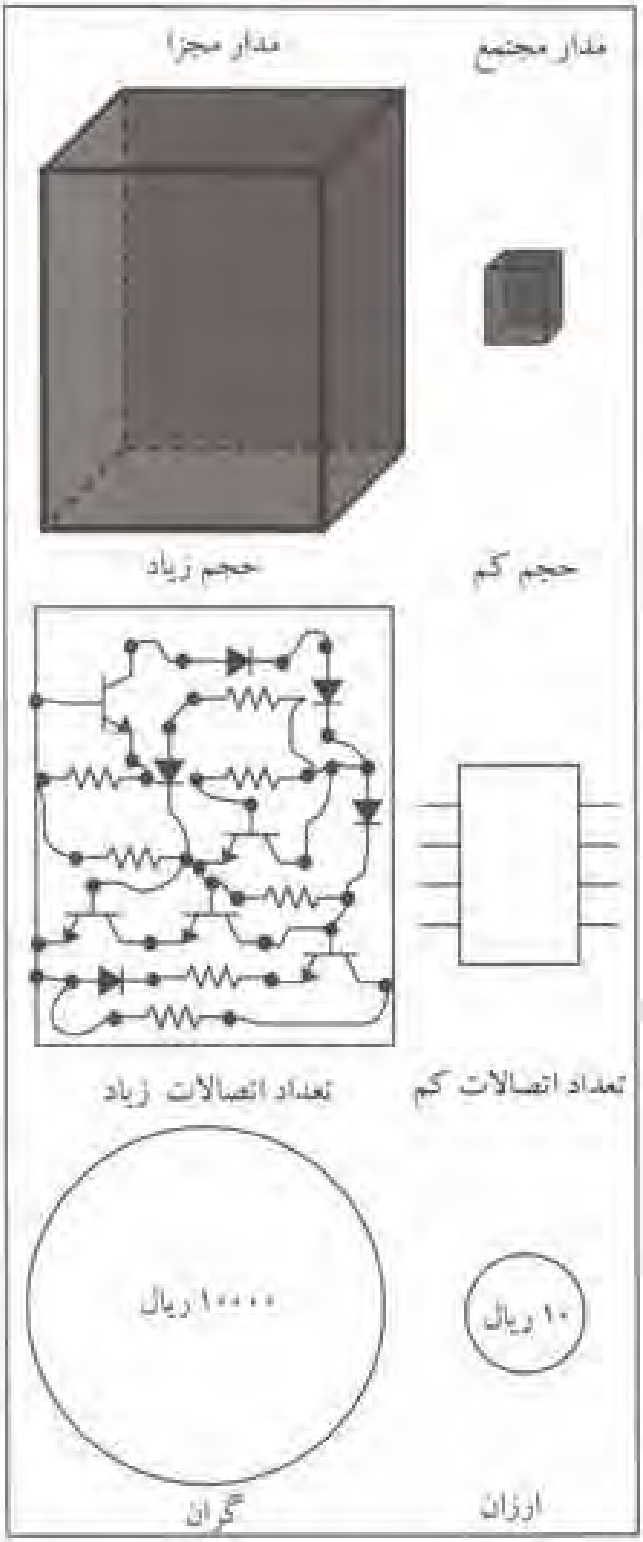
۲ـ۶ـ انواع IC ها

در یک نگاه کلی، ICها را می‌توان به دو دسته عمومی و خاص تقسیم‌بندی نمود. فرض کنید قسمتی از مدارهای الکترونیکی یک ماشین فتوکپی را کارخانه به‌صورت یک مدار مجتمع (IC) ساخته است. این IC با دیگر مدارهای الکترونیکی و با IC های دیگر در همان ماشین فتوکپی یک مدار الکترونیکی کامل تشکیل می‌دهد. این گونه ICها را ICهای خاص می‌نامند. به‌عنوان مثال ما نمی‌توانیم با استفاده از آن‌ها و حتی با اضافه کردن قطعات دیگری به آن مدار دلخواه را طراحی کنیم. ساخت این گونه ICها در مدارهای الکترونیکی تجهیزات پزشکی، دستگاه‌های اندازه‌گیری و موارد مشابه بسیار رایج است. معمولاً این گونه ICها مشابه ندارند و درصورت معیوب شدن، باید عیناً خود IC را از کارخانه سازنده تهیه و نسبت به تعویض آن اقدام نمود.

دسته دوم ICهایی هستند که کاربرد عمومی دارند و هر IC با توجه به مدار الکترونیکی به‌کار رفته در آن یک کار خاص را انجام می‌دهد. ما می‌توانیم به‌کمک این ICها مدارهای دلخواه را طراحی کنیم. مانند ICهای مربوط به تقویت‌کننده‌ها، تایمرها، مدارهای دیجیتالی و موارد مشابه.

این ICها توسط کارخانه‌های مختلف در نقاط مختلف دنیا حتی با یک شماره ساخته شده و به بازار عرضه می‌شوند. اگر مدار الکترونیکی این نوع ICها معیوب شوند به‌راحتی می‌توان یک نمونه از آن را تهیه و یا IC معیوب تعویض کرد. ICهایی که کاربرد عمومی دارند را با یک سری حروف و شماره مشخص می‌کنند و برای شناسایی آن‌ها کتاب‌های مرجعی منتشر شده است. با توجه به شماره اختصاص داده شده به IC می‌توان به کتاب مرجع مراجعه کرد و اطلاعاتی از قبیل، عملکرد IC، مشخصات پایه‌های IC، میزان ولتاژ تغذیه و کلیه پارامترهای الکتریکی آن را استخراج کرد.

شکل ۳ـ۶ـ مدار مجزای شکل (۴ـ۶) به‌صورت یک مدار مجتمع (IC) در یک قطعه بسیار کوچک ساخته شده است.

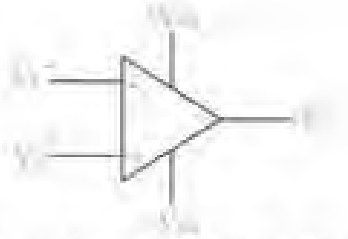


شکل ۴ـ۶ـ بارهای از مزایای IC بر قطعات مجزا

۳ـ۶ـ تقویت‌کننده عملیاتی (Op-Amp)

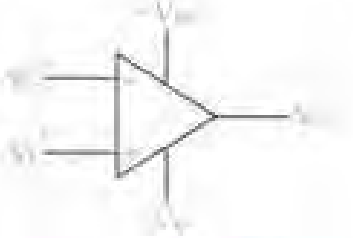
یکی از ICهایی که کاربرد عمومی دارد و در عمل در سطح گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد ICهای تقویت‌کننده‌ی عملیاتی است. با این نوع IC به سادگی می‌توان تعداد زیادی مدار الکترونیکی طراحی کرد.

نماد تقویت‌کننده‌ی عملیاتی در شکل (۵ـ۶) نشان داده شده است.



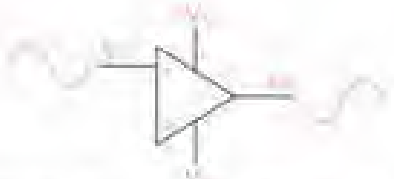
شکل ۵ـ۶ـ علامت قراردادی تقویت‌کننده عملیاتی

به‌طور کلی به هر مدار الکترونیکی یا IC یا تقویت‌کننده‌ای که مشخصات زیر را داشته باشد تقویت‌کننده‌ی عملیاتی یا Op-Amp* می‌گویند.

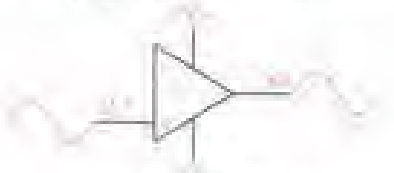


شکل ۶ـ۶

الف : دو پایه ورودی و یک پایه خروجی دارد و خروجی آن اختلاف سیگنال‌های ورودی را تقویت می‌کند. شکل (۶ـ۶)



الف - ورودی معکوس کننده - بین ورودی و خروجی ۱۸۰درجه اختلاف فاز ایجاد می‌شود.



ب - ورودی غیرمعکوس کننده - بین ورودی و خروجی اختلاف فاز صفر درجه ایجاد می‌شود.

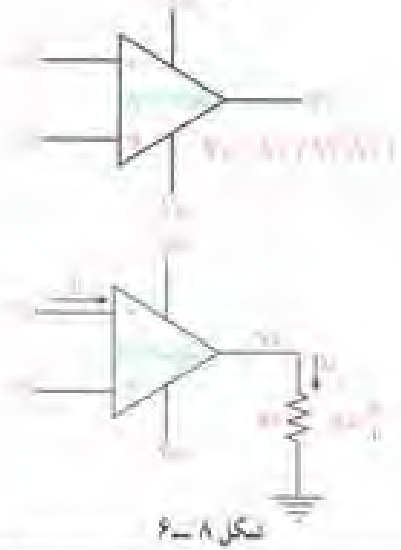
شکل ۷ـ۶

ب : یکی از ورودی‌ها معکوس‌کننده و دیگری غیرمعکوس کننده است. در این IC علامت منفی به معنی ورودی معکوس‌کننده و علامت مثبت به معنی ورودی غیرمعکوس‌کننده است. عملکرد این دو ورودی در شکل (۷ـ۶) نشان داده شده است.

ج : بهره‌ی ولتاژ تقویت کننده‌ی عملیاتی خیلی زیاد و در عمل معمولاً $A_V > 100000$ است. در تئوری گاهی A_V را برابر با ∞ درنظر می‌گیرند.

د : بهره جریان تقویت‌کننده عملیاتی خیلی زیاد و درعمل معمولاً $A_i > 500000$ است. شکل (۸ـ۶)

هـ : امپدانس ورودی آن خیلی زیاد و در عمل معمولاً $R_i > 1M\Omega$ است. در تئوری گاهی R_i را برابر با ∞ درنظر می‌گیرند.

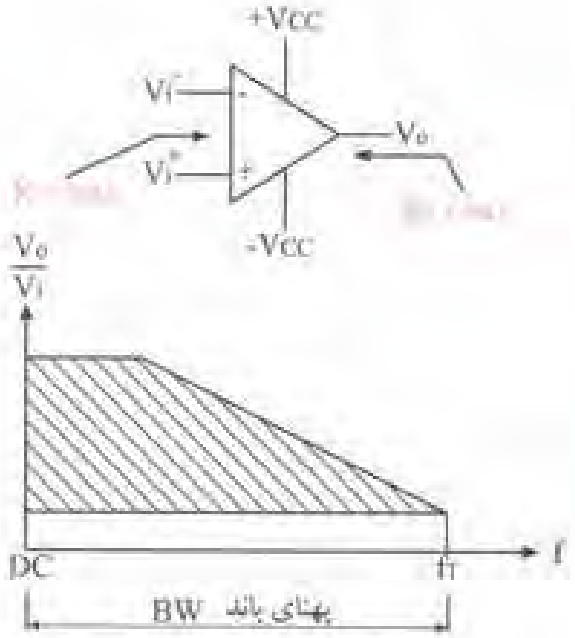


شکل ۸ ـ۶

و : امپدانس خروجی آن خیلی کم و درعمل معمولاً $R_o < 50\Omega$ است و در تئوری گاهی R_o را صفر درنظر می‌گیرند.

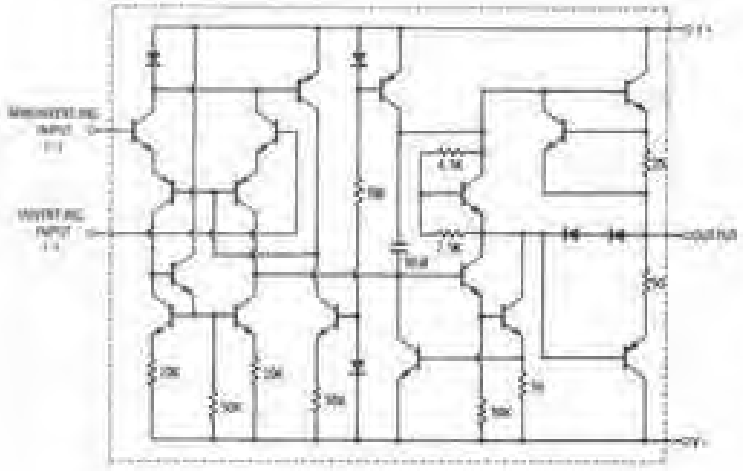
* Op-Amp=Operational Amplifier

ز : پهنای باند آن از DC شروع شده یا ولتاژ DC را تقویت می‌کند و تا یک فرکانس بنام فرکانس حد ادامه دارد. شکل (۹ـ۶).



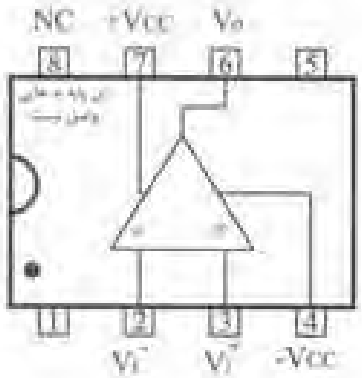
شکل ۹ـ۶

با استفاده از Op-Amp یا تقویت کننده عملیاتی می‌توانیم پهنای باند نسبتاً زیاد و مطلوبی داشته باشیم.



در شکل (۱۰ـ۶) مدار الکترونیکی یک تقویت کننده‌ی عملیاتی رایج با شماره UA۷۴۱ نشان داده‌شده است. این IC، ۸ پایه است و دو خط تغذیه $+V_{cc}$ ، $-V_{cc}$ دارد. حداکثر ولتاژ تغذیه این IC ±۲۲V و حداقل تغذیه آن برابر با ۶ ولت است. ولتاژ تغذیه ۶ ولت را می‌توان به‌صورت $-V_{cc}=-۳V$ و $+V_{cc}=+۳V$ یا $-V_{cc}=۰$ و $+V_{cc}=۶V$ به مدار اعمال کرد. به‌عبارت دیگر حداقل باید $V_{cc}^{+}-V_{cc}^{-}=۶V$ باشند.

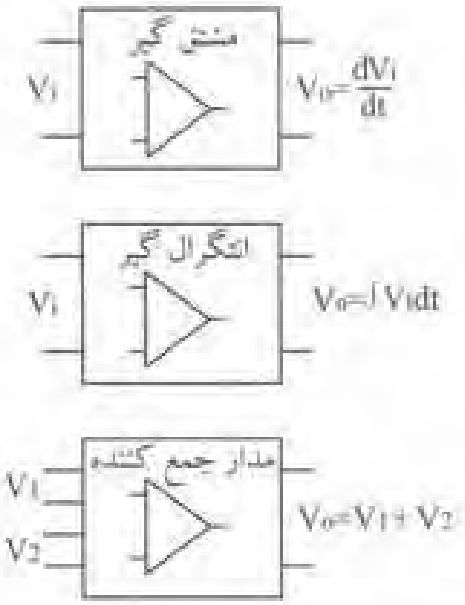
شکل ۱۰ـ۶ـ مدار الکترونیکی IC مدل ۷۴۱



در شکل (۱۱ـ۶) پایه‌های این IC در ارتباط با مدار داخلی آن نشان داده شده‌اند.

شکل ۱۱ـ۶

انتخاب نام تقویت‌کننده‌ی عملیاتی به این دلیل است که به‌کمک این IC می‌توان مدارهایی طراحی کرد که اعمال ریاضی مانند جمع، تفریق، لگاریتم، مشتق، انتگرال و سایر عملیات مربوط به مدارهای الکترونیکی را بر روی سیگنال‌های مختلف انجام دهد. شکل (۱۲ـ۶)

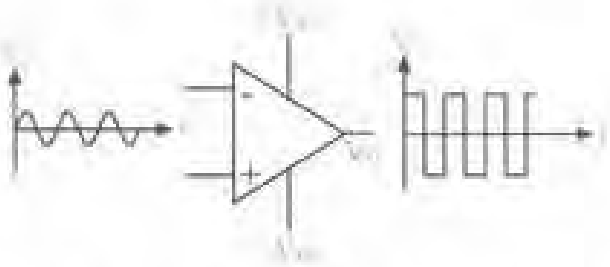


شکل ۱۲ـ۶ـ به کمک تقویت‌کننده عملیاتی می‌توان انواع اعمال ریاضی برروی سیگنال‌های الکتریکی انجام داد.

۴ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان تقویت‌کننده معکوس‌کننده و غیرمعکوس‌کننده

۱ـ۴ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده‌ی عملیاتی به‌عنوان تقویت‌کننده‌ی معکوس‌کننده:

همان‌طور که در قسمت قبل گفته شد بهره ولتاژ یک تقویت‌کننده عملیاتی بسیار زیاد و حداقل 10^4 است. به‌همین جهت اگر یک سیگنال با دامنه‌ی بسیار کوچک به یکی از ورودی‌ها اعمال کنیم دامنه‌ی خروجی بسیار بزرگ می‌شود، به‌نحوی که خروجی تقویت‌کننده به حالت اشباع می‌رود و V_o را تقریباً برابر با V_{cc} می‌کند شکل(۱۳ـ۶). بنابراین برای تقویت یک سیگنال نمی‌توان به‌طور مستقیم از تقویت‌کننده عملیاتی استفاده کرد.



شکل ۱۳ـ۶ـ با اعمال یک سیگنال بسیار کوچک ورودی تقویت‌کننده عملیاتی، خروجی V_o زیاد و تقویت‌کننده به اشباع می‌رود.

منظور از مدار معکوس کننده، ایجاد اختلاف فاز ۱۸۰ درجه است.

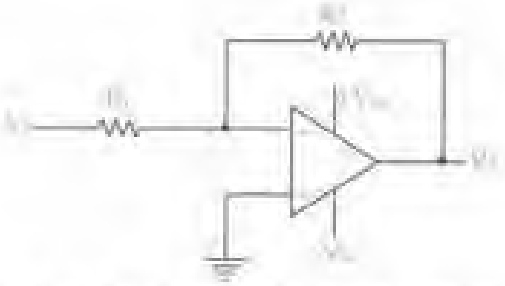
برای استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان تقویت‌کننده باید در مدار آن فیدبک منفی به‌کار ببریم. با این عمل بهره ولتاژ را می‌توان با دقت بسیار زیادی به کنترل درآورد. ضمن اینکه مشخصات تقویت‌کننده نیز بهبود خواهد یافت، شکل(۱۴ـ۶).

شکل ۱۴ـ۶ـ اگر بخواهیم از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان تقویت سیگنال استفاده کنیم، باید در آن فیدبک منفی به‌کار ببریم.

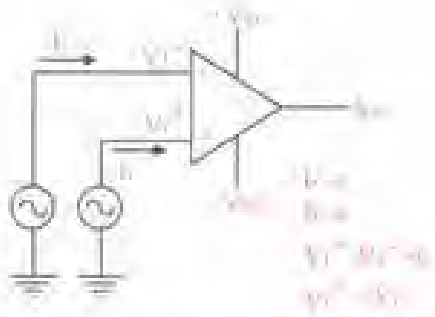
شکل (۱۵ـ۶) یک نمونه تقویت‌کننده عملیاتی را نشان می‌دهد که در آن فیدبک منفی به‌کار رفته است. قبل از محاسبه بهره ولتاژ، در تقویت‌کننده فیدبک شده دو نکته بسیار مهم زیر را در تحلیل مدارهای با فیدبک منفی رعایت کنید.

۱ـ چون امپدانس تقویت‌کننده عملیاتی خیلی زیاد است با تقریب می‌توانید جریان ورودی (I_i^+ یا I_i^-) را صفر درنظر بگیرید.

۲ـ ولتاژ خروجی از رابطه $V_o = A_v(V_i^+ - V_i^-)$ به‌دست می‌آید و از طرفی A_v خیلی بزرگ است لذا $(V_i^+ - V_i^-)$ باید به‌سمت صفر میل کند یا به‌عبارت دیگر همیشه $V_i^+ = V_i^-$ در تحلیل مدارات درنظر بگیرید، شکل(۱۶ـ۶).



شکل ۱۵ـ۶ـ مدار عملی تقویت‌کننده عملیاتی که در آن فیدبک به‌کار رفته است.



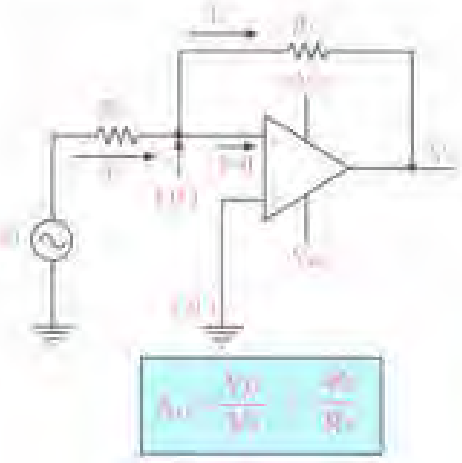
شکل ۱۶ـ۶ـ شرایط ورودی تقویت‌کننده عملیاتی

با توجه به شرایط فوق و انجام محاسبات، بهره ولتاژ در تقویت‌کننده فیدبک شود از رابطه زیر به‌دست می‌آید شکل (۱۷ـ۴).

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_f}{R_i}$$

عملاً تقویت‌کننده عملیاتی، جریان حدود nA یا حداکثر μA را می‌کشد و چون مقاومت‌های R_i و R_f حدود KΩ انتخاب می‌شوند لذا جریان‌های I_i یا I_f حدود mA می‌شوند که در این صورت جریان nA یا μA تقویت‌کننده در مقابل جریان mA، قابل صرف‌نظر کردن است. همان‌طور که از رابطه مشخص است بهره‌ولتاژ به مقاومت‌های فیدبک (R_i و R_f) بستگی دارد و به بهره ولتاژ تقویت‌کننده عملیاتی بستگی ندارد. چون بین ورودی و خروجی ۱۸۰ درجه اختلاف فاز ایجاد می‌شود علامت منفی در بهره ولتاژ منظور شده است. از این رو به این تقویت‌کننده، تقویت‌کننده معکوس‌کننده می‌گویند.

با انتخاب مناسب R_f و R_i، با این تقویت‌کننده دقیقاً می‌توان یک بهره کاملاً ثابت به‌دست آورد. در این حالت امپدانس ورودی تقویت‌کننده بسیار زیاد و امپدانس خروجی آن قویاً العاده کم می‌شود.



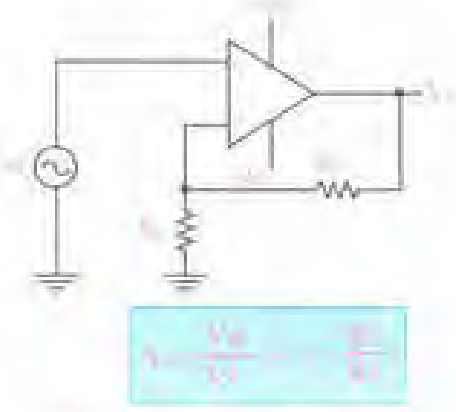
شکل ۱۷ـ۶

۲ـ۴ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده‌ی عملیاتی به‌عنوان تقویت‌کننده‌ی غیر معکوس‌کننده: در شکل (۱۸ـ۶) تقویت‌کننده با **فیدبک منفی** و از نوع غیرمعکوس‌کننده نشان داده شده است.

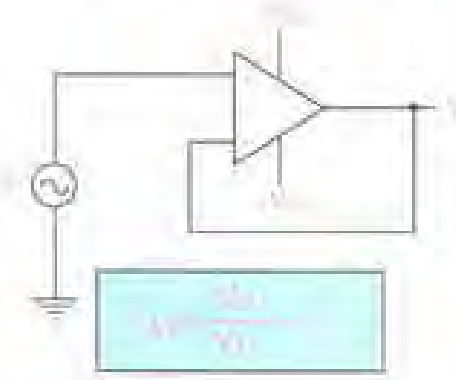
با توجه به شکل (۱۸ـ۶) ولتاژ خروجی از رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$V_o = (1 + \frac{R_f}{R_1})V_i$$

همان‌طور که از رابطه مشخص است اولاً بهره ولتاژ مثبت است، ثانیاً این بهره بستگی به مقاومت R_f و R_1 دارد. در حالت خاص اگر $R_f = 0$ و $R_1 = \infty$ باشد بهره ولتاژ $(\frac{V_o}{V_i})$ برابر یک می‌شود شکل (۱۹ـ۶).



شکل ۱۸ـ۶ـ تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده



شکل ۱۹ـ۶

۵ـ۶ـ آزمایش شماره (۱)

۱ـ۵ـ۶ـ نام آزمایش: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی (Op-Amp) به‌عنوان تقویت‌کننده ولتاژ با بهره دلخواه

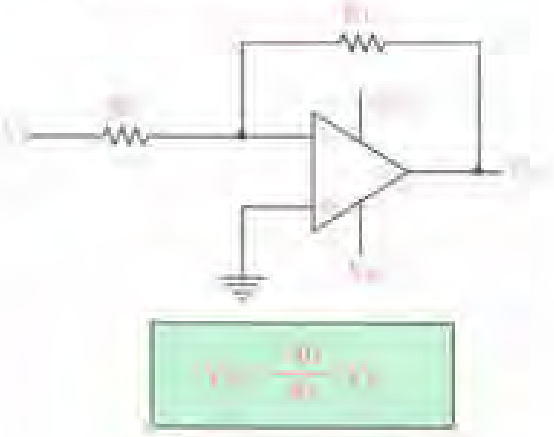
۲ـ۵ـ۶ـ هدف‌های آزمایش:

الف: بررسی تقویت‌کننده معکوس‌کننده با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی

ب: بررسی تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی

۳ـ۵ـ۶ـ شرح خلاصه آزمایش: تقویت‌کننده عملیاتی دارای کاربرد فراوانی است. زیرا علاوه‌بر ولتاژ AC، ولتاژ DC را نیز می‌تواند تقویت کند. در این قسمت آزمایش یک تقویت‌کننده با بهره کاملاً دلخواه را مورد بررسی و آزمایش قرار می‌دهید.

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت



۴ـ۵ـ۶ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

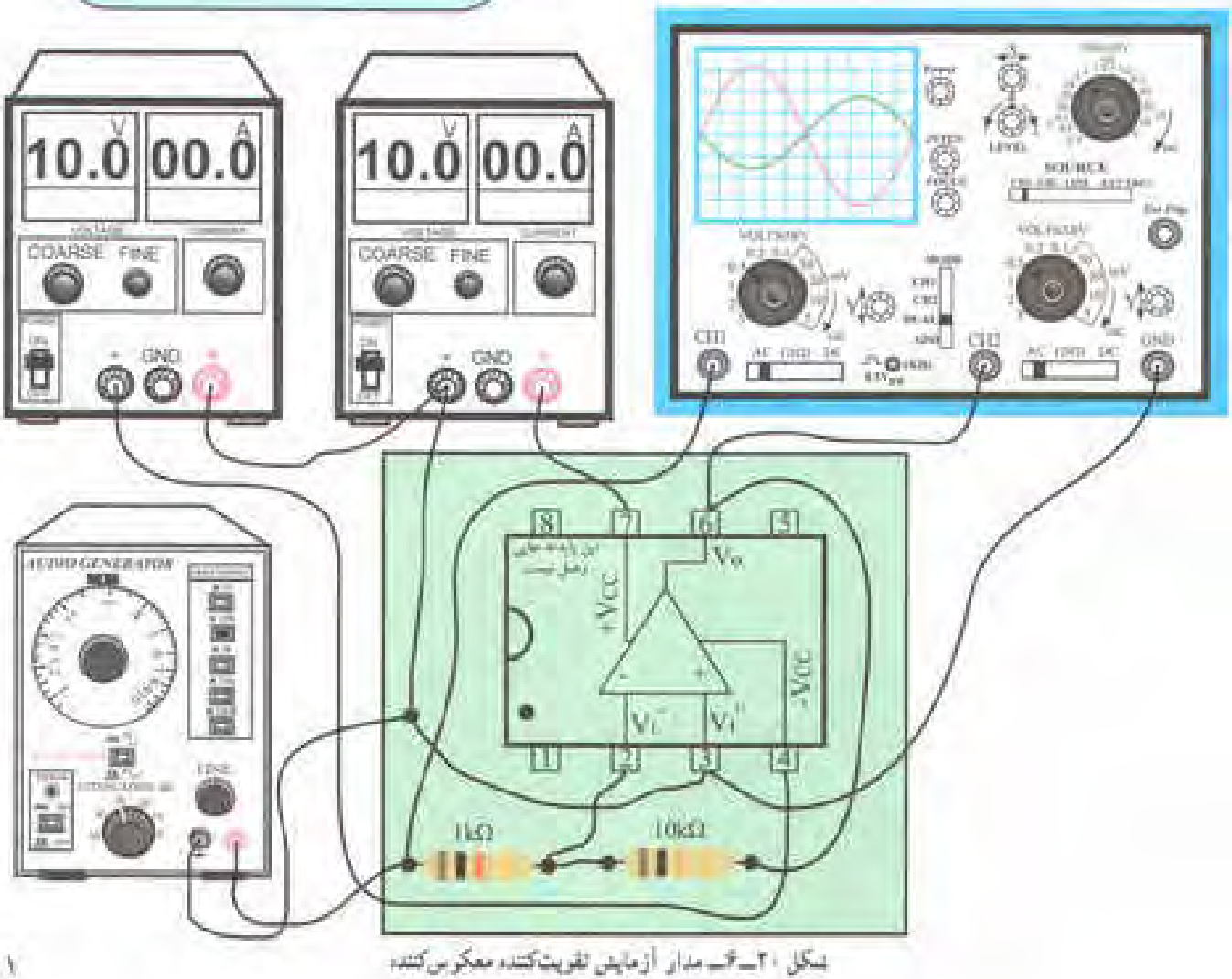
نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱۵۷.۱۸ـ	دو دستگاه
۲ـ برد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی	یک قطعه
۳ـ IC به شماره ۱۸۷۴۱	یک عدد
۴ـ سیم‌های رابط	به‌اندازه کافی
۵ـ مقاومت‌های ۱KΩ، ۱۰KΩ، از هر کدام	یک عدد
۶ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۷ـ اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه

۵ـ۵ـ۶ـ مراحل اجرای آزمایش:

الف : تقویت کننده معکوس کننده با استفاده از تقویت کننده عملیاتی

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲۰ـ۶) که به‌صورت برد مدار چاپی قبلاً آماده شده و در اختیار شما قرار گرفته است را مورد بررسی قرار دهید.
- هر دو منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و آن‌ها را به مدار وصل کنید.
- دامنه‌ی سیگنال ژنراتور را روی ۲۰ ولت و فرکانس ۱KHZ تنظیم کنید.

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۶ که در صفحه۳ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع بودن مدارها بررسی کنید.



شکل ۲۰ـ۶ـ مدار آزمایش تقویت‌کننده معکوس‌کننده

■ تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید. توجه داشته باشید که ولوم‌های Volt variable هر دو کانال روی Cal. قرار داشته باشند.

■ شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ را در شکل (۲۱ـ۶) و کانال CH۲ را در شکل (۲۲ـ۶) رسم کنید.

■ دامنه ولتاژ ورودی و خروجی را از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

با توجه به شکل (۲۱ـ۶) و (۲۲ـ۶) به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۱ـ نسبت $\frac{V_o}{V_i}$ چقدر است؟

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\text{دامنه ولتاژ خروجی}}{\text{دامنه ولتاژ ورودی}} = \frac{\quad}{\quad} =$$

۲ـ آیا نسبت $\frac{V_o}{V_i}$ با رابطه $\frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_f}{R_i} = \frac{-۱۰K}{۱K} = -۱۰$ تطبیق دارد؟

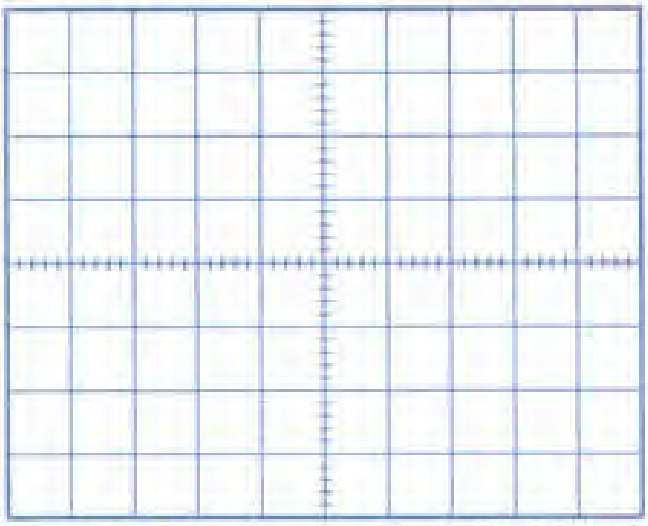
پاسخ: .....

۳ـ اختلاف فاز سیگنال ورودی و خروجی چند درجه است؟

پاسخ: .....

۴ـ منظور از تقویت کننده معکوس کننده چیست؟ شرح دهید.

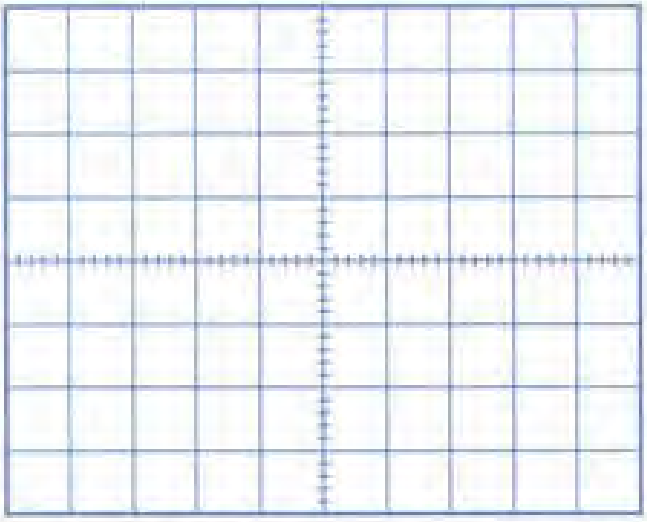
پاسخ: .....



شکل ۲۱ـ۶ـ شکل موج مربوط به کانال CH۱ اسیلوسکوپ (ولتاژ ورودی)

Volts/Div=

Vpeak= دامنه ولتاژ ورودی



شکل ۲۲ـ۶ـ شکل موج مربوط به کانال CH۲ اسیلوسکوپ (ولتاژ خروجی)

Volts/Div=

Vpeak= دامنه ولتاژ خروجی

درصورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۱ تا ۴ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۴ـ۶) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ب : تقویت کننده غیرمعکوس کننده با استفاده از تقویت کننده عملیاتی

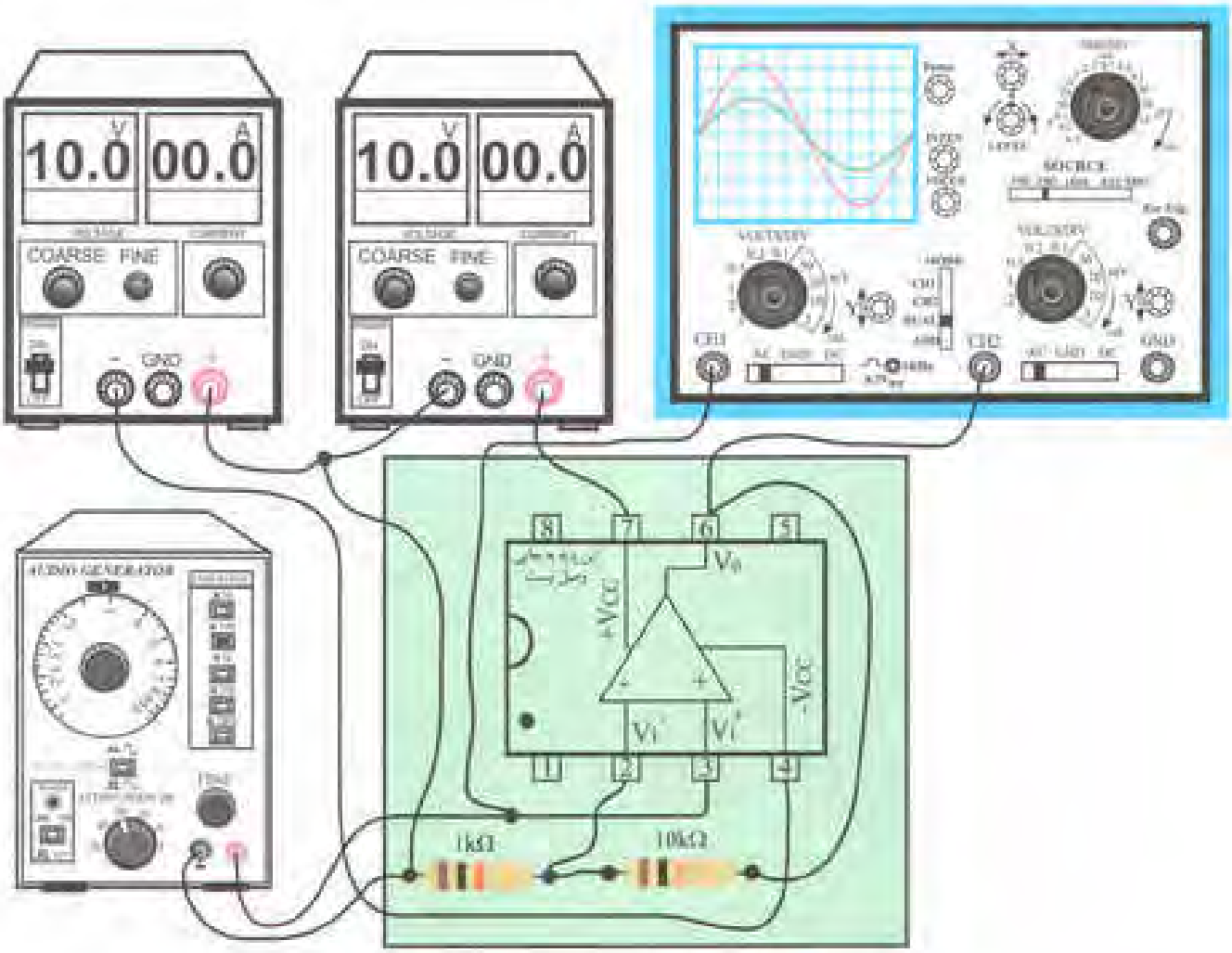
■ مدار شکل (۲۳ـ۶) که به‌صورت برد مدار چاپی قبلاً آماده شده و در اختیار شما قرار گرفته است را مورد بررسی قرار دهید.

■ هر دو منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم و آن‌ها را به مدار وصل کنید.

■ دامنه سیگنال ژنراتور را روی ۴۰۰mV و فرکانس ۱KHZ تنظیم کنید.

■ تنظیمات لازم را روی اسیلوسکوپ انجام دهید. توجه داشته باشید که ولوم‌های Volt Variable هر دو کانال روی Cal. قرار داشته باشند.

هنگام اندازه گیری ولتاژ دقت کنید مقادیر اندازه گیری شده دقیق و صحیح باشد همچنین هنگام اتصال دستگاه‌ها به مدار مراقب باشید اتصال‌ها اتصاله نباشند.



شکل ۲۳ـ۶ـ مدار آزمایش تقویت کننده غیرمعکوس کننده

■ شکل موج مشاهده شده مربوط به کانال CH۱ را در شکل (۲۴ـ۶) و کانال CH۲ را در شکل (۲۵ـ۶) رسم کنید.

■ دامنه ولتاژ ورودی و خروجی را از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

با توجه به شکل (۲۴ـ۶ و ۲۵ـ۶) به سؤالات زیر پاسخ دهید.

۵ـ نسبت $\frac{V_o}{V_i}$ چقدر است؟

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{\text{دامنه ولتاژ خروجی}}{\text{دامنه ولتاژ ورودی}} = \frac{\qquad}{\qquad} =$$

۶ـ آیا نسبت $\frac{V_o}{V_i}$ با رابطه $\frac{V_o}{V_i} = ۱ + \frac{R_۲}{R_۱} = ۱ + \frac{۱۰K}{۱K} = ۱۱$ تطبیق دارد؟

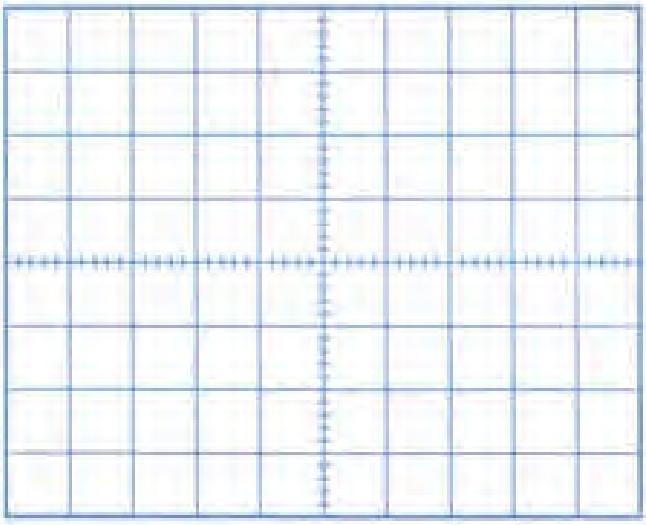
پاسخ: .....

۷ـ اختلاف فاز سیگنال ورودی و خروجی چند درجه است؟

پاسخ: .....

۸ـ منظور از تقویت‌کننده غیرمعکوس کننده چیست؟ شرح دهید.

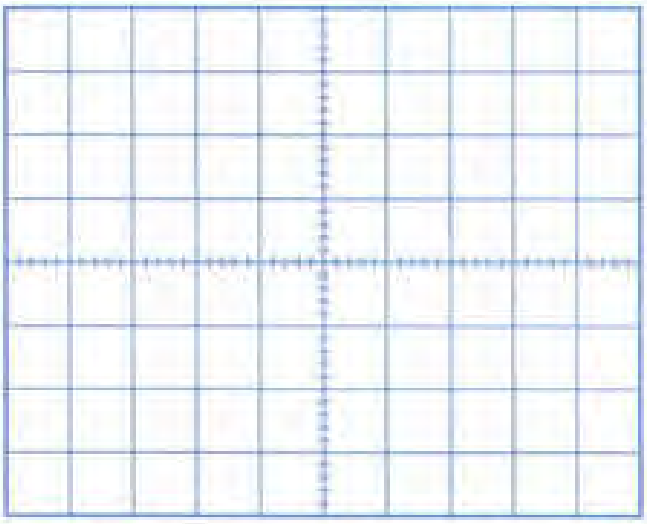
پاسخ: .....



شکل ۲۴ـ۶ـ شکل موج مربوط به کانال CH۱ اسیلوسکوپ (ولتاژ ورودی)

Volts/Div=

Vpeak= دامنه ولتاژ ورودی



شکل ۲۵ـ۶ـ شکل موج مربوط به کانال CH۲ اسیلوسکوپ (ولتاژ خروجی)

Volts/Div=

Vpeak= دامنه ولتاژ خروجی

درصورتی که نتوانستید به سؤال‌های ۵ تا ۸ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۲ـ۶) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۵ـ۶ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

۷ـ۵ـ۶ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه: .....

.....

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

آزمون

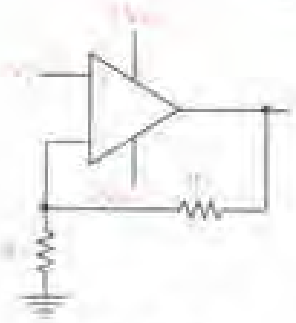
۱ـ چگونه می‌توان بهره ولتاژ تقویت‌کننده شکل (۲۶ـ۶) را تغییر داد؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....



شکل ۲۶ـ۶

۶ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مدار جمع‌کننده و تفریق‌کننده

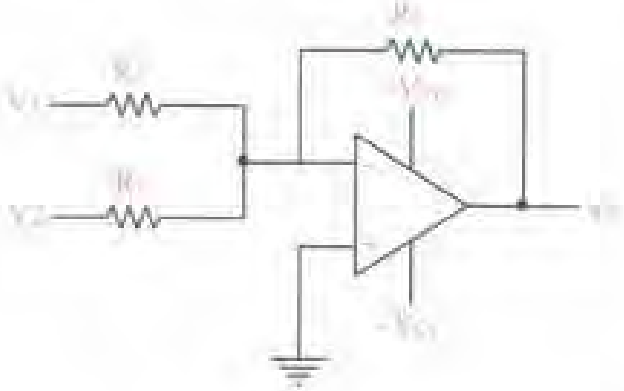
۱ـ۶ـ۶ـ مدار جمع‌کننده: به کمک تقویت‌کننده عملیاتی (Op - Amp) می‌توانیم دو یا چند سیگنال را با هر نسبتی با یک‌دیگر جمع لحظه‌ای کنیم. مثلاً جمع کردن ۲۰ درصد از سیگنال V_1 با ۴۰ درصد از سیگنال V_2 قابل اجرا است. در شکل (۲۷ـ۶) یک مدار جمع کننده معکوس‌کننده نشان داده شده است. در این مدار ولتاژ خروجی V_O از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$V_O = -\left(\frac{R_f}{R_1}V_1 + \frac{R_f}{R_2}V_2\right)$$

در حالت خاص اگر $R_1 = R_2 = R_f$ باشد داریم:

$$V_O = -(V_1 + V_2)$$

همان‌طور که از رابطه مشخص است ولتاژ خروجی جمع ولتاژهای ورودی است.



شکل ۲۷ـ۶ـ مدار جمع‌کننده معکوس‌کننده

۲ـ۶ـ۶ـ مدار تفریق‌کننده (تقویت‌کننده تفاضلی):

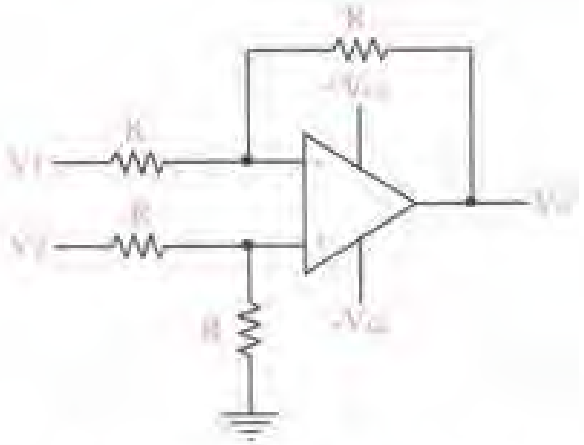
به کمک تقویت‌کننده عملیاتی (Op - Amp) می‌توانیم دو سیگنال را از یک دیگر تفریق کنیم. شکل (۲۸ـ۶) یک نمونه مدار تفریق‌کننده را نشان می‌دهد.

ولتاژ خروجی در این مدار از رابطه:

$$V_0 = V_2 - V_1$$

به‌دست می‌آید.

با تغییر مقاومت‌ها می‌توان حاصل $(V_2 - V_1)$ را نیز تقویت کرد. همچنین با تغییر مقاومت‌ها می‌توان درصدی از V_2 را از درصدی از V_1 کسر کرد.



شکل ۲۸ـ۶ـ مدار تفریق‌کننده (تقویت‌کننده تفاضلی)

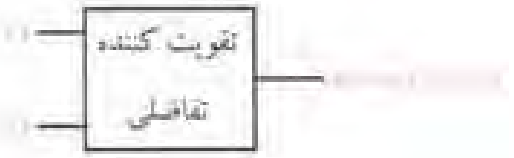
۷ـ۶ـ آزمایش شماره (۲)

۱ـ۷ـ۶ـ نام آزمایش: تقویت‌کننده تفاضلی

۲ـ۷ـ۶ـ هدف‌های آزمایش: تقویت‌کننده تفاضلی با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی

۳ـ۷ـ۶ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با یکی دیگر از کاربردهای تقویت‌کننده عملیاتی آشنا می‌شوید. به کمک تقویت‌کننده عملیاتی، یک تقویت‌کننده تفاضلی را مورد آزمایش عملی قرار می‌دهید. خروجی تقویت‌کننده تفاضلی تقویت تفاضل سیگنال‌های ورودی‌هاست.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



۴ـ۷ـ۶ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ برد مدار چاپی آماده مربوط به آزمایش تقویت‌کننده تفاضلی	یک عدد
۲ـ منبع تغذیه ۱۵V، ۱A	دو دستگاه
۳ـ باطری قلمی	سه عدد
۴ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ـ آومتر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۶ که در صفحه۳ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر تمیزکاری و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

۵ـ۷ـ۶ـ مراحل انجام آزمایش:

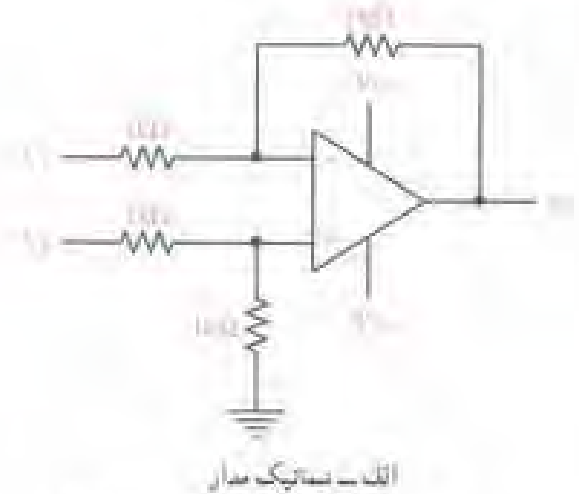
■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۲۹ـ۶) که قبلاً روی برد مدار چاپی آماده‌شده، و در اختیار شما قرارگرفته‌است را مورد بررسی قرار دهید.

■ هر دو منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و سپس آن‌ها را به مدار اتصال دهید.

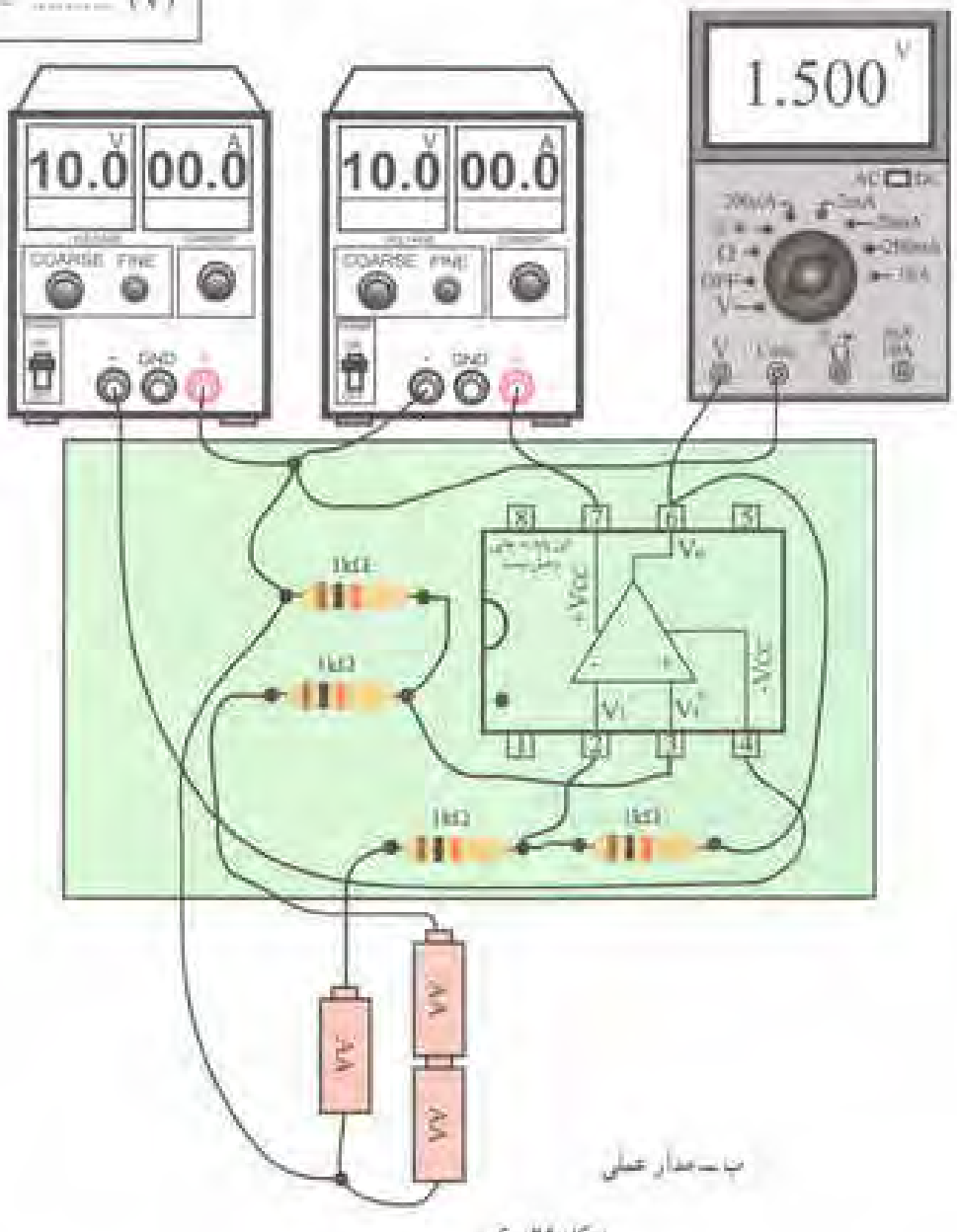
■ با استفاده از باطری‌های قلمی، ولتاژ V_1 را برابر ۱/۵ ولت و V_2 را برابر با ۳ ولت درنظر بگیرید. برای به‌دست آوردن منبع ۴ ولتی دو عدد باطری قلمی را باهم سری کنید.

■ V_o را اندازه بگیرید و در جدول مقابل یادداشت کنید.



الف ـ شماتیک مدار

$V_1 = 1/5V$	
$V_2 = 3V$	
$V_o =$ ..... (V)	



ب ـ مدار عملی

شکل ۲۹ـ۶

■ با استفاده از باطری‌های قلمی، ولتاژ V_1 را برابر با ۳ ولت و V_2 را برابر با ۱/۵ ولت درنظر بگیرید.

■ V_o را اندازه بگیرید و مقدار آن را یادداشت کنید.

$V_1 = ۳V$

$V_2 = ۱/۵V$

$V_o =$.....(V)

سؤال ۱ــ با توجه به مراحل آزمایشی فوق، و مقدار V_o به‌دست آمده، مدار را تحلیل کنید ونتیجه آن را در کادر مقابل بنویسید.

نتیجه تحلیل مدار: .....

.....

.....

.....

-در صورتی که نتوانستید به سؤال(۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ــ۶ــ۶) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ــ۷ــ۶ــ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۷ــ۷ــ۶ــ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

نتایج: .....

.....

آزمون

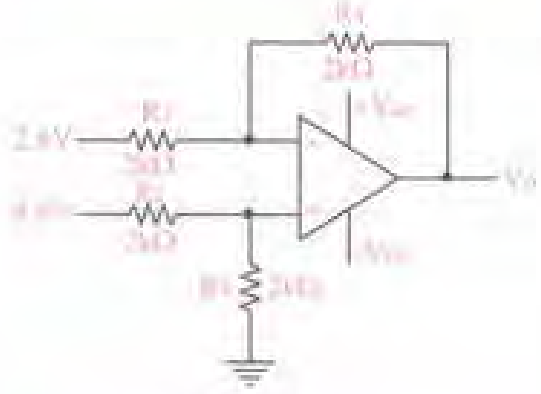
۱ــ در مدار شکل (۳۰ــ۶)، V_o چند ولت است؟

الف: □ ۷/۴

ب: □ ۲/۶

ج: □ ۲/۲

د: □ ۴/۸



شکل ۳۰ــ۶

پاسخ: .....

.....

۲ــ منظور از تقویت‌کننده تفاضلی چیست؟ توضیح دهید.

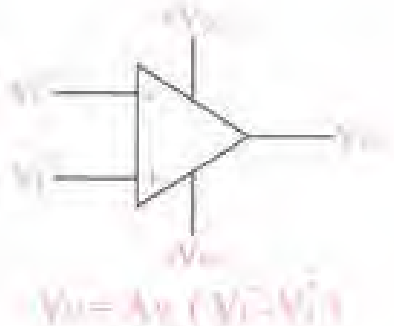
۸ــ۶ــ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مقایسه‌کننده

اگر تقویت‌کننده عملیاتی را بدون فیدبک به‌کار ببریم ولتاژ خروجی آن از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$V_o = A_V(V_1^+ - V_1^-)$$

چون A_V خیلی بزرگ است لذا اگر حاصل $(V_1^+ - V_1^-)$ خیلی ناچیز باشد باز هم تقویت‌کننده به اشباع می‌رود و $V_o \equiv V_{cc}$ می‌شود. حال اگر حاصل $(V_1^+ - V_1^-) < 0$ باشد $V_o \equiv +V_{cc}$ می‌شود و اگر $(V_1^+ - V_1^-) < 0$ باشد $V_o \equiv -V_{cc}$ می‌شود. به عبارت دیگر مدار شکل (۳۱ــ۶) می‌تواند دو ولتاژ ورودی را با یکدیگر مقایسه کند.

یعنی اگر $V_o \equiv +V_{cc}$ شد، تشخیص می‌دهیم که ولتاژ داده شده به پایه مثبت (V_1^+) بزرگتر از ولتاژ پایه منفی (V_1^-) است و به همین ترتیب اگر $V_o \equiv -V_{cc}$ شد ولتاژ پایه منفی بزرگتر از ولتاژ پایه مثبت است.



شکل ۳۱ــ۶

هنگامی که تقویت‌کننده عملیاتی به عنوان مقایسه‌کننده استفاده می‌شود می‌تواند دو ولتاژ را مقایسه کند و خروجی را از نظر $+V_{cc}$ و $-V_{cc}$ تغییر دهد.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۹ــ۶ــ آزمایش شماره (۳)

۱ــ۹ــ۶ــ نام آزمایش: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به عنوان مقایسه‌کننده

۲ــ۹ــ۶ــ هدف‌های آزمایش: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مقایسه‌کننده به‌صورت آنالوگ ولتاژ

۳ــ۹ــ۶ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش یکی‌دیگر از کاربردهای تقویت‌کننده عملیاتی را مورد آزمایش قرار می‌دهید و از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان مقایسه‌کننده بین دو ولتاژ استفاده می‌کنید.

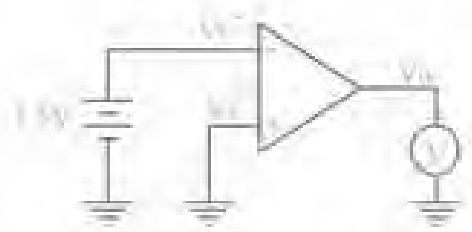
۴ــ۹ــ۶ــ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ــ ولت‌متر (اوومتر)	یک دستگاه
۲ــ برد آزمایشگاهی آماده برای مقایسه کننده	یک عدد
۳ــ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۴ــ منبع تغذیه ۱۵۷،۱۸	دو دستگاه
۵ــ باطری قلمی	یک عدد

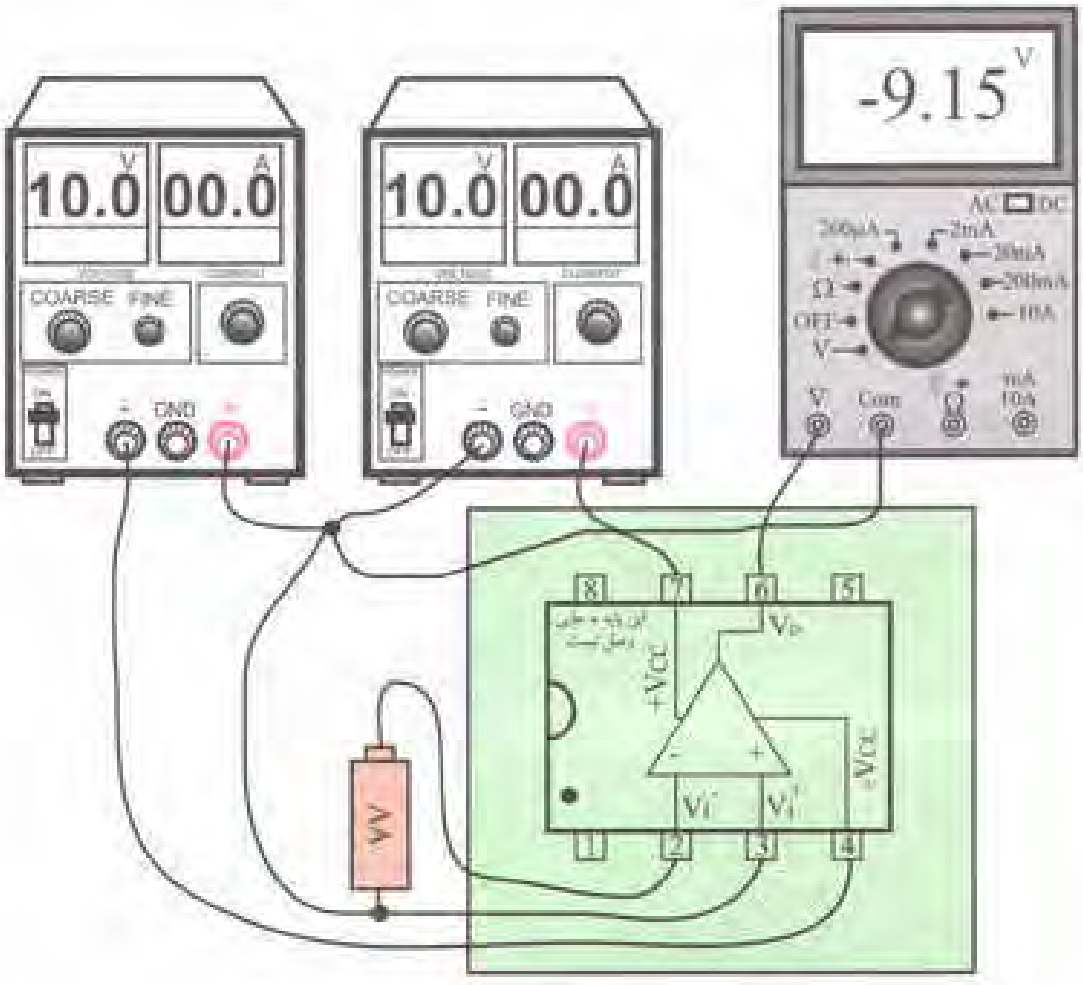
۵ـ۹ـ۶ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۳۲ـ۶) را که روی برد مدار چاپی از قبل آماده شده و در اختیار شما قرار گرفته را مورد بررسی قرار دهید.
- هر دو منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و به مدار اتصال دهید.
- ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید:

$V_i^- > V_i^+$ $\boxed{V_o = \ldots\ldots\ldots (V)}$



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

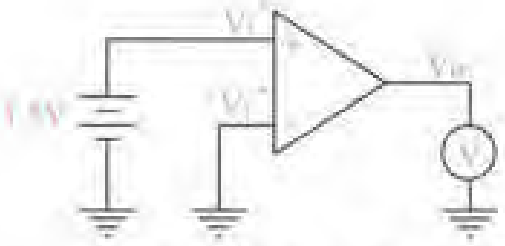
شکل ۳۲ـ۶ـ مدار آزمایش مقایسه‌کننده

■ طبق شکل (۳۳ـ۶)، محل اتصال باطری را عوض کنید و مجدداً ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید.

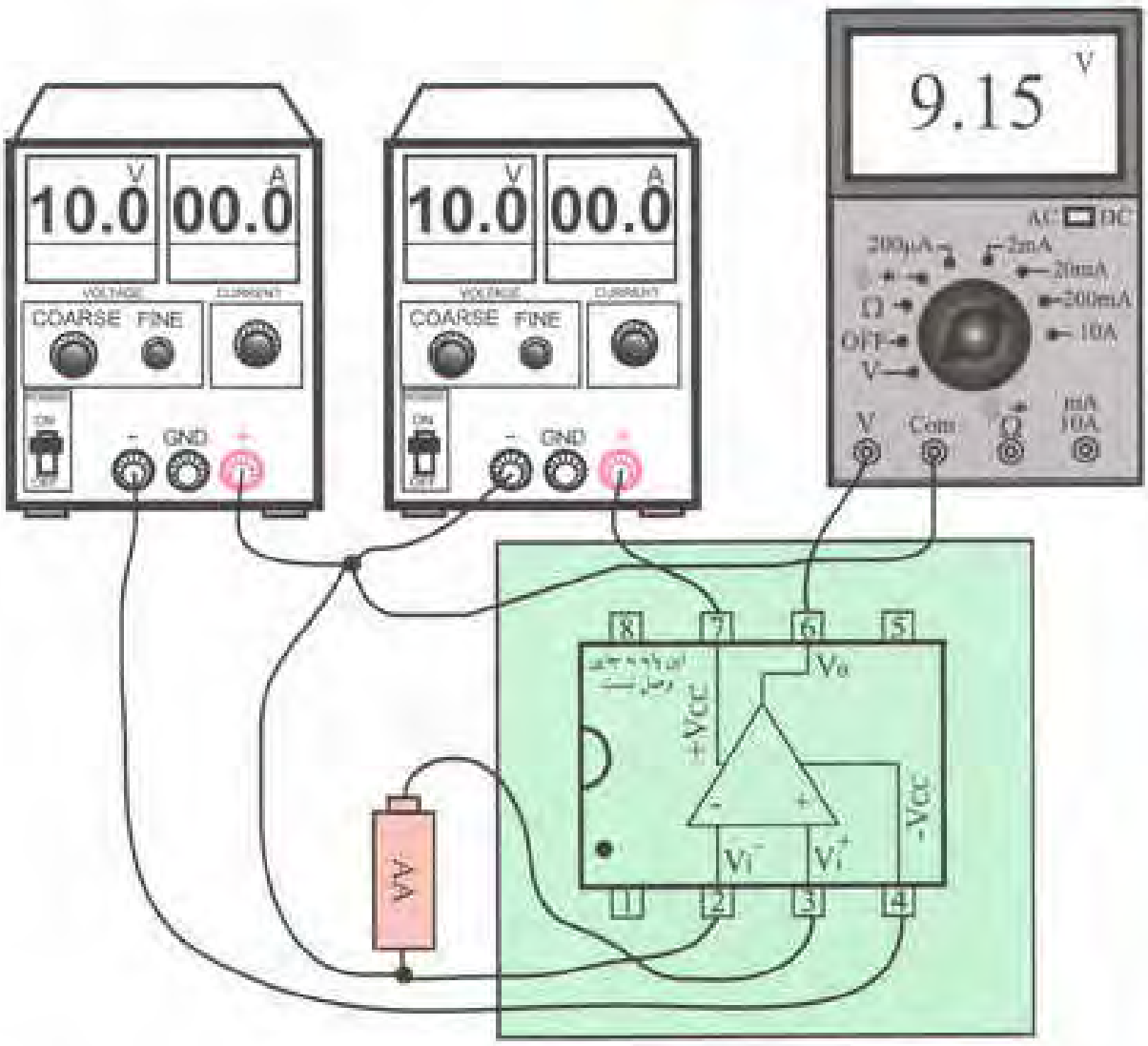
$V_i^- > V_i^+$ $\boxed{V_0 = \ldots\ldots\ldots (V)}$

سؤال ۱ــ چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌گیرید؟ توضیح دهید.

نتایج:
.....
.....



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۳۳ـ۶ـ مدار آزمایش مقایسه‌کننده

در صورتی که نتوانستید به سؤال(۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دانستید به قسمت (۷ـ۶) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۹ـ۶ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش: .....
.....
.....
.....

۶ـ۹ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

نتایج: .....
.....

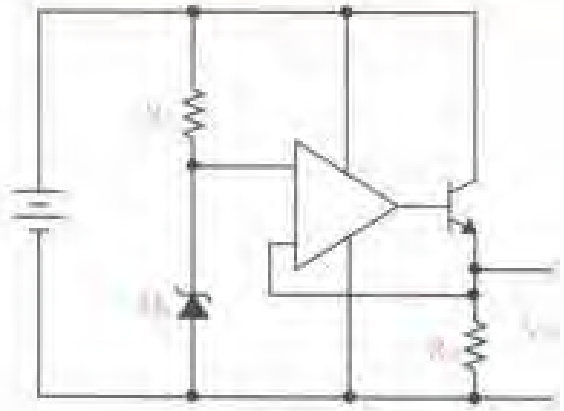
آزمون

۱ـ چگونه می‌توان یک تقویت‌کننده عملیاتی را به‌عنوان مقایسه‌کننده در مدارها به کار برد؟

پاسخ: .....
.....

۱۰ـ۶ـ کاربرد تقویت‌کننده عملیاتی در تنظیم‌کننده‌های ولتاژ

کاربرد تقویت‌کننده عملیاتی در منابع تغذیه معمولاً به‌صورت مقایسه‌کننده یا به‌صورت تقویت‌کننده است. امروز تقریباً منبع تغذیه‌ای وجود ندارد که در آن از تقویت‌کننده عملیاتی استفاده شده باشد. شکل (۳۴ـ۶) یک نمونه منبع تغذیه بسیار ساده را نشان می‌دهد که در آن تقویت‌کننده عملیاتی به‌کار رفته است. در این مدار، چون در تقویت‌کننده فیدبک منفی به‌کار رفته است لذا $V_1^+ = V_1^-$ می‌باشد. از طرفی داریم:



شکل ۳۴ـ۶

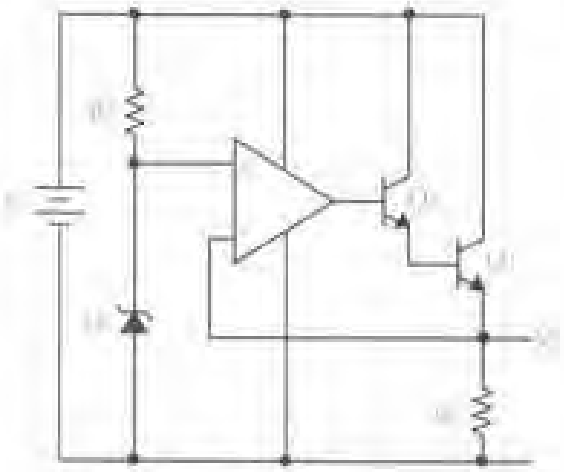
$$V_1^+ = V_2$$

$$V_1^- = V_0$$

پس:

$$\boxed{V_0 = V_2}$$

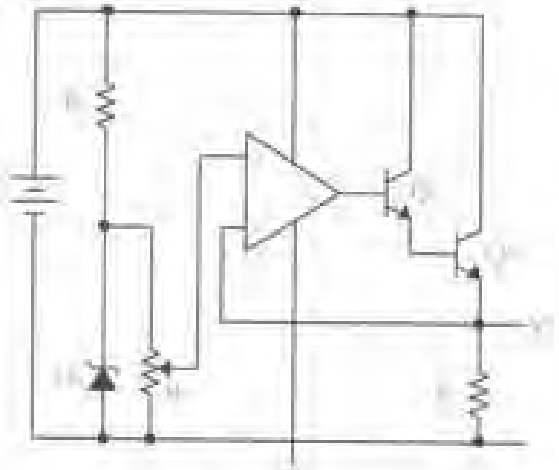
لذا تغییرات جریان خروجی باعث تغییر ولتاژ خروجی نمی‌شود. مدار شکل (۳۵ـ۶) به علت استفاده از دو ترانزیستور می‌تواند جریان بیشتری را به مصرف‌کننده تحویل دهد.



شکل ۳۵ـ۶

اگر ولتاژ V_1^+ در تقویت‌کننده عملیاتی تغییر کند V_1^- نیز تغییر می‌کند و چون $V_O = V_1^-$ است لذا می‌توان به‌سادگی مطابق شکل (۶ـ۳۶) ولتاژ خروجی را تغییر داد.

در این مدار ولتاژ خروجی از صفر تا حداکثر V_Z می‌تواند تغییر کند (تغذیه ۲ـ ولت بخاطر این است که $V_O = 0$ شود)

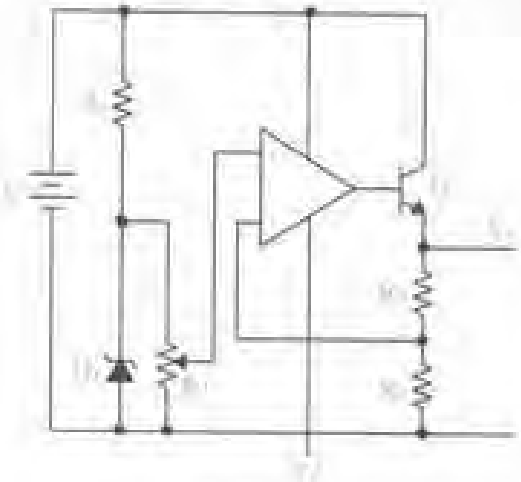


شکل ۶ـ۳۶

به کمک تقویت‌کننده عملیاتی و مدار شکل (۶ـ۳۷) می‌توان ولتاژی بیشتر از ولتاژ V_Z نیز به‌دست آورد. در این مدار حداقل ولتاژ خروجی برابر با صفر و حداکثر ولتاژ خروجی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$V_{O\max} = V_Z(1+\frac{R_1}{R_2})$$

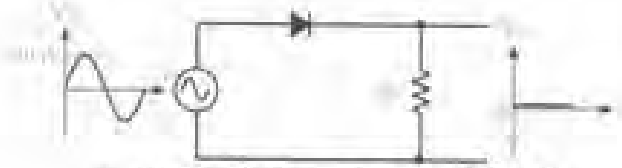
به کمک تقویت‌کننده‌های عملیاتی می‌توان منابع تغذیه بسیار دقیق ساخت.



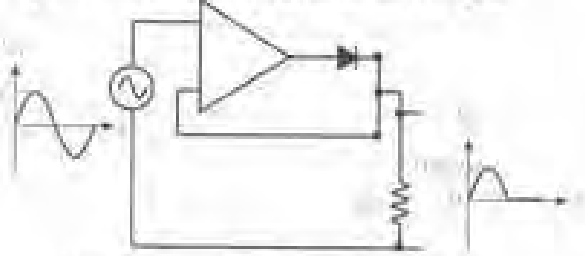
شکل ۶ـ۳۷

۱۱ـ۶ـ استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به عنوان مدارهای غیرخطی

۱ـ۱۱ـ۶ـ دیود ایده‌آل: اگر بخواهیم یک سیگنال AC با دامنه ۱۰ mV را یکسو کنیم با دیود معمولی امکان ندارد زیرا حداقل ولتاژ ورودی باید ۷۰۰ mV باشد تا بتواند دیود را هادی کند شکل (الف ـ ۳۸ ـ ۶) با استفاده از یک تقویت‌کننده عملیاتی و یک عدد دیود معمولی می‌توان یک دیود ایده‌آل ساخت، به‌طوری که برای یکسو کردن سیگنال تبازی به ولتاژ ۰/۷ ولت جهت هادی شدن دیود نداشته باشد. در این مدار حتی سیگنال‌های ۱ mV نیز یکسو می‌شود. مدار شکل (ب ـ ۳۸ـ۶) این دیود ایده‌آل را نشان می‌دهد.



شکل ۶ـ۳۸ـ الف ـ دیود و مدار یکسو کننده معمولی



شکل ۶ـ۳۸ـ ب ـ یکسو کننده با دیود ایده‌آل

$$V_1^+ = V_i$$

$$V_O = V_1^- = V_1^+ = V_i$$

با توجه به رابطه بالا در نیم‌سیکل مثبت در تمام لحظات $V_O = V_i$ است و در نیم‌سیکل منفی دیود قطع و $V_O = 0$ می‌شود.

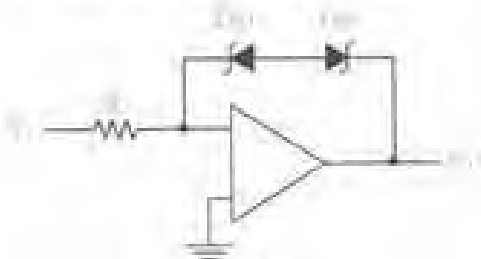
۲ـ۱۱ـ۶ـ محدود کننده ولتاژ خروجی: با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی و دیودهای زنر می‌توان ضمن استفاده از تقویت‌کننده به‌عنوان مقایسه‌کننده، در هر مرحله مقایسه، دامنه خروجی را نسبت به مبدأ صفر تعیین کرد. شکل (۳۹ـ۶) و (۴۰ـ۶) مدار موردنظر را نشان می‌دهد. با توجه به شکل داریم:

$$V_i > 0 \qquad V_O = -(V_{Z_2} + 0/6)$$

$$V_i < 0 \qquad V_O = V_{Z_1} + 0/6$$

با قرار دادن دیودهای زنر با ولتاژهای متفاوت، می‌توان مقدار V_O را در هر حالت مقایسه و متناسب با نیاز تعیین کرد.

شکل ۳۹ـ۶ـ عملکرد مدار محدود کننده



شکل ۴۰ـ۶

۱۲ـ۶ـ فیلترهای فعال با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی

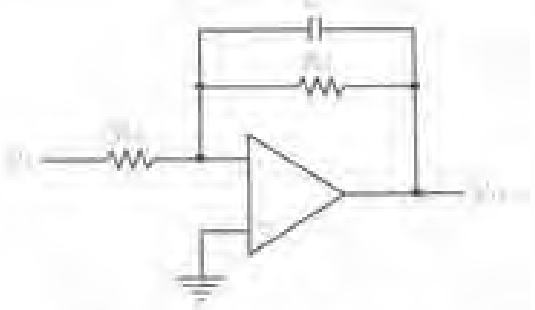
یکی دیگر از کاربردهای تقویت‌کننده عملیاتی، فیلترهای فعال هستند. منظور از فیلتر فعال این است که ضمن این که می‌تواند به عنوان فیلتر عمل کند، دامنه سیگنال فیلتر شده را نیز تقویت می‌کند. فیلترهای غیرفعال سیگنال را فیلتر می‌کنند اما آن را تقویت نمی‌کنند، شکل ۴۱ـ۶.

فیلترهای فعال پایین‌گذر، بالاگذر، میان‌گذر و میان‌نگذر و همچنین فیلتر همه‌گذر با فاز متغیر را می‌توان با استفاده از تقویت‌کننده‌های عملیاتی ساخت. تنها محدودیت این فیلترها، فرکانس کار آن‌هاست. این فیلترها نمی‌توانند در فرکانس‌های بیشتر از ۱۰۰ kHz کار کنند. از محاسن فیلترهای فعال با استفاده از تقویت‌کننده‌های عملیاتی این است که می‌توانند با دقت بسیار زیاد فرکانس را فیلتر کنند.

شکل ۴۱ـ۶

در شکل (۴۲ـ۶) یک نمونه فیلتر پایین‌گذر فعال که در عمل زیاد مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان داده شده است. فرکانس قطع فیلتر شکل (۴۲ـ۶) از رابطه زیر بدست می‌آید:

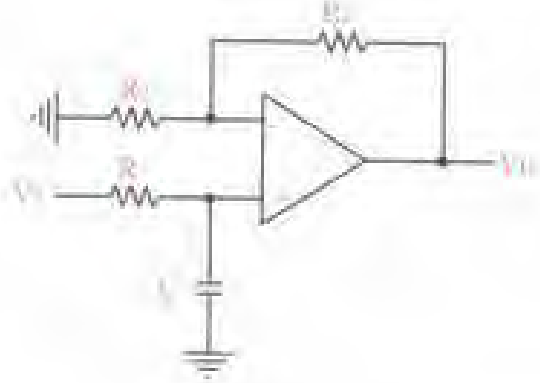
$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$



شکل ۴۲ـ۶ـ یک نمونه فیلتر پایین‌گذر فعال

در شکل (۴۳ـ۶) نمونه دیگری از فیلتر پایین‌گذر نشان داده شده است. فرکانس قطع این فیلتر از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

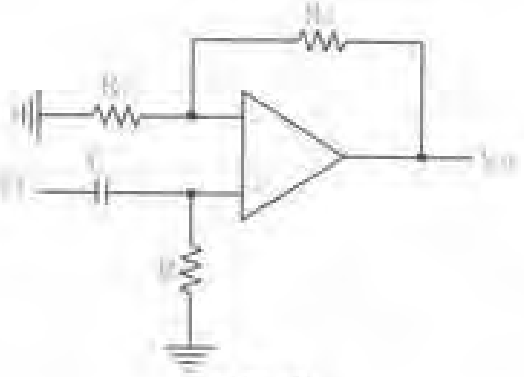
$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



شکل ۴۳ـ۶

در شکل (۴۴ـ۶) یک نمونه فیلتر بالاگذر نشان داده شده است. فرکانس قطع بالای این فیلتر از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$



شکل ۴۴ـ۶

۱۳ـ۶ـ آزمایش شماره (۴)

۱ـ۱۳ـ۶ـ نام آزمایش: فیلترهای فعال

۲ـ۱۳ـ۶ـ هدف‌های آزمایش

الف: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان فیلتر بالاگذر

ب: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان فیلتر پایین‌گذر

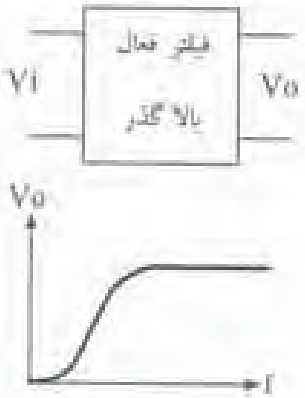
۳ـ۱۳ـ۶ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی یک فیلتر بالاگذر و یک فیلتر پایین‌گذر فعال را مورد آزمایش قرار می‌دهید. از مزایای فیلترهای فعال این است که ضمن فیلترکردن سیگنال ورودی می‌توانند آن را تقویت کنند.

۴ـ۱۳ـ۶ـ تجهیزات و قطعات
مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱۸-۰-۱۸ V	دو دستگاه
۲ـ سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳ـ اسیلوسکوپ یک کاناله یا دوکاناله	یک دستگاه
۴ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۵ـ برد مدار چاپی مخصوص فیلتر بالاگذر و پایین‌گذر	از هرکدام یک عدد

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۶ که در صفحه ۳ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع بابه المان‌ها بررسی کنید.

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت



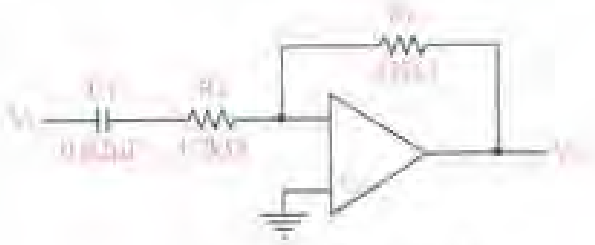
۵ـ۱۳ـ۶ـ مراحل اجرای آزمایش:

الف: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان فیلتر بالاگذر

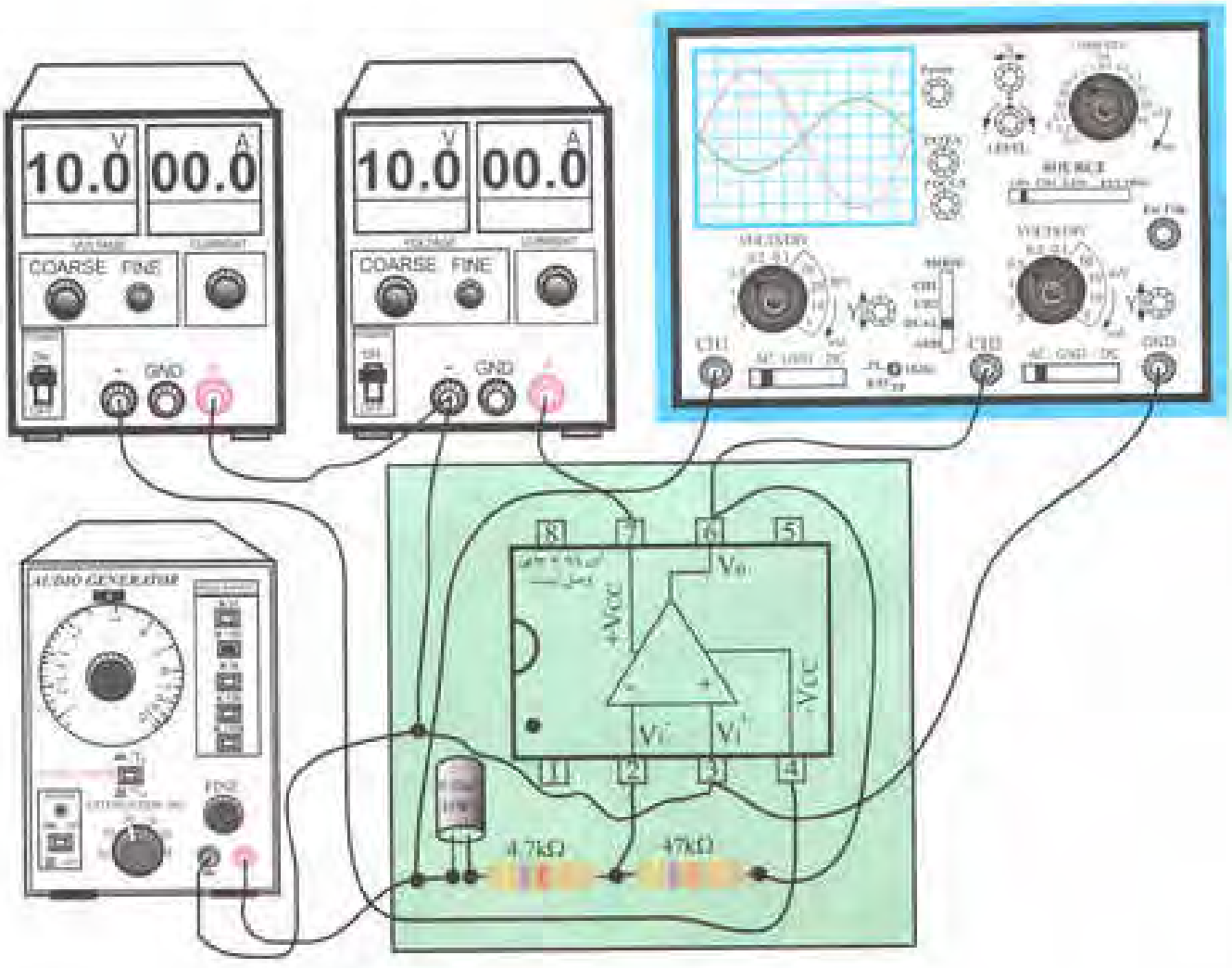
■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۲۵ـ۶) که قبلاً به‌صورت برد مدار چاپی آماده و در اختیار شما قرار گرفته است را مورد بررسی قرار دهید.

■ منابع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید، سپس آن‌ها را به مدار اتصال دهید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۲۵ـ۶ـ مدار آزمایش فیلتر بالاگذر

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیمات لازم را روی آن انجام دهید.

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۲۰ HZ تنظیم کنید.

■ دامنه ماکزیمم (Ptak) ولتاژ را با استفاده از اسیلوسکوپ روی ۷ ۸/۰ تنظیم کنید.

■ با استفاده از سیگنال ژنراتور AF فرکانس را مطابق جدول (۱ـ۶) زیاد کنید.

■ در هر مرحله دامنه سیگنال خروجی را در فرکانس‌های مختلف از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و در جدول (۱ـ۶) یادداشت کنید.

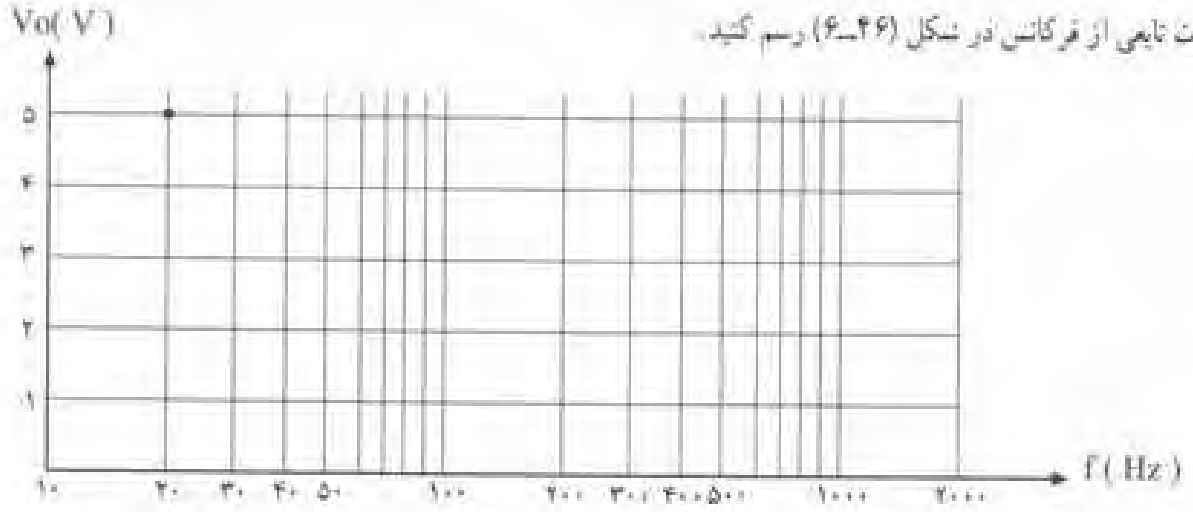
توجه داشته باشید که در هر مرحله، دامنه سیگنال ورودی همواره باید ثابت بماند. در هر مرحله تغییر فرکانس دامنه ورودی را که به کانال CH 2 اسیلوسکوپ وصل است اندازه بگیرید.

در صورتی که تجهیزات آزمایشگاهی شما با تجهیزات کتاب متفاوت است سعی کنید با تجهیزات موجود آزمایش بالا انجام دهند.

جدول ۱ـ۶

f(HZ)	V_o
۲۰	۱/۱
۳۰	
۴۰	
۵۰	
۶۰	
۷۰	
۸۰	
۹۰	
۱۰۰	
۱۵۰	
۲۰۰	
۲۵۰	
۳۰۰	
۳۵۰	
۴۰۰	
۴۵۰	
۵۰۰	
۶۰۰	
۷۰۰	
۸۰۰	
۹۰۰	
۱۰۰۰	
۱۵۰۰	
۲۰۰۰	

■ به کمک جدول (۱ـ۶)، منحنی ولتاژ خروجی را به صورت تابعی از فرکانس در شکل (۴۶ـ۶) رسم کنید.



شکل ۴۶ـ۶ـ منحنی ولتاژ خروجی برحسب تابعی از فرکانس

سؤال ۱ــ چرا با افزایش فرکانس، دامنه خروجی زیاد می‌شود؟ توضیح دهید.

توضیح: .....
.....
.....

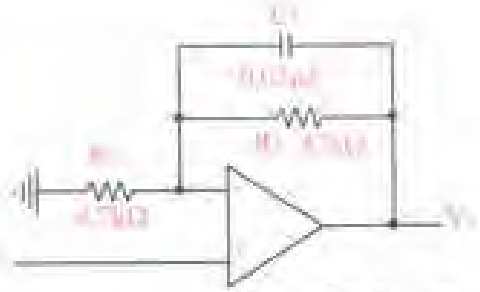
در صورتی که نتوانستید به سؤال(۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۱ــ۶) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ب: استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی به‌عنوان فیلتر پایین‌گذر

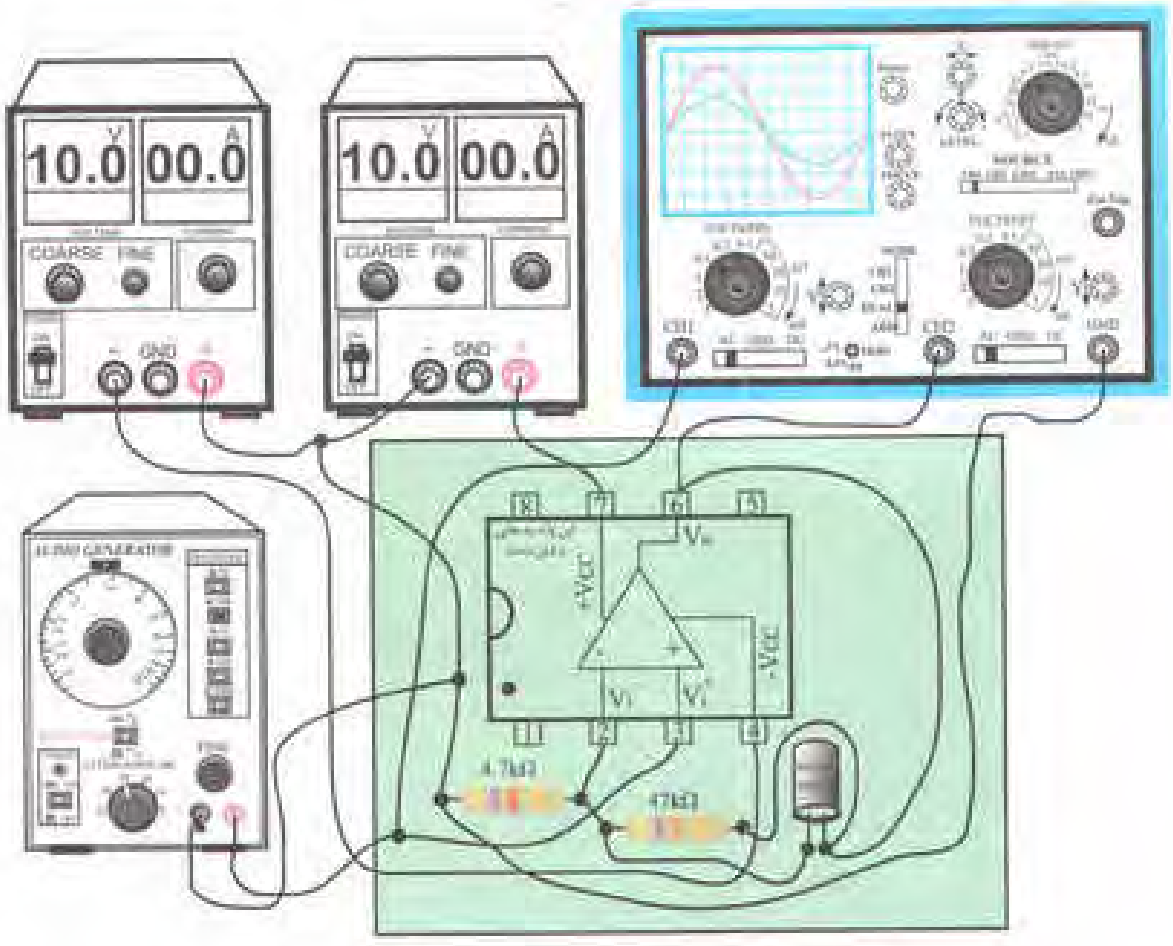
■ مدار شکل (۲۷ــ۶) که قبلاً به‌صورت برد مدار چاپی آماده و در اختیار شما قرار گرفته است را مورد بررسی قرار دهید.

■ منابع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و سپس آن‌ها را به مدار اتصال دهید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیمات لازم را روی آن انجام دهید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

شکل ۲۷ــ۶ــ مدار آزمایش فیلتر پایین‌گذر

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۲۰ HZ بگذارید.

■ دامنه ماکزیمم ولتاژ را با استفاده از اسیلوسکوپ روی ۵ ولت تنظیم کنید.

■ با استفاده از سیگنال ژنراتور صوتی (AF) فرکانس را مطابق جدول (۲ـ۶) زیاد کنید.

■ در هر مرحله دامنه سیگنال خروجی را در فرکانس‌های مختلف از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و در جدول (۲ـ۶) یادداشت کنید.

توجه داشته باشید باید دامنه ورودی همواره ثابت باشد.

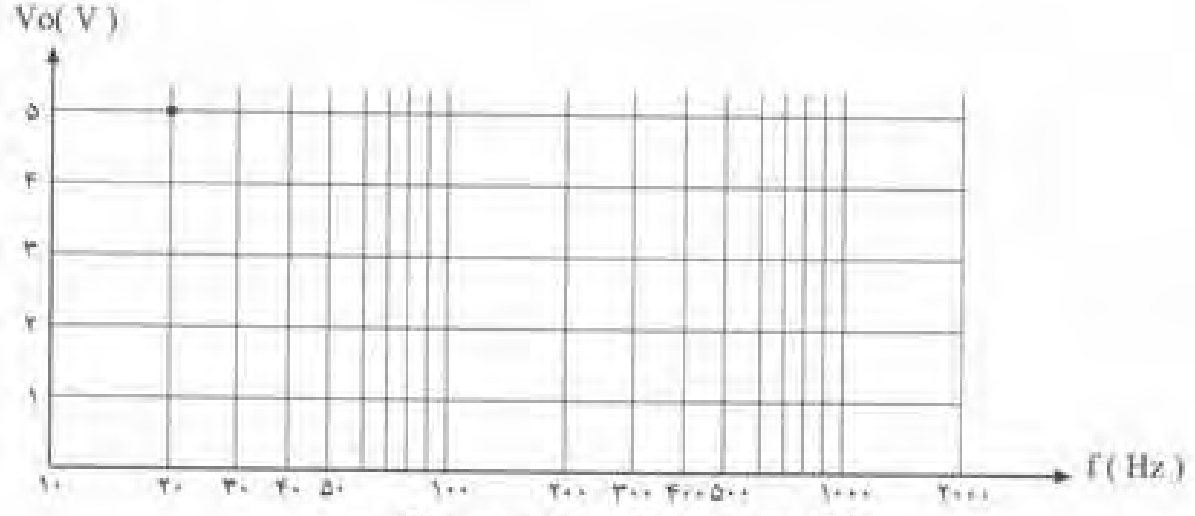
■ با استفاده از مقادیر جدول (۲ـ۶)، منحنی ولتاژ خروجی را به‌صورت تابعی از فرکانس در شکل (۴۸ـ۶) رسم کنید.

سؤال ۲ـ چرا با افزایش فرکانس دامنه خروجی کم می‌شود؟ توضیح دهید.

پاسخ:
.....
.....
.....

جدول ۲ـ۶

f(Hz)	V_o(V)
۲۰	۵
۵۰	
۱۰۰	
۲۰۰	
۳۰۰	
۴۰۰	
۵۰۰	
۶۰۰	
۷۰۰	
۸۰۰	
۹۰۰	
۱۰۰۰	
۱۱۰۰	
۱۲۰۰	
۱۳۰۰	
۱۴۰۰	
۱۵۰۰	
۱۶۰۰	
۱۷۰۰	
۱۸۰۰	
۱۹۰۰	
۲۰۰۰	



شکل ۴۸ـ۶ـ منحنی ولتاژ خروجی فیلتر برحسب فرکانس

در صورتی که نتوانستید به سؤال(۲) پاسخ دهید با نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۱ـ۶) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل ششم آزمون پایانی عملی (۴) خودآزمایی شماره (۱) مراجعه کنید.

۶ـ۱۳ـ۶ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۷ـ۱۳ـ۶ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

شرح: .....

نتایج: .....

آزمون

۱ـ موارد کاربرد فیلترها را نام ببرید.

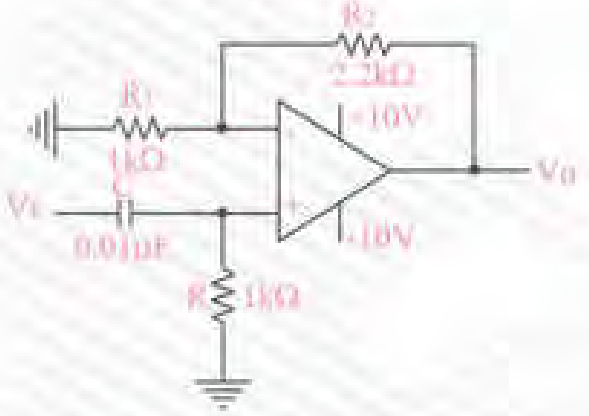
۲ـ تفاوت فیلترهای فعال با فیلترهای غیرفعال را شرح دهید.

۳ـ فرکانس قطع در فیلتر شکل (۲۷ـ۶) با توجه به جدول (۲ـ۶) چند هرتز است؟

پاسخ: .....

۱۴ــ۶ــ آزمون پایانی عملی (۶)

۱ــ مدار شکل (۴۹ــ۶) را روی بردبرد یا برد آزمایشگاهی ببندید. توسط سیگنال ژنراتور به ورودی این مدار، سیگنال با دامنه ۱ ولت و فرکانس ۱۰Hz تا ۱۰kHz طبق جدول (۳ــ۶) اعمال کنید. و در هر مرحله، دامنه سیگنال خروجی را در فرکانس‌های مختلف از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید و در جدول (۳ــ۶) یادداشت کنید. سپس منحنی ولتاژ خروجی را به‌صورت تابعی از فرکانس رسم کنید. با توجه به منحنی رسم شده راجع به مدار فوق اظهارنظر کنید.



شکل ۴۹ــ۶

جدول ۳ــ۶

f(HZ)	$V_O(V)$
۱۰	
۵۰	
۱۰۰	
۵۰۰	
۱k	
۲k	
۳k	
۴k	
۵k	
۶k	
۷k	
۸k	
۹k	
۱۰k	

۱۵ـ۶ـ پرسش و تمرین (۶)

۱ـ مزایای مدارهای مجتمع (IC) بر مدارهای مجزا چیست؟

۲ـ مشخصات یک تقویت‌کننده عملیاتی را نام ببرید.

۳ـ با استفاده از یک تقویت‌کننده عملیاتی یک تقویت‌کننده معکوس کننده رسم کنید.

۴ـ با استفاده از یک تقویت‌کننده عملیاتی یک تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده رسم کنید.

۵ـ با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی یک مدار جمع‌کننده رسم کنید و رابطه خروجی و ورودی‌ها را بنویسید.

۶ـ چگونه می‌توان با استفاده از تقویت‌کننده عملیاتی، یک مدار مقایسه‌کننده آنالوگ ولتاژ ساخت؟

۷ـ یک منبع تغذیه ساده با استفاده از یک تقویت‌کننده عملیاتی رسم کنید.

۸ـ یک فیلتر بالاگذر فعال رسم کنید.

۹ـ یک فیلتر پایین‌گذر فعال رسم کنید.

۱۰ـ یک تقویت‌کننده غیرمعکوس‌کننده با بهره ۱ رسم کنید.

پاسخ: .....

فصل هفتم

دیجیتال و کاربرد آن

هدف کلی

آشنایی با آی ـ سی‌های دیجیتال ونحوه تشخیص سالم بودن آن‌ها به کمک آزمایش جهت تعمیر و عیب‌یابی مدارهای ساده دیجیتالی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود که:

۱ـ سیستم‌های دیجیتال و آنالوگ را از یکدیگر تشخیص دهد.

۲ـ اصول کار مدارهای منطقی را شرح دهد.

۳ـ علامت‌های قراردادی و جدول‌های صحت دروازه‌های منطقی AND ، OR ، NOR ، NOT ، NAND ، XOR و XNOR را رسم کند.

۴ـ جدول صحت دروازه‌های منطقی AND، OR، NOT، NAND، NOR، XOR و XNOR را از طریق آزمایش به دست آورد.

۵ـ دروازه‌های منطقی دیودی و ترانزیستوری را شرح دهد.

۶ـ دروازه‌های منطقی دیودی و ترانزیستوری AND، OR، NOT، NAND و NOR را عملاً بررسی و جدول صحت آن‌ها را از طریق آزمایش به‌دست آورد.

۷ـ توابع ساده بول را به کمک جبر بول ساده کند.

۸ـ توابع ساده بول را به کمک جدول کارنو ساده کند.

۹ـ ساده‌سازی توابع بول را عملاً انجام دهد.

۱۰ـ فرق بین IC های TTL و CMOS را شرح دهد.

۱۱ـ جدول صحت دروازه NAND از نوع CMOS را از طریق آزمایش به‌دست آورد.

۱۲ـ دروازه‌های منطقی سه حالته را شرح دهد.

۱۳ـ جدول صحت دروازه‌های منطقی سه حالته را از طریق آزمایش به دست آورد.

۱۴ـ کاربرد دروازه‌های منطقی سه حالته را بیان کند.

۱۵ـ عملکرد مدار جمع کننده ناقص را شرح دهد.

۱۶ـ عملکرد مدار جمع کننده کامل را شرح دهد.

۱۷ـ عملکرد مدار تفریق کننده ناقص را شرح دهد.

۱۸ـ عملکرد مدار تفریق کننده را شرح دهد.

۱۹ـ مدار جمع کننده کامل و تفریق‌کننده یک بیتی را عملاً مورد آزمایش قرار دهد.

۲۰ـ مدار مقایسه‌کننده یک بیتی را شرح دهد.

۲۱ـ مدار مقایسه‌کننده یک بیتی را آزمایش کند و جدول صحت آن را به دست آورد.

ساعت		
نظری	عملی	جمع
۱۵	۱۵	۳۰

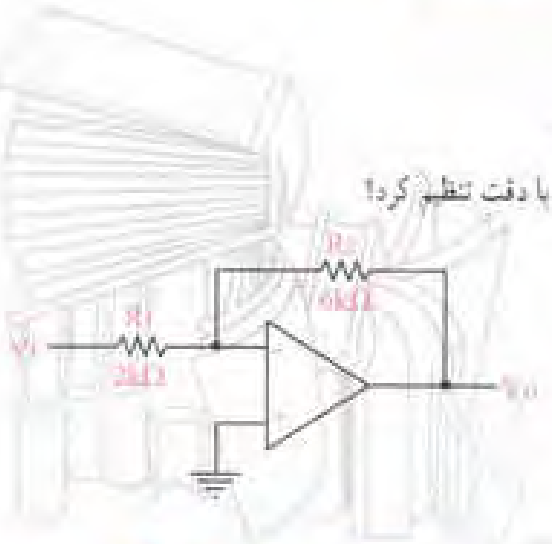
پیش آزمون (۷)

۱ـ IC چه مزیتی بر مدار مجزا دارد؟

۲ـ یک تقویت‌کننده عملیاتی چه مشخصاتی باید داشته باشد؟

۳ـ چگونه می‌توان در یک تقویت‌کننده عملیاتی بهره تقویت‌را با دقت تنظیم کرد؟

۴ـ در شکل مقابل بهره ولتاژ $\frac{V_o}{V_i}$ چقدر است؟



الف: □ ۳ ب: □ ۲

ج: □ ۶ د: □ ۱/۳۳

۵ـ چگونه می‌توان یک موج مربعی تولید کرد؟

۶ـ مقدار مقاومت شکل مقابل چند اهم است؟

۷ـ چگونه می‌توان تشخیص داد که یک TRIAC سالم است؟

۸ـ IC به شماره ۷۴۱ چند پایه دارد؟

الف: □ ۶ ب: □ ۸ ج: □ ۱۴ د: □ ۱۶

۹ـ ساده شده تابع $f(A,B,C)=\overline{A}B+\overline{A}B\overline{C}+\overline{A}\overline{B}C$ کدام است؟

الف: □ $\overline{A}B+\overline{A}C$ ب: □ $\overline{A}B+\overline{A}\overline{C}$ ج: □ $\overline{A}\overline{B}+\overline{A}\overline{C}$ د: □ $\overline{A}B+AC$

۱۰ـ دروازه‌های منطقی سه حالته بیشتر در کجا کاربرد دارد؟

۱۱ـ فرق سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال را شرح دهید.

۱۲ـ دروازه منطقی را تعریف کنید.

۱۳ـ کدام جدول صحت مربوط به دروازه منطقی AND است؟

الف: □

A	B	Y
۰	۰	۰
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۱

ب: □

A	B	Y
۰	۰	۱
۰	۱	۱
۱	۰	۱
۱	۱	۰

ج: □

A	B	Y
۰	۰	۱
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۰

د: □

A	B	Y
۰	۰	۰
۰	۱	۰
۱	۰	۰
۱	۱	۱

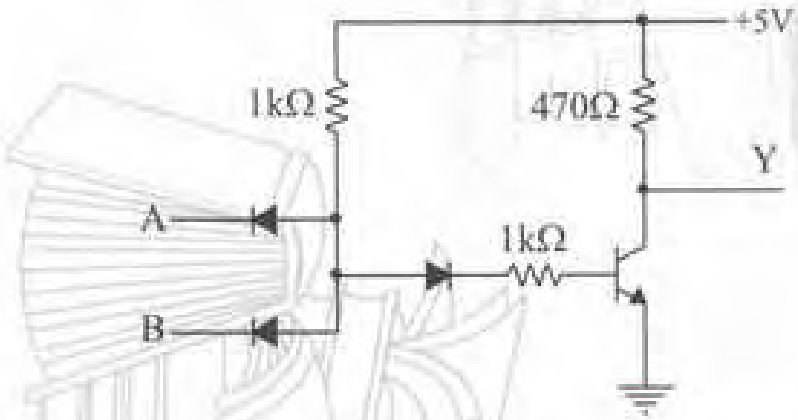
۱۴ـ رابطه منطقی خروجی دروازه منطقی XOR کدام است؟

الف: □ $\bar{A}B+A\bar{B}$ ب: □ $\overline{AB}+AB$ ج: □ $A+B$ د: □ $\overline{A+B}$

۱۵ـ شکل زیر کدام نوع دروازه منطقی است؟

الف: □ OR ب: □ NOR

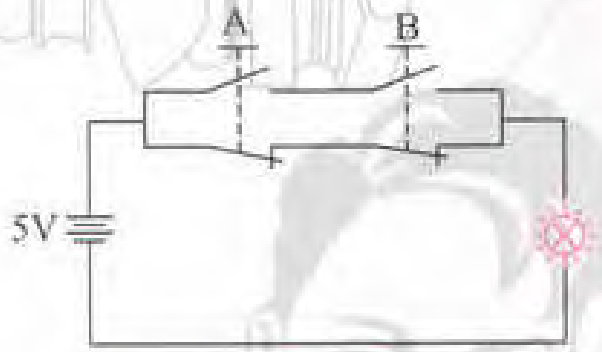
ج: □ AND د: □ NAND



۱۶ـ مدار کلیدی مقابل، عملکرد کدام گیت است؟

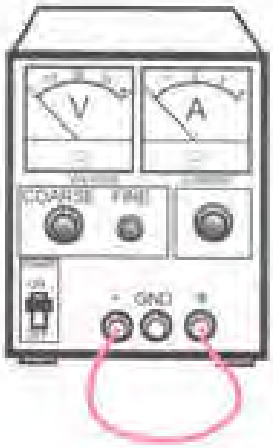
الف: □ OR ب: □ XOR

ج: □ NOR د: □ XNOR



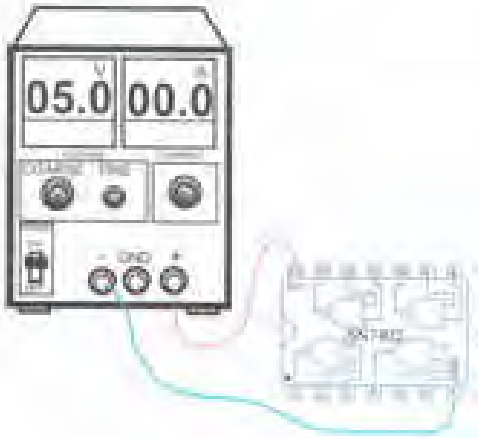
۱۷ـ رابطه منطقی $f(A,B)=\bar{A}B+A\bar{B}$ را به کمک کلیدها رسم کنید.

نکات ایمنی (۷)



لطفاً قبل از شروع آزمایش نکات زیر را به‌خاطر بسپارید :

۱ـ در صورت امکان از منبع تغذیه‌ای استفاده کنید که در مقابل اتصال کوتاه محافظت شده باشد.



۲ـ IC های سری SN74XXX در محدوده ولتاژ ۴/۷۵ تا ۵/۲۵ ولت کار می‌کنند. اگر ولتاژ تغذیه این IC ها از ۵/۲۵ ولت بیشتر شود ممکن است بسوزد. لذا سعی کنید ولتاژ کار این نوع IC ها را دقیقاً در محدوده ۵ ولت قرار دهید.

۳ـ هنگام جازدن IC در برد برد یا درآوردن آن دقت کنید که پایه‌های IC کج نشود. در صورت امکان برای درآوردن IC ها، از IC کش استفاده کنید.

۴ـ برخی از IC ها در مقابل الکتریسیته ساکن حساس هستند و چنانچه پایه‌های آن با دست لمس شود آسیب می‌بینند. هنگام کار با این IC ها دقت کنید تا به آن‌ها شوک الکتریکی وارد نشود.

قابل توجه همکاران ارجمند

با توجه به اینکه مدت اختصاص داده شده به کار عملی در این فصل محدود می‌باشد، ضروری است فراگیران فقط آزمایش شماره (۱) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندند و برای اجرای آزمایش‌های بعدی این فصل، براساس هر آزمایش در هنرستان‌ها یک برد مدار چاپی آماده تهیه می‌شود و در اختیار هنرجویان قرار می‌گیرد لذا هنرجویان بدون بستن تک‌تک اجزاء مدار می‌توانند همه‌ی آزمایش‌ها را انجام دهند.

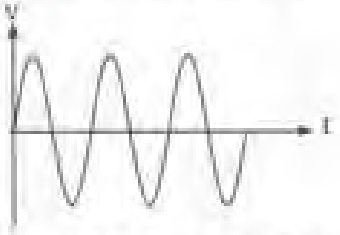
۱ـ۷ـ سیستم‌های آنالوگ و دیجیتال

سیستم‌های آنالوگ به سیستم‌هایی گفته می‌شود که در آن سیگنال‌ها همواره پیوسته هستند. به‌عبارت دیگر خروجی سیستم‌های آنالوگ تابعی پیوسته از ورودی آن است.

به‌عنوان مثال در یک آوومتر عقربه‌ای، حرکت عقربه به‌صورت پیوسته و تدریجی است یعنی عقربه به‌صورت پله‌ای حرکت نمی‌کند. شکل (۱ـ۷) یک نمونه آوومتر عقربه‌ای یا آنالوگ را نشان می‌دهد. در این نوع آوومتر عقربه متناسب با کمیت الکتریکی ورودی حرکت می‌کند.

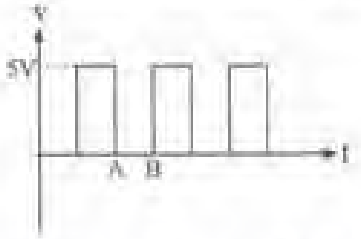
شکل ۱ـ۷ـ یک نمونه اوومتر آنالوگ

در شکل (۲ـ۷)، یک نمونه سیگنال پیوسته یا آنالوگ را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲ـ۷ـ یک نمونه سیگنال پیوسته

در مقابل سیستم‌های آنالوگ، سیستم دیگری وجود دارد که در آن سیگنال‌ها دائماً قطع و وصل می‌شوند. به این نوع سیستم‌ها، سیستم‌های دیجیتال می‌گویند. در شکل (۳ـ۷) یک نمونه سیگنال دیجیتال نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل پیداست سیگنال در زمان A به صفر رسیده است و تا زمان B هم‌چنان در حالت صفر باقی می‌ماند یعنی در این فاصله سیگنال قطع شده است.



شکل ۳ـ۷ـ یک نمونه سیگنال دیجیتالی یا تایپوسته

معمولاً صفحه‌ی نمایش (نمایشگر)[۱] دستگاه‌هایی که با سیستم دیجیتال کار می‌کنند، مقدار زمان یا کمیت‌های الکتریکی را به‌صورت ارقام و اعداد نشان می‌دهند. از این دستگاه‌ها می‌توان ساعت دیجیتالی یا آوومتر دیجیتالی را نام برد.

شکل (۴ـ۷) دو نمونه دستگاه دیجیتالی را نشان می‌دهد.

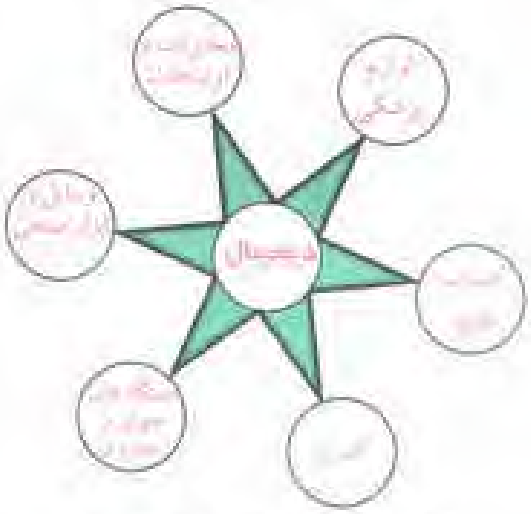
امروزه سیستم‌های دیجیتالی، کاربردهای فراوانی دارند و در تمام زمینه‌ها گسترش یافته‌اند.

شکل ۴ـ۷ـ دو نمونه دستگاه دیجیتالی

توجه داشته باشید دستگاههای دیجیتالی مانند دستگاه‌های آنالوگ یا هر وسیله دیگری محدودیت دارند.

۱ـ Display صفحه نمایشگر

در شکل (۵ـ۷) بعضی از این کاربردها نشان داده شده است. در ادامه بحث به‌اختصار با مدارهای دیجیتالی آشنا خواهید شد.



شکل ۵ـ۷ـ کاربردهای مدارهای دیجیتال

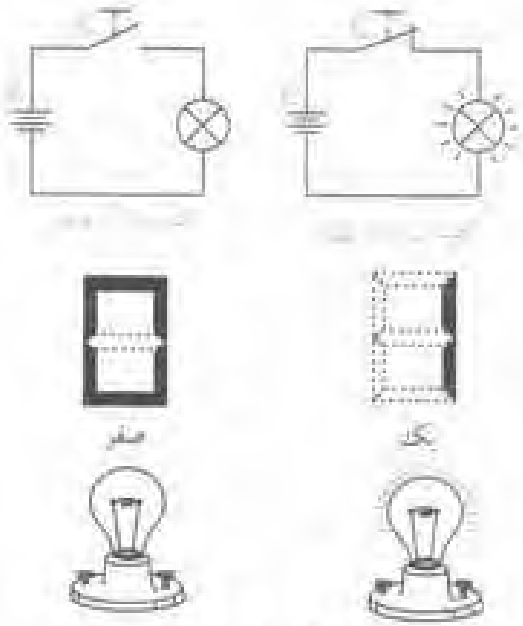
۲ـ۷ـ اصول کار مدارهای دیجیتال

۱ـ۲ـ۷ـ مفهوم صفر و یک منطقی: به شکل (۶ـ۷) توجه کنید. اگر کلید K بسته باشد لامپ روشن می‌شود و اگر کلید K باز باشد لامپ خاموش می‌شود. بنابراین برای لامپ دو حالت خاموش و روشن وجود دارد. اکنون می‌خواهیم این دوحالت لامپ یا باز و بسته‌بودن کلید را نام‌گذاری کنیم. برای این منظور می‌توانیم از واژه‌هایی مثل off، خاموش، LOW و ... برای لامپ در حالت خاموش و یا کلید در حالت باز استفاده کنیم. همچنین واژه‌های on، روشن، HIGH و ... را برای لامپ در حالت روشن به‌کار می‌بریم شکل (۷ـ۷). در زمینه نام‌گذاری دو حالت مختلف لامپ از پیشنهاد زیر نیز می‌توان استفاده کرد:

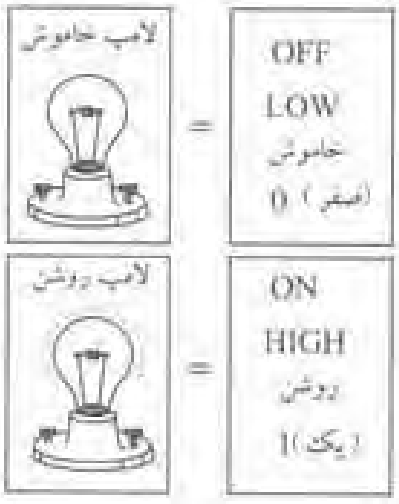
0 به ـــــ لامپ در حالت خاموش

1 به ـــــ لامپ در حالت روشن

چون صفر و یک از نظر طول کلمه خیلی کوتاه و همچنین ساده هستند. از این رو اعداد (۰ و ۱) را به‌عنوان نمادهایی برای نمایش در وضعیت مختلف یک لامپ یا کلید و یا هر سیستم دووضعیتی دیگر به‌کار می‌برند.

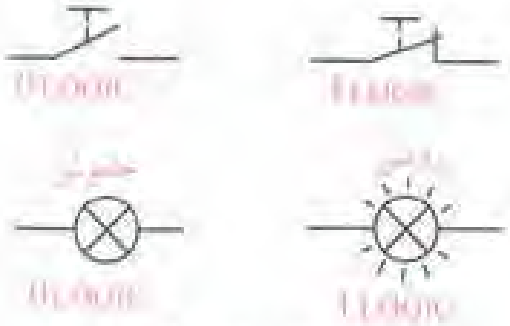


شکل ۶ـ۷ـ مفهوم صفر و یک



شکل ۷ـ۷ـ نام‌گذاری لامپ در حالت روشن و خاموش

برای این که صفر و یک که در این جا به‌عنوان تماد به‌کار برده شده‌اند با صفر و یک جبری اشتباه نشود، واژه‌ی Logic یا منطقی را معمولاً به دنبال صفر و یک می‌آورند. در این شرایط اعداد را به‌صورت صفر منطقی یا یک منطقی یا Logic 0 و یا 1 Logic می‌خوانند. شکل (۸ـ۷) مفهوم صفر و یک منطقی را نشان می‌دهد.



شکل ۸ـ۷ـ مفهوم صفر و یک منطقی

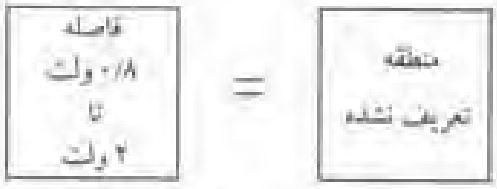
رایانه، ماشین‌حساب، ساعت دیجیتالی و سایر دستگاه‌های پیشرفته براساس صفر و یک منطقی کار می‌کنند. در این گونه دستگاه‌ها مفهوم صفر و یک روشن یا خاموش‌بودن لامپ نیست بلکه وجود یا عدم وجود ولتاژ است شکل (۹ـ۷ـ الف)، به‌عبارت دیگر ولتاژ حدود صفر ولت که عملاً از صفر تا ۰/۸ ولت است را به‌عنوان صفر منطقی و ولتاژ حدود ۵ ولت که عملاً ۲ تا ۵ ولت است را به‌عنوان یک منطقی در نظر می‌گیرند. ممکن است سطح ولتاژ یک منطقی در سیستم‌های مختلف با یکدیگر تفاوت داشته باشد ولی سطح ۵ ولت به‌عنوان یک منطقی از رایج‌ترین است، شکل (۹ـ۷) سطوح ولتاژ برای صفر منطقی و یک منطقی را نشان می‌دهد.

شکل ۹ـ۷ـ الف ـ صفر به معنی عدم وجود ولتاژ و یک به معنی وجود ولتاژ است.

شکل ۹ـ۷ـ ب ـ سطوح ولتاژ صفر و یک منطقی

اگر سطح ولتاژ بین ۰/۸ تا ۲ ولت قرار گیرد از قبل نمی‌توان تعیین کرد که سیستم، این ولتاژ را صفر منطقی در نظر می‌گیرد یا یک منطقی یعنی بستگی به درجه حرارت و ..... ممکن است سیستم مثلاً ولتاژ ۱/۵ ولت را صفر منطقی در نظر بگیرد و ممکن است یک منطقی در نظر بگیرد. شکل (۹ـ۷ـ ب)

فاصله ۰/۸ ولت تا ۲ ولت را منطقه تعریف‌نشده می‌نامند. شکل (۹ـ۷ـ ج)

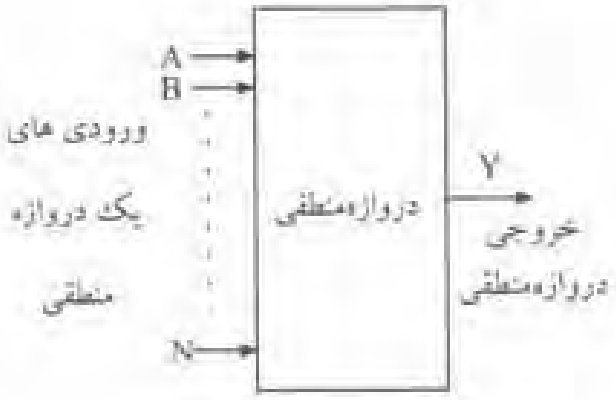


شکل ۹ـ۷ـ ج ـ منطقه تعریف نشده

نمایش سطح منطقی صفر و یک که در عمل به‌کار برده می‌شود.

۳ـ۷ـ دروازه‌های منطقی پایه

دروازه‌های[1] منطقی اساس کار سیستم‌های دیجیتال را تشکیل می‌دهند. یک سیستم دیجیتالی از تعدادی دروازه منطقی ساخته شده است. یک دروازه منطقی در حقیقت یک مدار الکترونیکی است که یک یا چند ورودی و **فقط یک خروجی** دارد. شکل (۱۰ـ۷) بلوک یک دروازه منطقی را نشان می‌دهد.



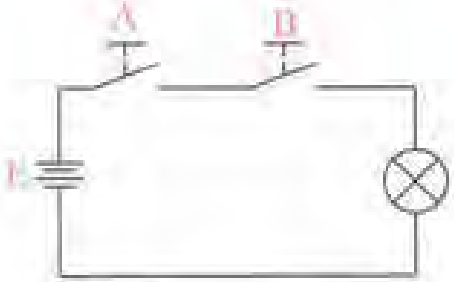
شکل ۱۰ـ۷ـ بلوک یک دروازه منطقی

در مدارهای غیرکامپیوتری، ساخت دروازه‌های منطقی با استفاده از کلیدها، شستی‌ها، رله‌ها و ... امکان‌پذیر است شکل (۱۱ـ۷). به‌طور خلاصه یک دروازه منطقی، یک مدار الکتریکی یا الکترونیکی است که با توجه به حالت‌هایی که به ورودی آن داده می‌شود (صفر یا یک منطقی) خروجی آن نیز در وضعیت صفر یا یک منطقی قرار می‌گیرد. بدین ترتیب انواع دروازه‌های منطقی به‌وجود می‌آید که به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

شکل ۱۱ـ۷ـ عناصر مورد استفاده در دروازه‌های منطقی

۱ـ۳ـ۷ـ دروازه منطقی AND: دروازه منطقی AND، دروازه‌ای است که اگر همه ورودی‌های آن در وضعیت یک منطقی قرار گیرند، خروجی آن در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد.

مدار الکتریکی شکل (۱۲ـ۷) را در نظر بگیرید، اگر هر دو کلید A و B باز باشند (در وضعیت صفر منطقی قرار داشته باشند) لامپ خاموش است (لامپ به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود) و یا به‌عبارت دیگر خروجی در وضعیت صفر منطقی قرار می‌گیرد. اگر فقط یکی از دو کلید A یا B بسته باشند (A = ۱ و B = ۰ یا A = ۰ و B = ۱) باز هم خروجی در وضعیت صفر قرار می‌گیرد. لذا هنگامی خروجی در وضعیت یک منطقی (لامپ روشن) قرار می‌گیرد که کلید A و کلید B بسته باشند (در وضعیت یک منطقی قرار گرفته باشند).



شکل ۱۲ـ۷ـ عملکرد دروازه منطقی AND

۱ـ Gate = دروازه

در جدول (۱ـ۷)، تمامی حالات مختلف باز و بسته‌بودن کلید مورد بررسی قرار گرفته است.

اگر وصل‌بودن کلید را یک منطقی و قطع‌بودن کلید را صفر منطقی در نظر بگیریم و همچنین در خروجی روشن بودن لامپ را یک منطقی و خاموش‌بودن آن را صفر منطقی لحاظ کنیم، جدول (۱ـ۷) به جدول (۲ـ۷) تبدیل می‌شود.

مدار الکتریکی شکل (۱۲ـ۷) عملکرد دروازه منطقی AND را نشان می‌دهد. جدول (۲ـ۷) جدول صحت یا جدول درستی مدار نامیده می‌شود. هر دروازه منطقی یک جدول صحت خاص خود را دارد. به عبارت دیگر براساس جدول صحت می‌توان یک مدار الکتریکی یا الکترونیکی ساخت، به‌طوری که یک جدول صحت خاص در آن مدار صدق کند.

جدول ۱ـ۷

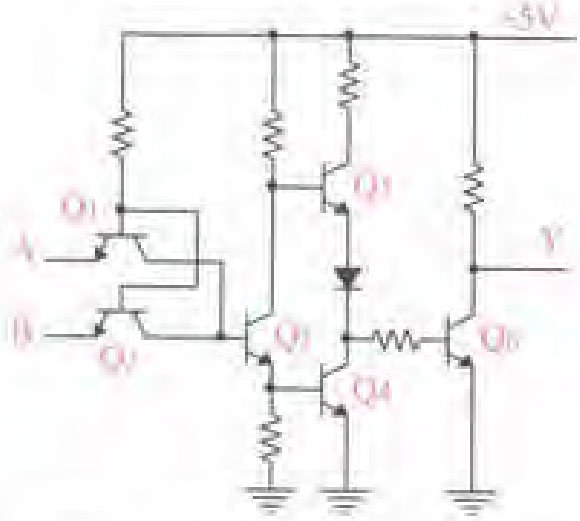
وضعیت لامپ	وضعیت کلید B	وضعیت کلید A
خاموش	قطع	قطع
خاموش	وصل	قطع
خاموش	قطع	وصل
روشن	وصل	وصل

جدول ۲ـ۷

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

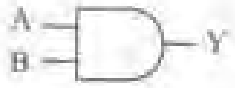
شکل (۱۳ـ۷) مدار الکترونیکی یک دروازه منطقی AND را نشان می‌دهد. همانطورکه از شکل (۱۳ـ۷) پیداست باید مدار الکترونیکی را به ولتاژ DC مثلاً ۵ ولت وصل کرد تا بتوان عملکرد دروازه منطقی AND را مطابق جدول (۲ـ۷) از آن توقع داشت.

ورودی‌های A و B را متغیرهای ورودی می‌نامیم با توجه به سیستم‌های دیجیتالی، A و B فقط می‌توانند دو حالت صفر و یک را به خود اختصاص دهند. درصورتی که در جبر معمولی این محدودیت وجود ندارد.



شکل ۱۳ـ۷ـ مدار الکترونیکی یک دروازه منطقی AND

نماد دروازه منطقی AND با شکل (۱۴ـ۷) نشان داده می‌شود.



شکل ۱۴ـ۷ـ علامت قراردادی دروازه منطقی AND

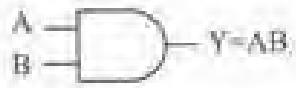
برای نشان‌دادن این مفهوم که متغیر A و متغیر B یا یک‌دیگر AND شده‌اند از رابطه زیر استفاده می‌کنیم.

$$Y = A \underset{\text{علامت AND}}{\cdot} B$$

و می‌خوانیم Y برابر است با A و B یا A آند B. برای ساده‌نویسی می‌توان علامت نقطه را بین متغیرها حذف کرد:

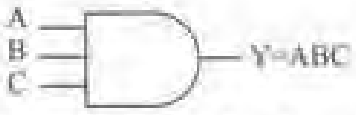
$$Y = AB$$

شکل (۱۵ـ۷) رابطه ورودی و خروجی در دروازه منطقی AND را نشان می‌دهد.

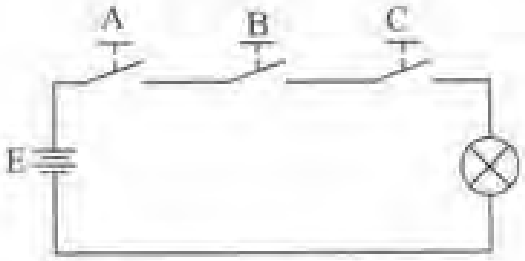


شکل ۱۵ـ۷ـ رابطه خروجی دروازه منطقی AND را به‌صورت AB نشان می‌دهد.

یک دروازه منطقی AND می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. در شکل (۱۶ـ۷) یک دروازه منطقی با سه ورودی همراه با مدار معادل کلیدی آن نشان داده شده است.



الف – علامت قراردادی دروازه منطقی AND با سه ورودی

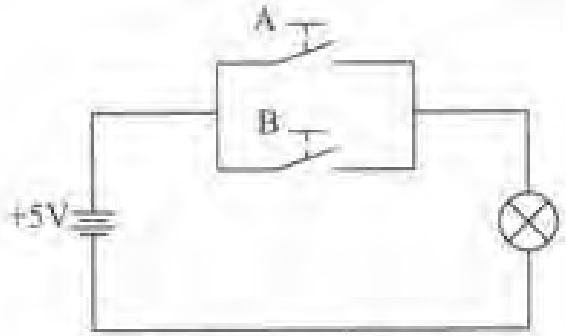


ب – عملکرد کلیدی دروازه منطقی AND با سه ورودی

شکل ۱۶ـ۷ـ نماد عملکرد دروازه منطقی AND با سه ورودی

۲ـ۳ـ۷ـ دروازه منطقی OR[1]: دروازه منطقی OR، دروازه‌ای است که اگر حداقل یکی از ورودی‌های آن در وضعیت یک منطقی باشد خروجی آن در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد. شکل (۱۷ـ۷) عملکرد دروازه منطقی OR را نشان می‌دهد. در شکل (۱۷ـ۷)، اگر فقط یکی از دو کلید A یا B و یا هر دو در وضعیت یک منطقی (حالت بسته) قرار گیرند خروجی (V_o) در وضعیت یک منطقی قرار خواهد گرفت. برای بررسی عملکرد دروازه منطقی OR، با توجه به جدول (۳ـ۷) حالات مختلف باز و بسته‌بودن کلیدها را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

اگر حالت بازبودن کلید را صفر منطقی و حالت بسته‌بودن کلید را یک منطقی و همچنین ولتاژ صفر ولت را صفر منطقی و



شکل ۱۷ـ۷ـ عملکرد دروازه‌ی منطقی OR با دو ورودی

جدول ۳ـ۷

وضعیت لامپ	وضعیت کلید B	وضعیت کلید A
خاموش	قطع	قطع
روشن	وصل	قطع
روشن	قطع	وصل
روشن	وصل	وصل

۱ـ OR = یا

ولتاژ ۵ ولت را یک منطقی در نظر بگیریم، جدول (۳ـ۷) تبدیل به جدول (۴ـ۷) می‌شود. جدول ۴ـ۷، جدول صحت دروازه منطقی OR نامیده می‌شود.

جدول ۴ـ۷

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

نماد دروازه منطقی OR را با شکل (۱۸ـ۷) نشان می‌دهند. برای اینکه نشان دهیم متغیر A یا متغیر B یا یک‌دیگر OR شده‌اند از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم.

$$Y = A \overset{\downarrow}{+} B$$

علامت OR (نه جمع)

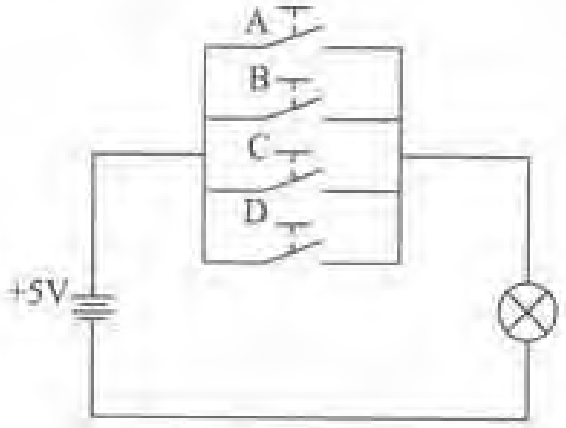
شکل ۱۸ـ۷ـ علامت قراردادی دروازه منطقی OR

می‌خوانیم Y برابر است با A یا B و یا A اُر B.

مقدار Y زمانی یک است که یا A یک باشد یا B و یا هر دو. شکل (۱۹ـ۷) عملکرد منطقی دروازه منطقی OR را نشان می‌دهد.

شکل ۱۹ـ۷

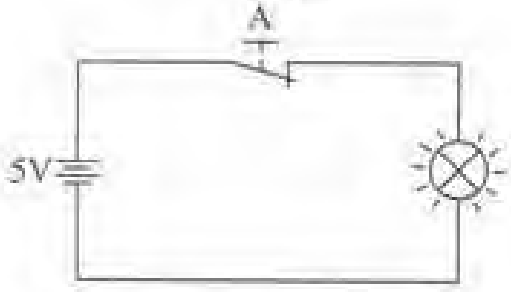
یک دروازه منطقی OR می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. شکل (۲۰ـ۷) نماد یک دروازه منطقی OR با چند ورودی را همراه با مدار کلیدی آن نشان می‌دهد.



شکل ۲۰ـ۷

۳ـ۳ـ۷ـ دروازه منطقی NOT: دروازه منطقی NOT دارای یک ورودی و یک خروجی است. خروجی آن زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که ورودی آن در وضعیت صفر منطقی باشد.

برای بررسی عملکرد دروازه منطقی NOT به شکل (۲۱ـ۷) توجه کنید: اگر کلید در وضعیت عادی باشد، یعنی ورودی صفر منطقی شود، لامپ روشن می‌ماند و چنانچه کلید را تحریک کنیم (یک منطقی) لامپ خاموش می‌شود.



شکل ۲۱ـ۷ـ عملکرد کلیدی دروازه منطقی NOT

در این مدار نیروی وارد بر کلید حالت یک منطقی و نبود نیرو حالت صفر منطقی است.

این نتایج در جدول (۵ـ۷)، خلاصه شده است.

جدول (۵ـ۷) را می‌توان به‌صورت جدول (۶ـ۷) نیز نوشت. جدول (۶ـ۷)، جدول صحت دروازه منطقی NOT است.

جدول ۵ـ۷

وضعیت کلید A	وضعیت لامپ
عادی	روشن
تحریک شده	خاموش

جدول ۶ـ۷

A	Y
0	1
1	0

شکل (۲۲ـ۷)، نماد دروازه‌ی منطقی NOT را نشان می‌دهد. برای نشان‌دادن این که خروجی، NOT ورودی است، از رابطه زیر استفاده می‌کنیم:

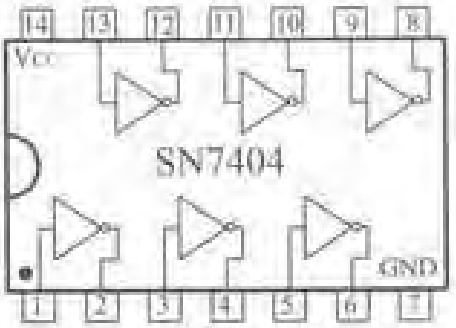
$$Y = \overline{A}$$

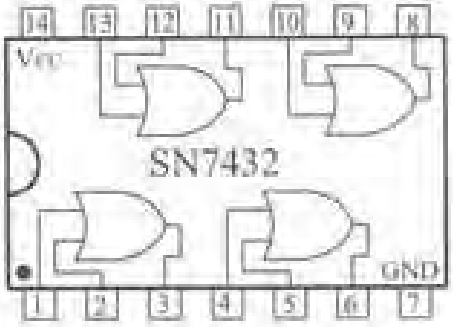
$\overline{A}$ را A NOT یا آنات می‌خوانند.

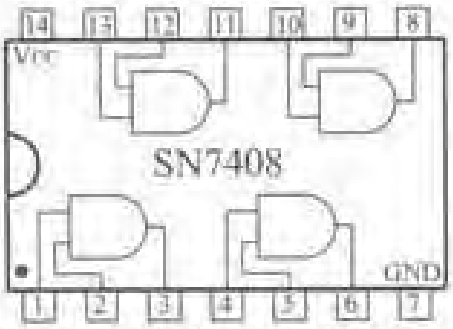
دروازه‌های منطقی AND، OR و NOT را به‌صورت یک IC (مدار مجتمع) می‌سازند و به بازار عرضه می‌کنند. این ICها معمولاً ۱۴ یا ۱۶ پایه هستند. شکل (۲۳ـ۷)، ICهایی شامل دروازه‌های منطقی فوق را نشان می‌دهد.

همان‌طور که از شکل (۲۳ـ۷) مشخص است در هر IC تعدادی حدود ۴ یا ۶ دروازه منطقی وجود دارد. در ضمن برای هر IC یک پایه GND برای اتصال زمین یا صفر ولت و یک پایه $+V_{CC}$ برای ولتاژ تغذیه ۵ ولت در نظر می‌گیرند.

شکل ۲۲ـ۷ـ نماد دروازه منطقی NOT







شکل ۲۳ـ۷ـ نمای داخلی ICهای شامل دروازه‌های منطقی NOT، OR و AND

مدت زمان انجام آزمایش ۳ ساعت

۴ـ۷ـ آزمایش شماره (۱)

۱ـ۴ـ۷ـ نام آزمایش: دروازه‌های منطقی AND، OR و NOT

۲ـ۴ـ۷ـ هدف‌های آزمایش:

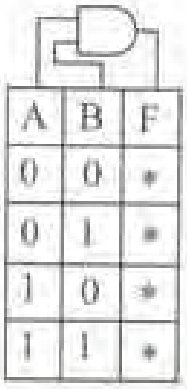
الف : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی AND و شناخت IC مربوط به آن

ب : تعیین جدول صحت دروازه منطقی OR و شناخت IC مربوط به آن

ج : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOT و شناخت IC مربوط به آن

۳ـ۴ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش با اندازه‌گیری ولتاژهای ورودی و خروجی دروازه‌های منطقی، مفهوم صفر و یک منطقی را به‌خوبی درک خواهید کرد. هم‌چنین با ICهای مربوط به دروازه‌های منطقی AND، OR و NOT که عملاً در بازار برای فروش عرضه می‌شوند آشنا خواهید شد. در نهایت با بستن و آزمایش دروازه‌های منطقی، جدول صحت آن‌ها را به‌دست می‌آورید تا دقیقاً به عملکرد دروازه‌های منطقی فوق آشنا شوید.

به یاد داشته باشید که برای تعیین سلامت یک IC، می‌توانید از همین آزمایش استفاده کنید.



A	B	F
0	0	*
0	1	*
1	0	*
1	1	*

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع بابه المان‌ها بررسی کنید.

ICهایی که برای این آزمایش در نظر گرفته شده‌اند عبارتند از:

IC با شماره SN۷۴۰۸ (در داخل این IC چهار عدد دروازه منطقی AND وجود دارد)

IC با شماره SN۷۴۳۲ (در داخل این IC چهار عدد دروازه منطقی OR وجود دارد)

IC با شماره SN۷۴۰۴ (در داخل این IC شش عدد دروازه منطقی NOT وجود دارد)

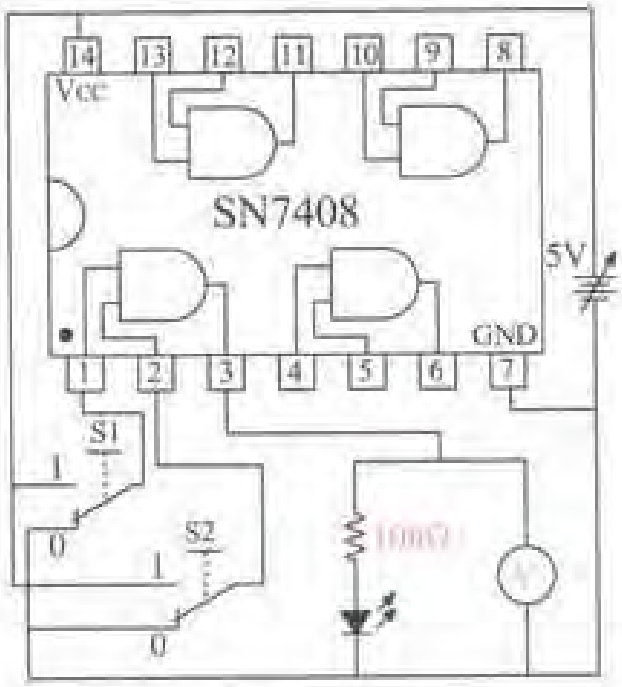
۴ـ۴ـ۷ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات		تعداد / مقدار
۱ـ IC	۷۴۰۸	یک عدد
۲ـ IC	۷۴۳۲	یک عدد
۳ـ IC	۷۴۰۴	یک عدد
۴ـ منبع تغذیه	۱۵ـ۰ ولت ۱۸	یک دستگاه
۵ـ بُرد یا برد آزمایشگاهی		یک قطعه
۶ـ دیود نوردهنده LED		یک عدد
۷ـ مقاومت ۱۰۰Ω		یک عدد
۸ـ کلید دوراهه (از نوع مینیاتوری)		دو عدد
۹ـ سیم‌های رابط		به اندازه کافی
۱۰ـ آوومتر دیجیتالی یا عقربه‌ای		یک دستگاه

۵ـ۴ـ۷ـ مراحل اجرای آزمایش:

الف : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی AND و شناخت IC مربوط به آن

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲۴ـ۷) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.
- اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ۵ ولت ثابت است از آن برای مدار استفاده کنید.
- درصورتی که منبع تغذیه متغیر در اختیار دارید ابتدا ولتاژ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.



شکل ۲۴ـ۷ـ مدار آزمایش، برای به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه AND

توجه داشته باشید که ولتاژ خط تغذیه ICها (V_{CC}) همان سطح ولتاژ یک منطقی است و ولتاژی که به پایه GND (زمین) وصل می‌شود، صفر منطقی است. اگر کلیدهای S_1 و S_2 در حالت یک قرار گیرند ولتاژ ۵ ولت (یک منطقی) به ورودی دروازه منطقی اعمال می‌کند و اگر در حالت صفر قرار گیرد صفر ولت یا صفر منطقی را به ورودی دروازه منطقی اعمال می‌کند.

- با قراردادن کلیدهای S_1 و S_2 در حالات مختلف جدول (۷ـ۷) را تکمیل کنید.

جدول ۷ـ۷

A	B	وضعیت نور LED	...ولتاژی که ... می‌دهد	F=AB
0	0	خاموش		0
0	1			
1	0			
1	1			

سؤال ۱ـ چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ:.....

.....

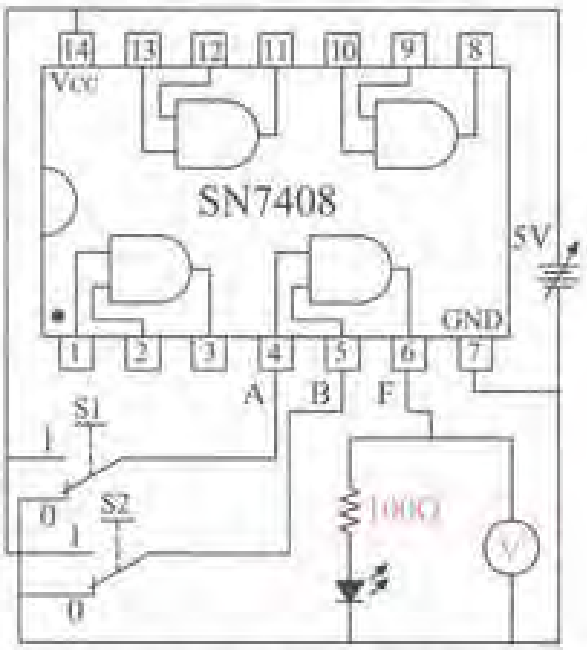
درصورتی که نتوانستید به سؤال(۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ برای یکی دیگر از دروازه‌های منطقی AND موجود در IC شماره SN۷۴۰۸، آزمایش شکل (۲۵ـ۷) را انجام دهید و جدول صحت (۸ـ۷) را کامل کنید.

سؤال ۲ـ آیا جدول صحت دروازه‌های منطقی موجود در یک IC با یکدیگر تفاوت دارند؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....



شکل ۲۵ـ۷ـ مدار آزمایش به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی AND

جدول ۸ـ۷

A	B	وضعیت LED		F=A.B
0	0	خاموش		0
0	1			
1	0			
1	1			

درصورتی که نتوانستید به سؤال(۲) پاسخ دهید یا شک به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

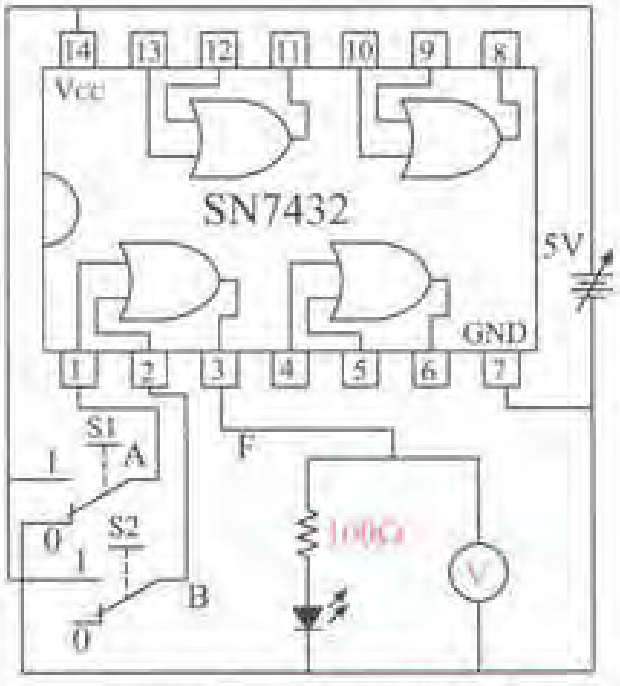
ب: به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی OR و شناخت IC مربوط به آن

■ مدار شکل (۲۶ـ۷) را روی بُرد بُرد یا بُرد آزمایشگاهی ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید و سپس آن را به IC اتصال دهید.

اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ۵ ولت ثابت است برای تغذیه IC از آن استفاده کنید.

■ با استفاده از کلیدهای S_1 و S_2 به ورودی یکی از دروازه‌های منطقی OR، سیگنال‌های صفر و یک منطقی را اعمال کنید.



شکل ۲۶ـ۷ـ مدار آزمایش برای به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی OR

■ وضعیت خروجی را در هر حالت مشاهده کرده، و در جدول (۹ـ۷) درج نمایید.

سؤال ۳ـ چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرد؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....

جدول ۹ـ۷

A	B	وضعیت لامپ LED	مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد	F=A+B
0	0	خاموش		0
0	1			
1	0			
1	1			

درصورتی که نتوانستید به سؤال(۳) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ برای یکی دیگر از دروازه‌های منطقی OR در IC شماره SN7432 مراحل آزمایش را طبق شکل (۲۷ـ۷) تکرار و جدول صحت (۱۰ـ۷) را کامل کنید.

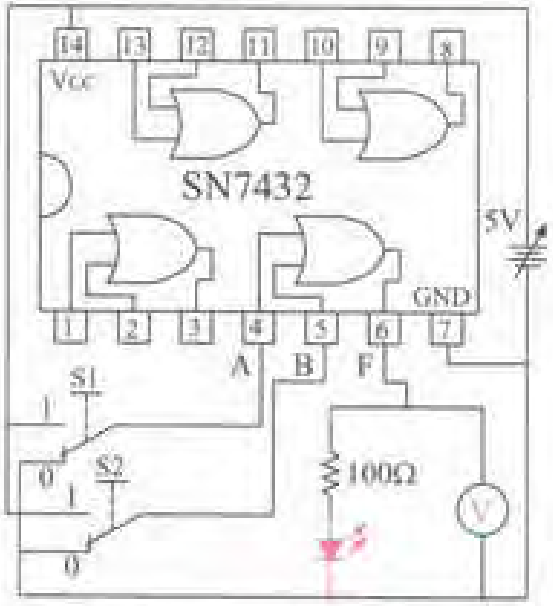
سؤال ۴ـ آیا جدول صحت مربوط به دروازه‌های منطقی مختلف موجود در یک IC با یکدیگر تفاوت دارند؟ شرح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....



شکل ۲۷ـ۷ـ مدار آزمایش برای به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی OR

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین پُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع یافته المان‌ها بررسی کنید.

جدول ۱۰ـ۷

A	B	وضعیت لامپ LED	مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد	F=A+B
0	0	خاموش		0
0	1			
1	0			
1	1			

درصورتی که نتوانستید به سؤال(۴) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ج: به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOT و شناخت IC مربوط به آن

■ مدار شکل (۲۸ـ۷) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

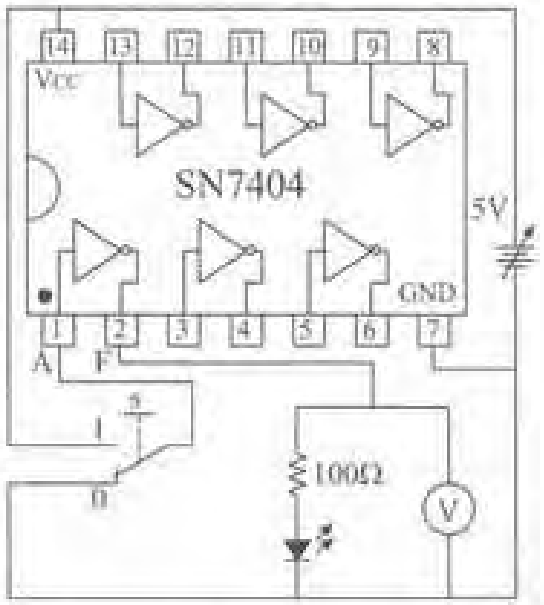
■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به IC وصل کنید.

اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه، دارای خروجی ۵ ولت ثابت است، برای تغذیه IC از آن استفاده کنید.

■ با استفاده از کلید دوراهه S، صفر و یک منطقی را به ورودی دروازه منطقی NOT اعمال کنید.

■ در هر دو حالت وضعیت خروجی را در جدول (۱۱ـ۷) یادداشت کنید.

سؤال ۵ـ چه نتیجه‌ای از این آزمایش می‌گیرید؟ توضیح دهید.



شکل ۲۸ـ۷ـ مدار آزمایش به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOT

جدول ۱۱ـ۷

A	وضعیت نور LED	ولت‌متر نشان می‌دهد	$F=\overline{A}$
0			
1			

پاسخ:

.....

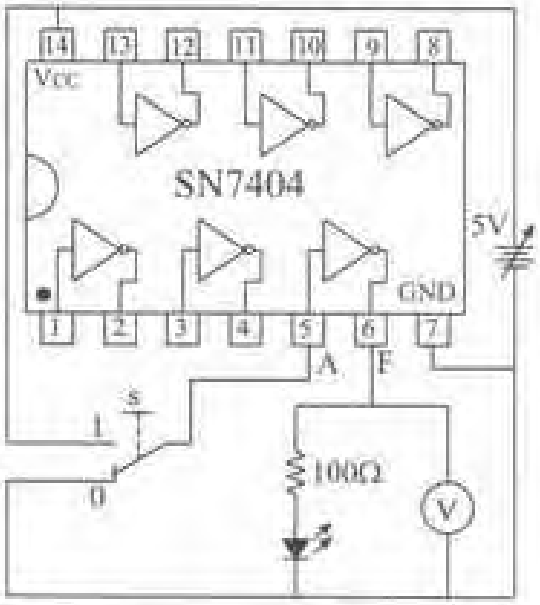
.....

.....

.....

درصورتی که نتوانستید به سؤال(۵) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

■ برای یکی دیگر از دروازه‌های منطقی NOT در IC شماره SN7404، آزمایش شکل (۲۹ـ۷) را انجام دهید و جدول (۱۲ـ۷) را کامل کنید.



شکل ۲۹ـ۷ـ مدار آزمایش به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOT

سؤال ۶ـ چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....
.....
.....
.....

جدول ۱۲ـ۷

A	وضعیت چراغ LED		$F=\bar{A}$
0			
1			

درصورتی که نتوانستید به سؤال(۶) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۴ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش: .....
.....
.....
.....

۷ـ۴ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت نیتروار بنویسید.

نتایج: .....
.....

آزمون

۱ـ اگر همه ورودی‌های یک دروازه منطقی یک باشند، خروجی آن دروازه منطقی برابر با یک منطقی است. این دروازه منطقی کدام است؟

الف: □ AND　　ب: □ OR　　ج: □ NOT　　د: □ مورد الف و ب

۲ـ خروجی یک دروازه منطقی OR که دارای دو ورودی A و B است در کدام حالت برابر با صفر منطقی است؟

الف: □ حداقل یکی از ورودی‌های آن برابر یک باشد

ب: □ همه ورودی‌های آن برابر یک باشند.

ج: □ همه ورودی‌های آن صفر باشند.

د: □ حداقل یکی از ورودی‌های آن صفر باشد.

۳ـ در IC به شماره SNY۴۰۴، چند عدد دروازه منطقی NOT وجود دارد؟

الف: □ ۲　　ب: □ ۴　　ج: □ ۵　　د: □ ۶

۴ـ از ICهای زیر کدام یک مربوط به دروازه‌های منطقی OR است؟

الف: □ SNY۴۳۲　　ب: □ SNY۴۰۸A　　ج: □ SNY۴۰۰　　د: □ SNY۴۸۳

۵ـ در رابطه منطقی $F = A + B$، در کدام حالت $F = ۱$ می‌شود؟

الف: □ $A = ۰ , B = ۰$　　ب: □ $A = ۱ , B = ۰$　　ج: □ $A = ۱ , B = ۱$　　د: □ مورد ۲ و ۳

۶ـ در رابطه منطقی $F = AB$، در کدام حالت $F = ۱$ می‌شود؟

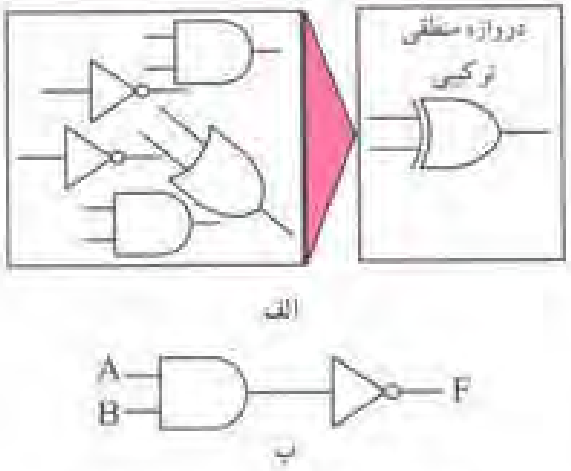
الف: □ $A = ۱ , B = ۰$　　ب: □ $A = ۰ , B = ۰$　　ج: □ $A = ۰ , B = ۱$　　د: □ $A = ۱ , B = ۱$

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل هفتم آزمون پایانی عملی (۷) خودآزمایی شماره (۱۱) مراجعه کنید.

۵ـ۷ـ دروازه‌های منطقی ترکیبی

با ترکیب برخی از دروازه‌های منطقی پایه با یکدیگر، دروازه‌های منطقی جدیدی ساخته می شوند که در مدارهای دیجیتالی و کامپیوتری کاربرد فراوانی دارند.

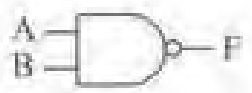
۱ـ۵ـ۷ـ دروازه منطقی NAND: دروازه منطقی NAND از ترکیب دو دروازه منطقی AND و دروازه منطقی NOT به‌وجود می‌آید. در دروازه منطقی NAND، ابتدا متغیرهای ورودی با یکدیگر AND شده و حاصل به‌دست‌آمده NOT می‌شود. شکل (۳۰ـ۷) عملکرد دروازه منطقی NAND را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰ـ۷ـ عملکرد دروازه منطقی NAND

نماد دروازه منطقی NAND در شکل (۳۱ـ۷) نشان داده شده است. برای اینکه نشان دهیم دو متغیر A و B با یکدیگر NAND شده‌اند از رابطه منطقی زیر استفاده می‌کنیم:

$$Y = \overline{AB}$$



شکل ۳۱ـ۷ـ نماد دروازه منطقی NAND

جدول صحت دروازه منطقی NAND را با استفاده از جدول (۱۳ـ۷) می‌توانیم به‌دست آوریم. برای این منظور ابتدا ورودی‌ها را با یک‌دیگر AND و حاصل به دست آمده را NOT می‌کنیم.

جدول (۱۳ـ۷) را می‌توانیم به‌صورت خلاصه‌تر به شکل جدول (۱۴ـ۷) بنویسیم.

همان‌طور که از جدول صحت (۱۴ـ۷) پیداست، خروجی دروازه منطقی NAND زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که حداقل یکی از ورودی‌های آن در وضعیت صفر منطقی باشند.

دروازه منطقی NAND نیز مانند دروازه منطقی OR یا AND می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. شکل (۳۲ـ۷) یک دروازه منطقی NAND را با سه ورودی نشان می‌دهد.

۲ـ۵ـ۷ـ دروازه منطقی NOR: دروازه منطقی NOR از ترکیب دروازه منطقی OR و دروازه منطقی NOT به وجود می‌آید. در دروازه منطقی NOR ابتدا متغیرهای ورودی با یکدیگر OR شده و سپس حاصل به‌دست‌آمده NOT می‌شود. شکل (۳۳ـ۷) عملکرد دروازه منطقی NOR را نشان می‌دهد. در شکل (۳۴ـ۷) نماد دروازه منطقی NOR نشان داده شده است.

برای اینکه نشان دهیم متغیر A و متغیر B با یکدیگر NOR شده‌اند، از رابطه منطقی زیر استفاده می‌کنیم:

$$F = \overline{A + B}$$

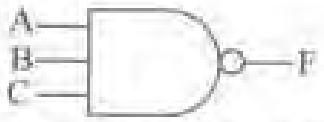
جدول صحت دروازه منطقی NOR را می‌توانیم با استفاده از جدول (۱۵ـ۷) به‌دست آوریم. برای این منظور ابتدا ورودی‌ها را با یکدیگر OR و سپس حاصل را NOT می‌کنیم.

جدول ۱۳ـ۷

A	B	F=AB	$F=\overline{AB}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

جدول ۱۴ـ۷

A	B	$F=\overline{AB}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



شکل ۳۲ـ۷ـ دروازه منطقی NAND با سه ورودی

شکل ۳۳ـ۷ـ عملکرد دروازه منطقی NOR

شکل ۳۴ـ۷ـ نماد دروازه منطقی NOR

جدول ۱۵ـ۷

A	B	F=A+B	$F=\overline{A+B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

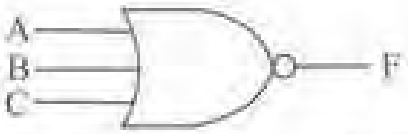
جدول (۱۵ـ۷) را می‌توانیم به‌صورت خلاصه‌تر طبق جدول (۱۶ـ۷) نشان دهیم.

همان‌طور که ازجدول (۱۶ـ۷) پیداست خروجی دروازه منطقی NOR زمانی در وضعیت یک منطقی است که همه ورودی‌های آن در وضعیت صفر منطقی باشند.

جدول ۱۶ـ۷

A	B	$F=\overline{A+B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

دروازه منطقی NOR نیز مانند بعضی از دروازه‌های منطقی می‌تواند بیش از دو ورودی داشته باشد. شکل (۳۵ـ۷) نماد یک دروازه منطقی با سه ورودی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۵ـ۷ـ نماد دروازه منطقی NOR با سه ورودی

۳ـ۵ـ۷ـ دروازه منطقی OR انحصاری یا XOR:

این دروازه منطقی فقط دارای دو ورودی است. و خروجی این گیت زمانی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که دو ورودی آن در سطح منطقی مشابه نباشند. نماد این دروازه منطقی در شکل (۳۶ـ۷) نشان داده شده و جدول صحت آن در جدول (۱۷ـ۷) آمده است.

شکل ۳۶ـ۷ـ نماد دروازه منطقی XOR

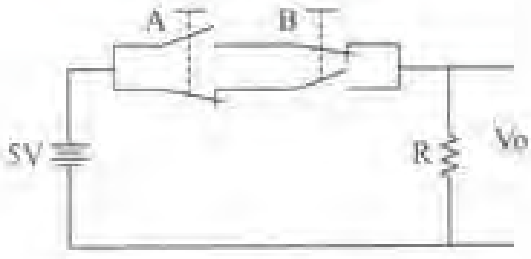
جدول ۱۷ـ۷

A	B	F=A⊕B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

برای بررسی عملکرد دروازه منطقی XOR، مدار کلیدی شکل (۳۷ـ۷) را در نظر بگیرید:

شستی‌های A و B، شستی‌های دوپله‌ای هستند که با فشاردادن آن‌ها، یکی از کنتاکت‌ها که در حالت عادی باز است بسته می‌شود و کنتاکت دیگر که در حالت عادی بسته است باز می‌شود. این نوع شستی‌ها به‌فراوانی در بازار یافت می‌شوند.

فرض کنید وضعیت **صفر منطقی** به گونه‌ای باشد که هیچ نوع فشاری به شستی وارد نشود و شستی حالت طبیعی خود را داشته باشد. همچنین وضعیت یک منطقی حالتی است که به



شکل ۳۷ـ۷ـ بررسی عملکرد دروازه منطقی XOR

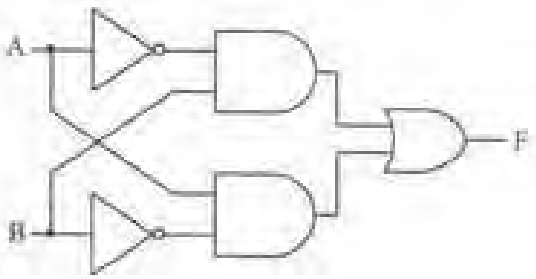
شستی فشار وارد می‌کنیم. اکنون فرض کنید به هیچ کدام از شستی‌ها نیرو وارد نکنیم در این حالت $A=0$ ، $B=0$ خواهد بود. با توجه به شکل مدار، هر دو مسیر عبور جریان قطع است، درنتیجه $V_0=0V$ می‌شود. حال اگر به هر دو شستی نیرو وارد کنیم یعنی $A=1$ و $B=1$ شود، باز هم هر دو مسیر عبور جریان قطع می‌شود و مقدار $V_0=0V$ خواهد بود. چنانچه به یکی از دو شستی نیرو وارد کنیم در این حالت $A=0$ ، $B=1$ یا $A=1$ ، $B=0$ خواهد شد. در این شرایط یکی از مسیرها بسته می‌شود و V_0 را به ۵ ولت می‌رساند. برای این که نشان دهیم متغیر A با متغیر B با یک‌دیگر XOR شده‌اند از رابطه منطقی زیر استفاده می‌کنیم:

$$Y = A \oplus B$$

یا

$$Y = \overline{A}B + A\overline{B}$$

شکل (۳۸ـ۷) شکل دروازه منطقی XOR را با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۳۸ـ۷ـ ساختمان داخلی دروازه منطقی XOR با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه (NOT-OR-AND)

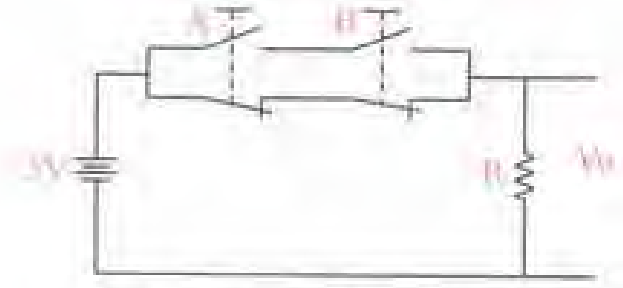
۴ـ۵ـ۷ـ دروازه منطقی NOR انحصاری یا XNOR: این دروازه منطقی مانند XOR فقط دارای دو ورودی است و خروجی آن هنگامی در وضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که دو ورودی آن در یک سطح منطقی مشابه باشند (یک جور باشند). نماد این دروازه منطقی در شکل (۳۹ـ۷) نشان داده شده است. جدول صحت دروازه منطقی را در جدول (۱۸ـ۷) مشاهده می‌کنید.

شکل ۳۹ـ۷ـ نماد دروازه منطقی XNOR

جدول ۱۸ـ۷

A	B	$F=\overline{A \oplus B}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

شکل (۴۰ـ۷) عملکرد کلیدی دروازه منطقی XNOR را نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل (۴۰ـ۷) پیداست، اگر هیچ نیرویی به شستی A و B وارد نشود یعنی $A=0$ ، $B=0$ باشد، مسیر جریان در مدار بسته می‌شود و V_0 را به ۵ ولت می‌رساند. اگر هر دو شستی را فشار دهیم $A=1$ ، $B=1$ می‌شود در این حالت نیز مسیر جریان بسته است و $V_0=5V$ می‌شود. حال اگر فقط یکی از شستی‌ها را فشار دهیم $A=1$ ، $B=0$ یا $A=0$ ، $B=1$ خواهد شد مسیر جریان در مدار باز می‌شود و



شکل ۴۰ـ۷ـ عملکرد کلیدی دروازه منطقی XNOR

V_0 را صفر می‌کند.

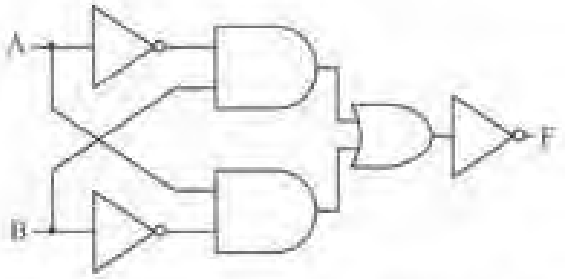
برای اینکه نشان دهیم متغیر A و متغیر B با یک دیگر XNOR شده‌اند از رابطه منطقی زیر استفاده می‌کنیم:

$$Y = \overline{A \oplus B}$$

یا

$$Y = \overline{AB} + AB$$

شکل (۴۱ـ۷)، دروازه منطقی XNOR را با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه‌ای نشان می‌دهد.

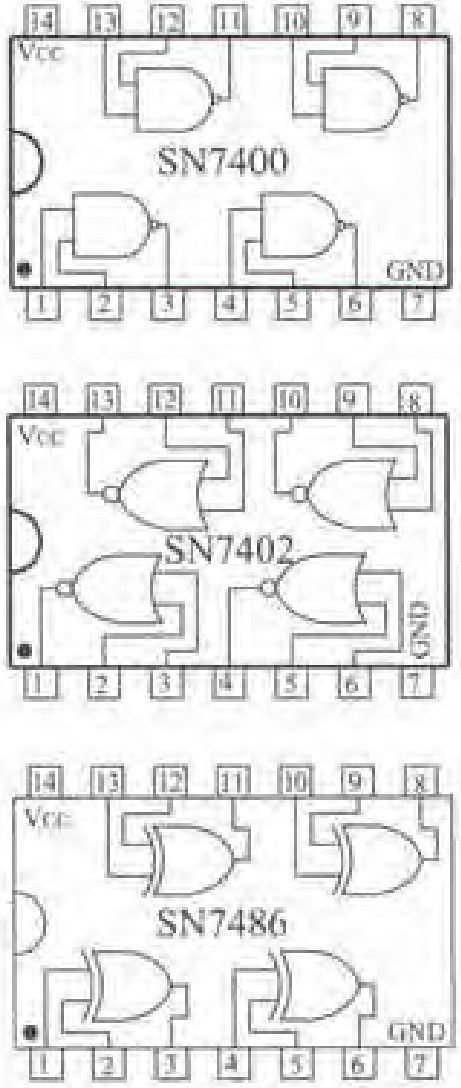


شکل ۴۱ـ۷ـ دروازه منطقی XNOR ساخته شده با استفاده از دروازه‌های منطقی پایه

در شکل (۴۲ـ۷)، ICهای مربوط به دروازه‌های منطقی NAND، NOR و XOR نشان داده شده‌اند. این ICها در بازار به‌فراوانی یافت می‌شوند.

نقشه داخلی آی سی‌های مختلف را می‌توانید از کاتولوگ آی سی استخراج کنید. بنابراین باید بتوانید کاتالوگ را مورد استفاده قرار دهید.

هنگام آزمایش دقیقاً به پایه‌های IC از نظر ورودی‌ها و خروجی‌های دروازه‌های منطقی توجه داشته باشید.



شکل ۴۲ـ۷ـ نمای داخلی ICهای با دروازه منطقی XOR، NOR، NAND

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۶ـ۷ـ آزمایش شماره (۲)

۱ـ۶ـ۷ـ نام آزمایش: دروازه‌های منطقی NAND، NOR، XOR، XNOR

۲ـ۶ـ۷ـ هدف‌های آزمایش:

الف : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی NAND و شناخت IC مربوط به آن

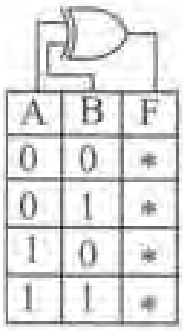
ب : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOR و شناخت IC مربوط به آن

ج : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی XOR و شناخت IC مربوط به آن

د : به‌دست‌آوردن جدول صحت دروازه منطقی XNOR

۳ـ۶ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش، مجدداً مفهوم صفر و یک منطقی را تجربه خواهید کرد. همچنین با ICهای مربوط به دروازه‌های منطقی NAND، NOR و XOR که عملاً در بازار برای فروش عرضه می‌شوند، آشنا خواهید شد. در نهایت با بستن و آزمایش دروازه‌های منطقی ذکر شده جدول صحت آن‌ها را به‌دست می‌آورید و دقیقاً با عملکرد اینگونه دروازه‌های منطقی آشنا می‌شوید.

تأکید می‌شود که برای تعیین سالم‌بودن یک IC می‌توانید همین آزمایش را عملاً مورد استفاده قرار دهید.



A	B	F
0	0	*
0	1	*
1	0	*
1	1	*

ICهایی که برای این آزمایش در نظر گرفته شده‌اند عبارتند از :

IC با شماره SN۷۴۰۰ (در داخل این IC چهار عدد دروازه منطقی NAND وجود دارد)

IC با شماره SN۷۴۰۲ (در داخل این IC چهار عدد دروازه منطقی NOR وجود دارد)

IC با شماره SN۷۴۸۶ (در داخل این IC چهار عدد دروازه منطقی XOR وجود دارد)

۴ـ۶ـ۷ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱۸ـ۱۵V ـ	یک دستگاه
۲ـ بردمدار جایی مخصوص آزمایش دروازه‌های منطقی NAND، NOR، XOR	از هرکدام یک عدد
۳ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۴ـ آومتر دیجیتالی	یک دستگاه

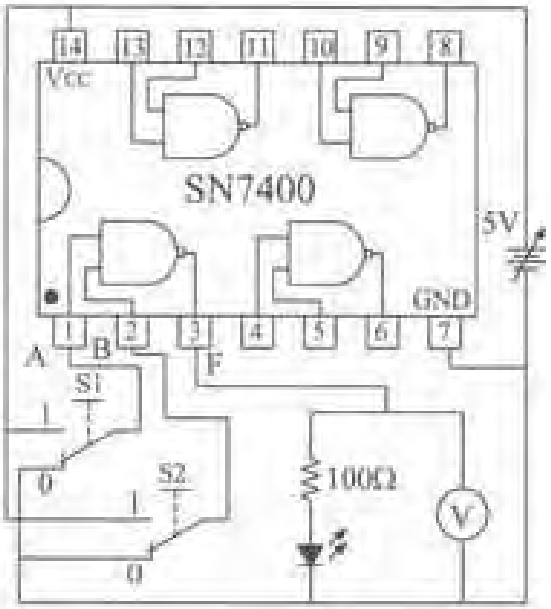
۵ــ۶ــ۷ــ مراحل اجرای آزمایش:

الف: به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی (گیت) NAND و شناخت IC مربوط به آن

■ وسایل و قطعات مورد نیاز آزمایش را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۲۳ــ۷) را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است بررسی کنید.

■ اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه، دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است از آن برای تغذیه IC استفاده کنید. در غیر این صورت ابتدا منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار IC وصل کنید.



شکل ۲۳ــ۷ــ مدار آزمایش برای به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی NAND

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین برد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

به یاد داشته باشید که:

ولتاژ تغذیه IC، ولتاژ سطح منطقی یک است و ولتاژ زمین (GND) ولتاژ سطح منطقی صفر است.

اگر کلیدهای S_1 و S_2 در حالت ۱ قرار گیرند ولتاژ ۵ ولت را به ورودی دروازه منطقی اعمال می‌کنند و اگر در حالت صفر قرار گیرند صفر ولت یا صفر منطقی را به دروازه منطقی اعمال می‌کنند.

■ با قرار دادن کلیدهای S_1 و S_2 در حالات مختلف، جدول (۱۹ــ۷) را تکمیل کنید.

سؤال ۱ــ چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید؟ توضیح دهید.

جدول ۱۹ــ۷

A	B	وضعیت نور LED	حالت یا ولتاژ خروجی دروازه	$Y=\overline{AB}$
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۵ــ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

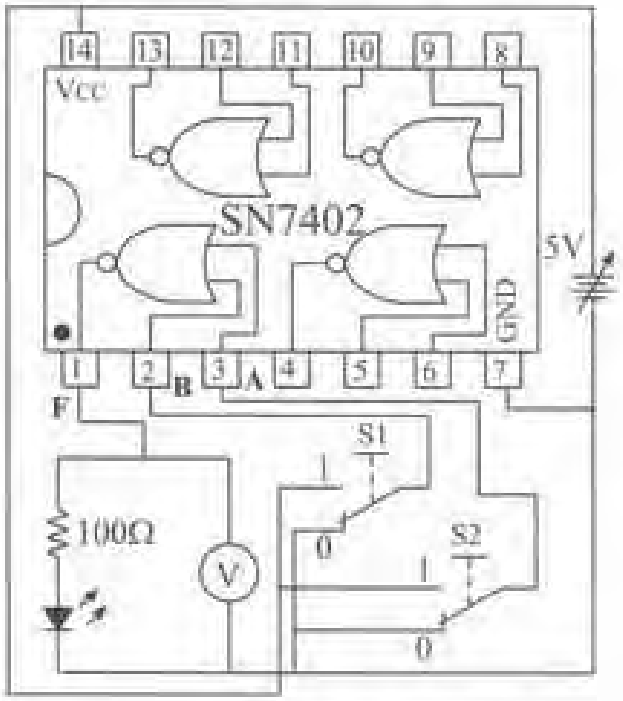
ب) به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOR و شناخت IC مربوط به آن

■ مدار شکل (۴۴ـ۷) را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به تغذیه مدار IC وصل کنید.

اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است برای تغذیه IC، از این ولتاژ ثابت استفاده کنید.

■ با استفاده از کلیدهای S_1 و S_2 که به ورودی‌های یکی از دروازه‌های منطقی IC به شماره SN7402 وصل شده‌اند،



شکل ۴۴ـ۷ـ مدار آزمایش برای به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی NOR

صفر و یک منطقی را مطابق جدول (۲۰ـ۷) به IC اعمال کنید.

■ وضعیت خروجی دروازه موردنظر را مشاهده کنید و نتایج به‌دست آمده را در جدول (۲۰ـ۷) بنویسید.

جدول ۲۰ـ۷

A	B	وضعیت روشن LED	مقدار ولتاژ در نقطه خروجی دروازه	$F=\overline{A+B}$
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

سؤال ۲: چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید؟ توضیح دهید.

نتیجه:

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به قسمت (۲ـ۵ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

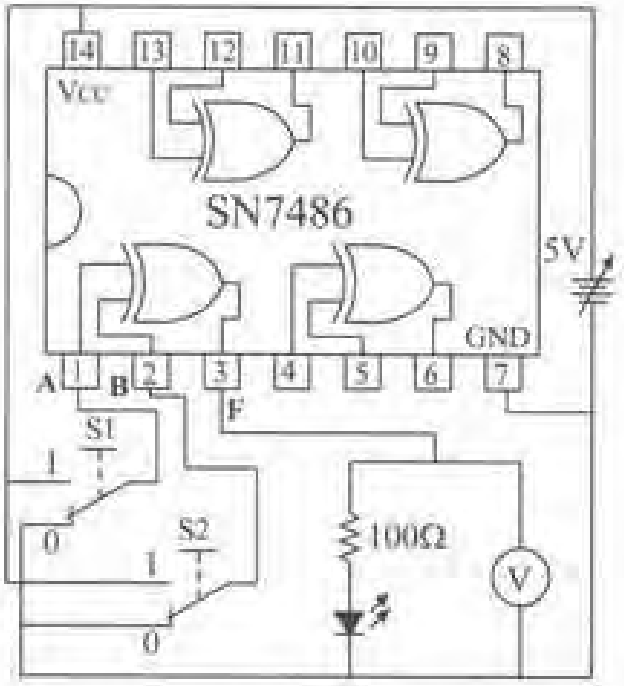
ج : به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی XOR و شناخت IC مربوط به آن

■ مدار شکل (۴۵ـ۷) را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به ولتاژ تغذیه مدار IC وصل کنید.

اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای تغذیه ثابت ۵ ولت است از آن برای تغذیه IC استفاده کنید چرا؟

■ با استفاده از کلیدهای S_1 و S_2، به ورودی یکی از دروازه‌های منطقی XOR مطابق جدول (۲۱ـ۷) صفر و یک منطقی را اعمال کنید.



شکل ۴۵ـ۷ـ مدار آزمایش برای به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی XOR

■ وضعیت خروجی را در حالات مختلف مشاهده و در جدول (۲۱ـ۷) یادداشت کنید.

جدول ۲۱ـ۷

A	B	وضعیت نور LED		F=A⊕B
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

سؤال ۳ـ چه نتیجه‌ای از آزمایش بالا می‌گیرید؟ توضیح دهید.

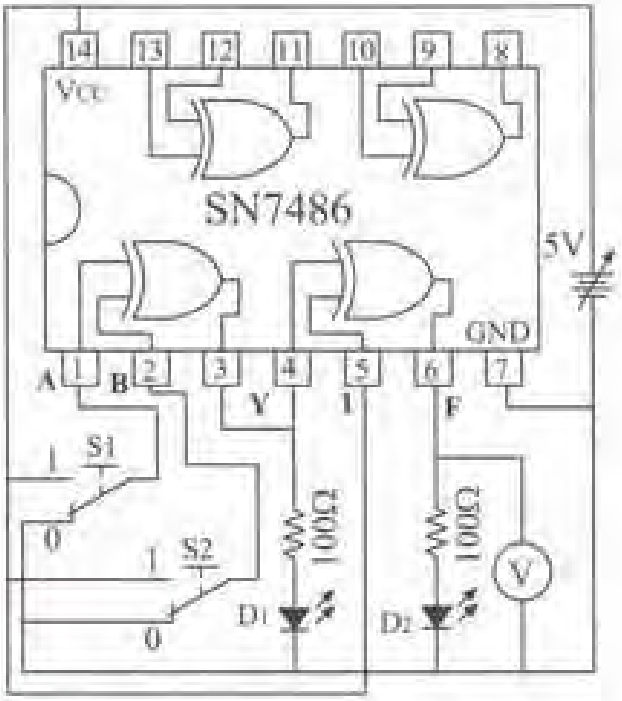
نتیجه:
.....
.....
.....
.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۳) پاسخ دهید با مشورت به پاسخ خود نزدیک شوید سپس به قسمت (۵ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

د : به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی XNOR

در سری ICهای SN۷۴XXX دروازه منطقی XNOR به‌ندرت ساخته می‌شود و معمولاً در بازار به آسانی یافت نمی‌شود. درصورتی که نیاز به این دروازه منطقی داشته باشیم می‌توانیم از یک دروازه منطقی XOR و یک دروازه منطقی NOT استفاده کنیم.

همچنین استفاده از دو دروازه منطقی XOR دروازه منطقی XNOR را ایجاد می‌کنند. در مدار شکل (۴۶ـ۷)، خروجی F، XNOR متغیرهای A و B است. در حقیقت دروازه منطقی دوم که یکی از پایه‌های آن به یک منطقی وصل شده است نقش NOT را دارد.



شکل ۴۶ـ۷ـ مدار آزمایش برای به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی XNOR

■ مدار شکل (۴۶ـ۷) را که قبلاً روی بُرد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و به مدار وصل کنید.

■ به کمک کلیدهای S_1 و S_2 به ورودی‌های A و B براساس جدول (۲۲ـ۷) صفر و یک اعمال کنید و جدول را تکمیل نمایید.

جدول ۲۲ـ۷

A	B	وضعیت نور LED		F=A⊙B
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

سؤال ۴: رابطه منطقی بین وضعیت نور دیود D_1 و D_2 را شرح دهید.

سؤال ۵: چه نتیجه‌ای از آزمایش می‌گیرید؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سؤالات ۴ و ۵ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۴ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۶ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

۷ـ۶ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتایج:
.....
.....

آزمون

۱ـ خروجی دروازه منطقی NAND هنگامی دروضعیت یک منطقی قرار می‌گیرد که:

الف: □ همه ورودی‌های آن صفر باشند. ب: □ حداقل یکی از ورودی‌های آن صفر باشد.

ج: □ همه ورودی‌های آن یک باشند. د: □ حداقل یکی از ورودی‌های آن یک باشد.

۲ـ خروجی دروازه منطقی NOR، در کدام حالت در وضعیت صفر منطقی قرار می‌گیرد؟

الف: □ حداقل یکی از ورودی‌های آن یک باشد ب: □ حداقل یکی از ورودی‌های آن صفر باشد.

ج: □ همه ورودی‌های آن یک باشد. د: □ همه ورودی‌های آن صفر باشند.

۳ـ در کدام حالت خروجی دروازه منطقی XOR برابر با یک می‌شود؟

الف: □ دو ورودی آن در یک سطح منطقی نباشد. ب: □ دو ورودی آن در یک سطح منطقی باشد.

ج: □ همه ورودی‌های آن یک باشد. د: □ همه ورودی‌های آن صفر باشند.

۴ـ در شکل مقابل رابطه منطقی F کدام است؟

الف: □ ۱ ب: □ ۰

ج: □ A د: □ $\bar{A}$

۵ـ با چند عدد دروازه منطقی XOR می‌توان یک دروازه منطقی XNOR ساخت؟

الف: □ ۱ ب: □ ۲ ج: □ ۳ د: □ ۴

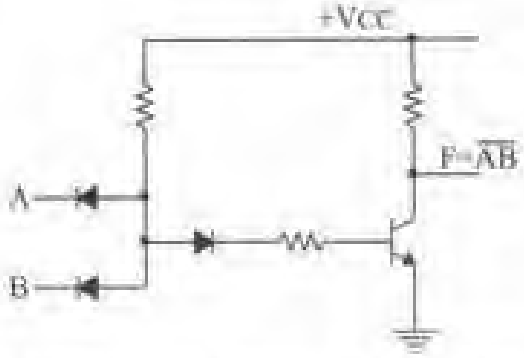
۶ـ سطح ولتاژ یک منطقی در خروجی دروازه‌های منطقی بیشتر در کدام محدوده قرار دارد؟

الف: □ ۴ تا ۵ ولت ب: □ ۳ تا ۴ ولت ج: □ ۲ تا ۳ ولت د: □ ۱ تا ۲ ولت

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل هفتم آزمون پایانی عملی (۷) خودآزمایی شماره (۲) مراجعه کنید.

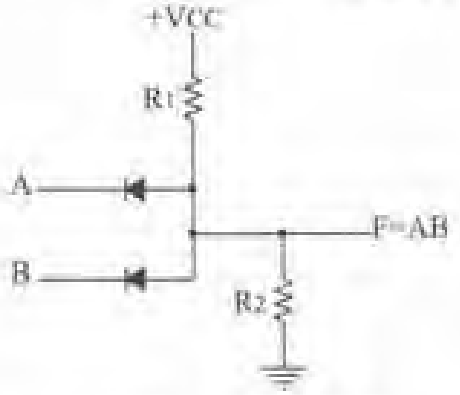
۷ـ۷ـ دروازه‌های منطقی دیودی و ترانزیستوری

دروازه‌های منطقی که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته‌اند همگی به صورت یک مدار مجتمع (IC) بودند که توسط سازندگان مختلف ساخته می‌شود و به صورت آماده در اختیار ما قرار می‌گیرد. ولتاژ تغذیه ICها معمولاً محدودیت داشته و از مقدار مشخصی نباید بیشتر شود. به کمک مقاومت‌ها، دیودها و ترانزیستورها می‌توان دروازه‌های منطقی خاص را به‌وجود آورد که در آن‌ها محدودیت ولتاژ وجود نداشته باشد. در شکل (۴۷ـ۷) یک نمونه دروازه منطقی NAND که با استفاده از دیودها، مقاومت‌ها و ترانزیستورها ساخته می‌شود نشان داده شده است.



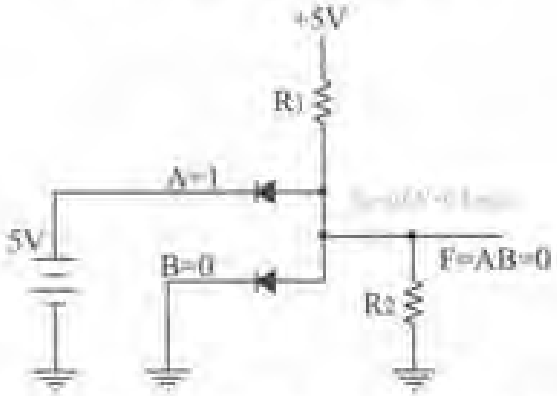
شکل ۴۷ـ۷ـ یک نمونه دروازه منطقی NAND با استفاده از دیودها، مقاومت‌ها و ترانزیستور

۱ـ۷ـ۷ـ دروازه منطقی AND دیودی: مدار شکل (۴۸ـ۷) یک نمونه دروازه منطقی AND را نشان می‌دهد.



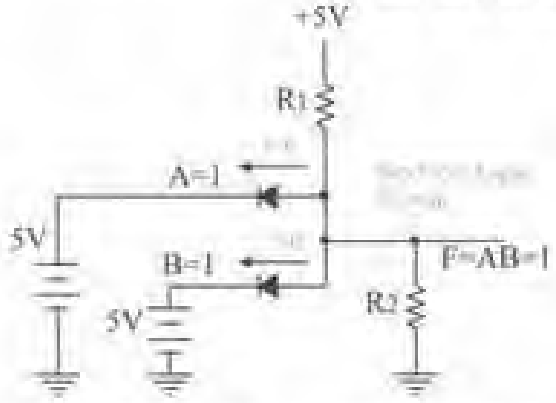
شکل ۴۸ـ۷ـ یک نمونه AND دیودی

طرز کار مدار به این صورت است که هر گاه ورودی A یا B یا هر دو به زمین وصل باشند یعنی صفر منطقی شوند، ولتاژ خروجی Vo ، همان ولتاژ دو سر دیود برابر با ۰/۶ ولت است. این حالت را می‌توان صفر منطقی در نظر گرفت. شکل (۴۹ـ۷) هنگامی که یکی از ورودی‌ها به زمین متصل است را نشان می‌دهد.

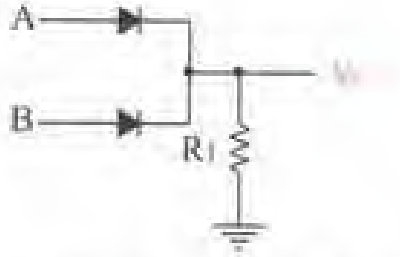


شکل ۴۹ـ۷ـ عملکرد دروازه منطقی AND دیودی هنگامی که یکی از ورودی‌های آن صفر است.

حال اگر هر دو ورودی به یک منطقی (یعنی ۷+) وصل شوند، هر دو دیود در حالت قطع قرار می‌گیرد و ولتاژ خروجی تقریباً برابر با ۷+ یعنی یک منطقی می‌شود. شکل (۵۰ـ۷) هنگامی که همه ورودی‌ها در وضعیت یک منطقی هستند را نشان می‌دهد. بنابراین عملکرد مدار فوق، همان عملکرد دروازه منطقی AND است.

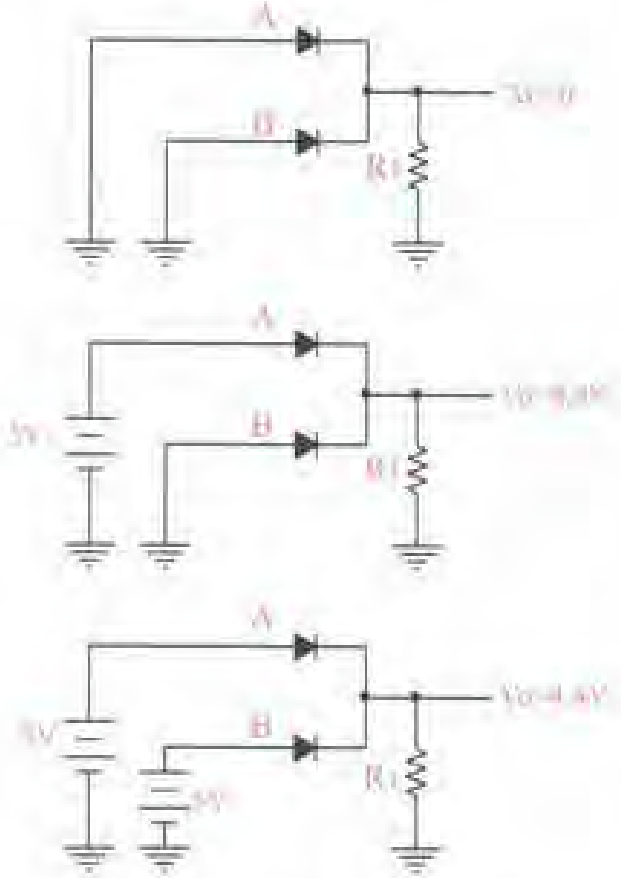


شکل ۵۰ـ۷ـ عملکرد AND دیودی هنگامی که همه ورودی‌های آن یک هستند.



شکل ۵۱ـ۷ـ دروازه منطقی OR دیودی

۲ـ۷ـ۷ـ دروازه منطقی OR دیودی: دروازه منطقی OR با استفاده از دیود در شکل (۵۱ـ۷) نشان داده شده است.



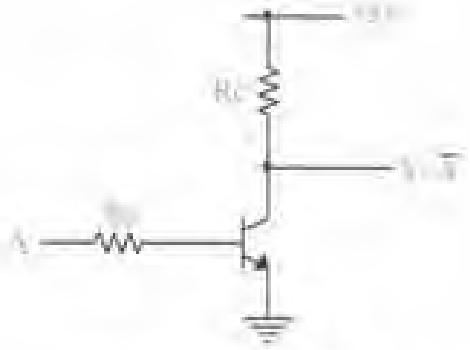
شکل ۵۲ـ۷ـ عملکرد دروازه منطقی OR دیودی

اگر A یا B یا هر دو به ولتاژ ۵V+ وصل شوند V_0 برابر تقریباً ۴/۲V = ۰/۶ − ۵ می‌شود (یک منطقی می‌شود) V_0 فقط هنگامی که هر دو ورودی به زمین وصل شوند برابر صفر ولت یعنی صفر منطقی می‌شود. عملکرد این دروازه منطقی در شکل (۵۲ـ۷) نشان داده شده است.

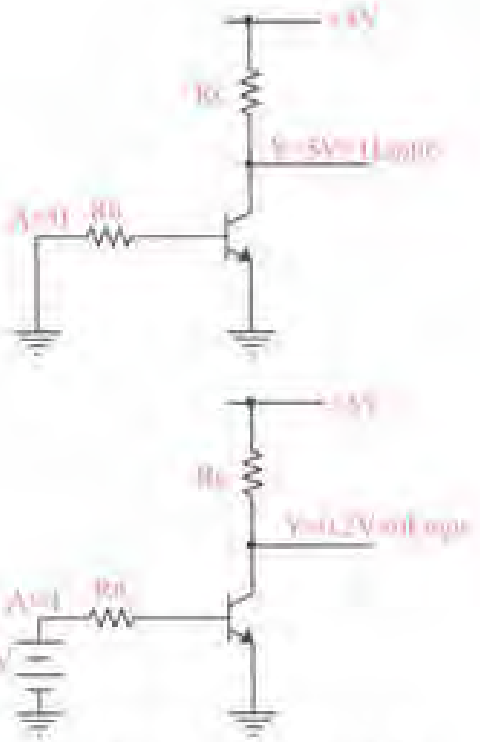
هرچند که این دروازه منطقی OR دیودی از نظر ساختمان داخلی بسیار ساده است ولی در عمل در جایی که سطح ولتاژ یک منطقی زیاد است کاربرد دارد.

۳ـ۷ـ۷ـ دروازه منطقی NOT ترانزیستوری: با استفاده از یک عدد ترانزیستور و دو مقاومت اهمی طبق شکل (۵۳ـ۷) می‌توان یک دروازه منطقی NOT ساخت. اگر ولتاژ نقطه A صفر ولت باشد ترانزیستور در حالت قطع قرار می‌گیرد و ولتاژ نقطه Y یعنی خروجی مدار تقریباً برابر ۵ ولت می‌شود. حال اگر ولتاژ نقطه A برابر ۵ ولت باشد این ولتاژ ترانزیستور را به اشباع می‌برد و ولتاژ نقطه Y تقریباً برابر با ۰/۲ ولت یعنی صفر منطقی می‌شود. لذا همیشه Y از نظر منطقی عکس A است.

$$Y = \overline{A}$$

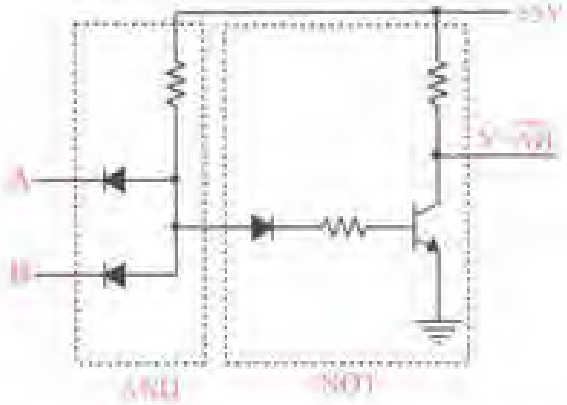


شکل ۵۳ـ۷ـ دروازه منطقی NOT



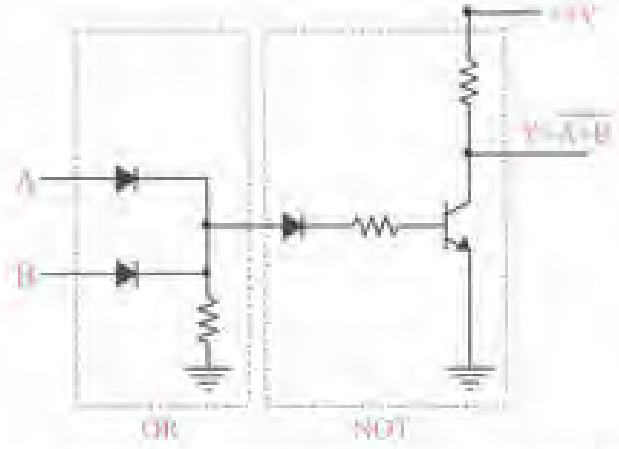
شکل ۵۴ـ۷ـ عملکرد دروازه منطقی NOT

شکل (۵۴ـ۷) عملکرد دروازه منطقی NOT را نشان می‌دهد.



شکل ۵۵ـ۷ـ دروازه منطقی NAND با استفاده از دیود، مقاومت و ترانزیستور

۴ـ۷ـ دروازه منطقی NAND دیودی و ترانزیستوری: با ترکیب دروازه منطقی AND دیودی و دروازه منطقی NOT ترانزیستوری می‌توان دروازه منطقی NAND (NOT AND) را به‌وجود آورد. در شکل (۵۵ـ۷) دروازه منطقی NAND با استفاده از دیود، ترانزیستور و مقاومت رسم شده است.



شکل ۵۶ـ۷ـ دروازه منطقی NOR با استفاده از دیود، مقاومت و ترانزیستور

۵ـ۷ـ دروازه منطقی NOR دیودی و ترانزیستوری: با ترکیب دروازه منطقی OR دیودی و دروازه منطقی NOT ترانزیستوری، می‌توان دروازه منطقی NOR (NOT OR) را ساخت. در شکل (۵۶ـ۷) دروازه منطقی NOR با استفاده از دیود، مقاومت و ترانزیستور رسم شده است.

۸ـ۷ـ آزمایش شماره (۳)

نام آزمایش: دروازه‌های منطقی دیودی و ترانزیستوری

۱ـ۸ـ۷ـ هدف‌های آزمایش:

الف : شناخت دروازه منطقی AND دیودی و به‌دست آوردن جدول صحت آن

ب : شناخت دروازه منطقی OR دیودی و به‌دست آوردن جدول صحت آن

ج : شناخت دروازه منطقی NOT ترانزیستوری و به‌دست آوردن جدول صحت آن

د : شناخت دروازه منطقی NAND دیود ـ ترانزیستوری و به‌دست آوردن جدول صحت آن

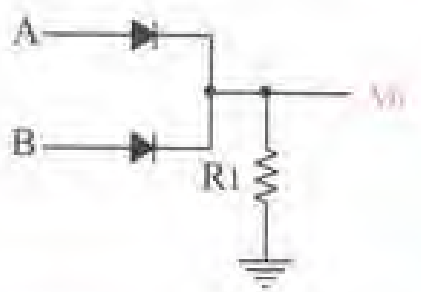
هـ : شناخت دروازه منطقی NOR دیود ـ ترانزیستوری و به‌دست آوردن جدول صحت آن

۲ـ۸ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش با ساختمان دیودی و ترانزیستوری دروازه‌های منطقی پایه AND و OR و NOT و همچنین دروازه‌های منطقی ترکیبی NAND و NOR آشنا می‌شوید و به منظور درک عملکرد این گونه دروازه‌ها جدول صحت آن‌ها را به کمک آزمایش به‌دست می‌آورید. دروازه‌های منطقی که شما در این آزمایش با آن‌ها عملاً آشنا می‌شوید بیشتر در ولتاژهای بالا یعنی در محدوده ۲۴ تا ۲۸ ولت کاربرد دارند و می‌توانند عدم وجود ICها را در این محدوده ولتاژها جبران کنند.

۳ـ۸ـ۷ـ تجهیزات و قطعات موردنیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات		تعداد / مقدار
۱ـ دیود	IN4001	دو عدد
۲ـ ترانزیستور	BC107	یک عدد
۳ـ دیود	LED	یک عدد
۴ـ مقاومت‌های : ۱۵۵Ω ، ۱۰۰Ω ، ۲۷۰Ω		
۵ـ منبع تغذیه ۱۸، ۱۵V+		یک دستگاه
۶ـ برد ـ بُرد		یک عدد
۷ـ سیم‌های رابط در رنگ‌های مختلف		به اندازه کافی
۸ـ کلید تبدیل مینیاتوری		دو عدد

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

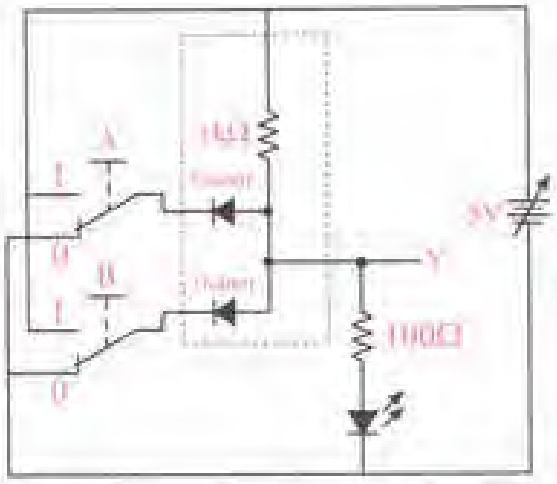


قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

۴ـ۸ـ۷ـ مراحل اجرای آزمایش:

الف : شناخت دروازه منطقی AND دیودی و به‌دست آوردن جدول صحت آن.

- وسایل موردنیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مداری مطابق شکل (۵۷ـ۷) روی بردبُرد و یا برد آزمایشگاهی ببندید.
- منبع تغذیه را دقیقاً روی ۵ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.
- کلیدهای A و B را روی صفر ولت قرار دهید. (A = ۰ و B = ۰).
- نور دیود LED را مشاهده کنید (اگر LED روشن شود Y = ۱ و اگر خاموش باشند Y = ۰ است.)
- نتیجه را در جدول (۲۳ـ۷) یادداشت کنید.
- فقط کلید B را از صفر به یک تغییر وضعیت دهید به‌طوری که A = ۰ و B = ۱ شود.
- نور دیود نوردهنده (LED) را مشاهده کنید و نتایج را در جدول (۲۳ـ۷) یادداشت کنید.
- هر دو کلید A و B را تغییر وضعیت دهید به‌طوری که A = ۱ و B = ۰ شود.
- نور دیود LED را مشاهده و نتایج را در جدول (۲۳ـ۷) یادداشت کنید.
- کلید B را تغییر وضعیت دهید به‌طوری که A = ۱ و B = ۱ شود.
- نور دیود LED را مشاهده و در جدول (۲۳ـ۷) یادداشت کنید.



شکل ۵۷ـ۷ـ مدار آزمایش

جدول ۲۳ـ۷

A	B	Y
0 صفر ولت	0 صفر ولت	
0 صفر ولت	1 پنج ولت	
1 پنج ولت	0 صفر ولت	
1 پنج ولت	1 پنج ولت	

سؤال ۱ـ در کدام حالت دیود LED روشن می‌شود و چرا؟ توضیح دهید.

سؤال ۲ـ آیا جدول (۲۳ـ۷) مانند جدول (۲ـ۷) و (۷ـ۷) است؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ:
.....
.....

پاسخ:
.....
.....
.....
.....

در صورتی که نتوانستید به سؤالات ۱ و ۲ پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ب: شناخت دروازه منطقی OR دیودی و به‌دست آوردن جدول صحت آن

■ مدار شکل (۵۸ـ۷) را روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

■ کلیدهای A و B را روی صفر ولت قرار دهید (A = ۰ و B = ۰) و نور دیود نورده‌نده را مشاهده کنید.

■ نتیجه را در جدول (۲۴ـ۷) یادداشت کنید.

■ کلید B را تغییر وضعیت دهید و آن را از صفر به یک منطقی ببرید، به‌طوری که A = ۰ و B = ۱ شود.

■ نور دیود نوردهنده (LED) را مشاهده و در جدول (۲۴ـ۷) یادداشت کنید.

■ هر دو کلید A و B را تغییر وضعیت دهید به‌طوری که A = ۱ و B = ۰ شود.

■ نور دیود LED را مشاهده و در جدول (۲۴ـ۷) یادداشت کنید.

■ کلید B را تغییر وضعیت دهید به‌طوری که A = ۱ و B = ۱ شود.

■ نور دیود LED را مشاهده و در جدول (۲۴ـ۷) یادداشت کنید.

سؤال ۳ـ در کدام‌یک از حالت‌ها دیود نوردهنده LED روشن می‌شود و چرا؟ توضیح دهید.

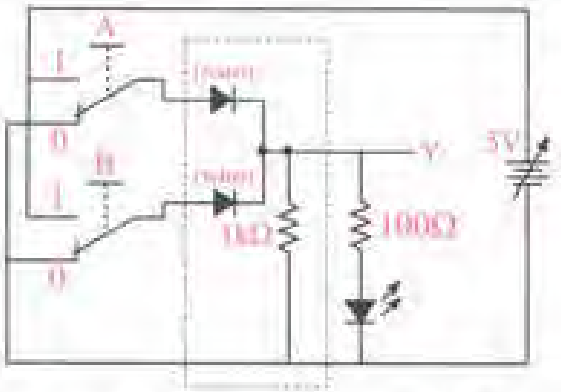
سؤال ۴ـ آیا جدول (۲۴ـ۷) مانند جدول (۴ـ۷ و ۹ـ۷) است؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....



شکل ۵۸ـ۷ـ اگر LED خاموش باشد Y = ۰ و اگر روشن باشد Y = ۱ در نظر بگیرید.

جدول ۲۴ـ۷

A	B	Y
0 صفر ولت	0 صفر ولت	
0 صفر ولت	1 پنج ولت	
1 پنج ولت	0 صفر ولت	
1 پنج ولت	1 پنج ولت	

پاسخ: .....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤالات (۳ و ۴) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ج : شناخت دروازه منطقی NOT ترانزیستوری و به‌دست آوردن جدول صحت آن

■ مداری مطابق شکل (۵۹ـ۷) روی سرد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید و سپس آن را به‌مدار اتصال دهید.

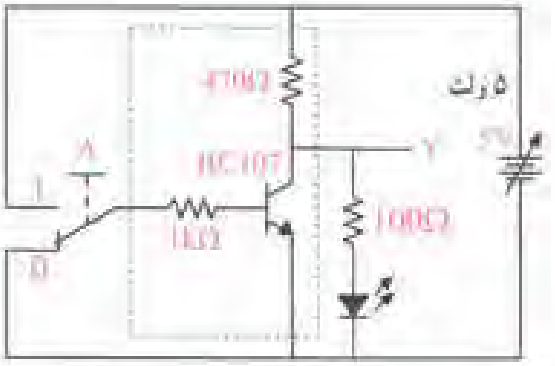
■ کلید A را روی صفر ولت قرار دهید (۰ = A) و نور دیود نورده‌نده را مشاهده کنید و نتیجه را در جدول (۲۵ـ۷) بنویسید. LED اگر روشن باشد ۱ = Y و اگر خاموش باشد ۰ = Y در نظر بگیرید.

■ کلید A را تغییر وضعیت دهید تا ولتاژ ۵ ولت توسط مقاومت ۱kΩ به بیس ترانزیستور وصل شود. در این حالت نور LED را مشاهده کنید و نتیجه را در جدول (۲۵ـ۷) بنویسید.

سؤال ۵ـ در کدام حالت دیود LED روشن می‌شود و چرا؟ توضیح دهید.

سؤال ۶ـ آیا جدول (۲۵ـ۷)، مانند جدول (۱۱ـ۷) است؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ:
.....
.....



شکل ۵۹ـ۷ـ مدار NOT با استفاده از ترانزیستور و مقاومت

جدول ۲۵ـ۷

A	Y
0 صفر ولت	
1 پنج ولت	

پاسخ:
.....
.....
.....
.....

در صورتی که توانستید به سؤالات (۵ و ۶) پاسخ دهید با نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۳ـ۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

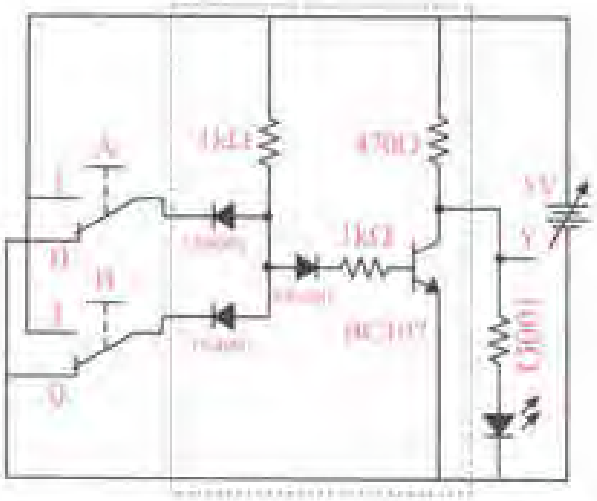
د : شناخت دروازه منطقی NAND دیودی ـ ترانزیستوری و به‌دست آوردن جدول صحت آن

■ مداری مطابق شکل (۶۰ـ۷) روی برد برد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

■ کلیدهای A و B را روی صفر ولت (زمین) قرار دهید در این حالت ۰ = A و ۰ = B است.

■ دیود LED را مشاهده کنید. اگر LED روشن باشد ۱ = Y و اگر خاموش باشد ۰ = Y در نظر بگیرید.



شکل ۶۰ـ۷ـ مدار آزمایش دروازه منطقی NAND دیودی ـ ترانزیستوری

■ نتیجه را در جدول (۲۶ـ۷) یادداشت کنید.

■ مجدداً فقط کلید B را تغییر وضعیت دهید و از صفر ولت به پنج ولت برسانید تا A = ۰ و B = ۱ شود.

■ دیود LED را مشاهده کنید. اگر LED روشن باشد Y = ۱ و اگر خاموش باشد Y = ۰ در نظر بگیرید و جدول (۲۶ـ۷) را تکمیل کنید.

■ هر دو کلید A و B را تغییر وضعیت دهید تا A = ۱ و B = ۰ شود.

■ دیود نورده‌نده را مشاهده کنید و خاموش یا روشن بودن آن را در جدول (۲۶ـ۷) یادداشت کنید.

■ کلید B را تغییر وضعیت دهید تا ورودی‌های A = ۱ و B = ۱ شود.

■ نور دیود LED را مشاهده کنید و نتایج را در جدول (۲۶ـ۷) بنویسید.

جدول ۲۶ـ۷

A	B	Y
0 صفر ولت	0 صفر ولت	
0 صفر ولت	1 پنج ولت	
1 پنج ولت	0 صفر ولت	
1 پنج ولت	1 پنج ولت	

سؤال ۷ـ در کدام حالت دیود LED روشن می‌شود؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

سؤال ۸ـ آیا جدول (۲۶ـ۷) مانند جدول (۱۴ـ۷ و ۱۹ـ۷) است؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

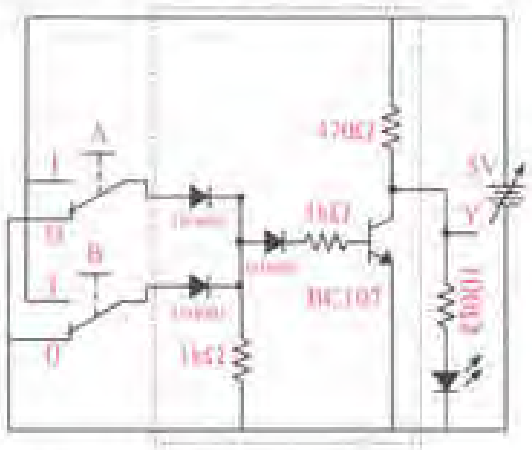
در صورتی که نتوانستید به سؤالات (۵ و ۶) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۴ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

هـ : شناخت دروازه منطقی NOR دیودی ـ ترانزیستوری و به‌دست آوردن جدول صحت آن

■ مداری مطابق شکل (۶۱ـ۷) روی بردبرد یا برد آزمایشگاهی ببندید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

■ کلیدهای A و B را روی صفر ولت (زمین) قرار دهید در این حالت A = ۰ و B = ۰ است.



شکل ۶۱ـ۷ـ مدار آزمایش دروازه منطقی NOR دیودی ـ ترانزیستوری

■ دیود LED را مشاهده کنید. اگر LED روشن باشد $Y=1$ و اگر خاموش باشد $Y=0$ در نظر بگیرید.

■ نتیجه را در جدول (۲۷ـ۷) یادداشت کنید.

■ مجدداً فقط کلید B را تغییر وضعیت دهید و از صفر ولت به ۵ ولت برسانید تا $A=0$ و $B=1$ شود.

■ دیود LED را مشاهده کنید، اگر LED روشن باشد $Y=1$ و اگر خاموش باشد $Y=0$ در نظر بگیرید و جدول (۲۷ـ۷) را تکمیل کنید.

■ هر دو کلید A و B را تغییر وضعیت دهید تا $A=1$ و $B=0$ شود.

■ دیود نوردهنده را مشاهده کنید و خاموش یا روشن بودن آن را در جدول (۲۷ـ۷) یادداشت کنید.

■ کلید B را تغییر وضعیت دهید تا ورودی‌های $A=1$ و $B=1$ شود.

■ نور دیود LED را مشاهده کنید و نتایج را در جدول (۲۷ـ۷) بنویسید.

جدول ۲۷ـ۷

A	B	Y
0 صفر ولت	0 صفر ولت	
0 صفر ولت	1 پنج ولت	
1 پنج ولت	0 صفر ولت	
1 پنج ولت	1 پنج ولت	

سؤال ۹ـ در کدام حالت دیود LED روشن می‌شود؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

سؤال ۱۰ـ آیا جدول (۲۷ـ۷) مانند جدول (۱۹ـ۷ و ۲۰ـ۷) است؟ چرا؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

در صورتی که نتوانستید به سؤالات (۷ و ۸) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۲ـ۴ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۵ـ۸ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش: .....

۶ـ۸ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را بنویسید.

نتایج: .....

آزمون

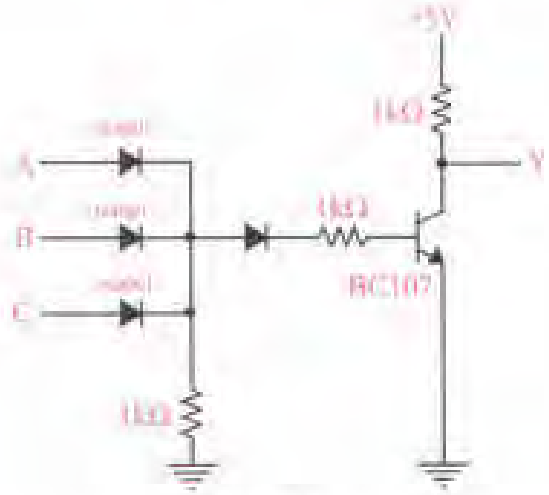
۱ـ جدول صحت شکل (۶۲ـ۷) را در جدول (۲۸ـ۷) پر کنید.

جدول ۲۸ـ۷

A	B	C	Y
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

شکل ۶۲ـ۷

۲ـ طرز کار مدار شکل (۶۳ـ۷) را توضیح دهید.



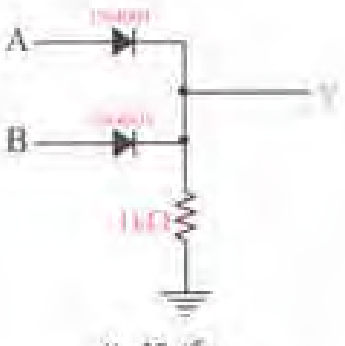
شکل ۶۳ـ۷

۳ـ شکل یک دروازه منطقی NAND را با استفاده از دیود، ترانزیستور رسم کنید و طرز کار آن را توضیح دهید.

۴ـ جدول صحت شکل (۶۴ـ۷) را در جدول (۲۹ـ۷) بنویسید.

جدول ۲۹ـ۷

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



شکل ۶۴ـ۷

۵ـ طرز کار مدار شکل (۶۵ـ۷) را توضیح دهید.

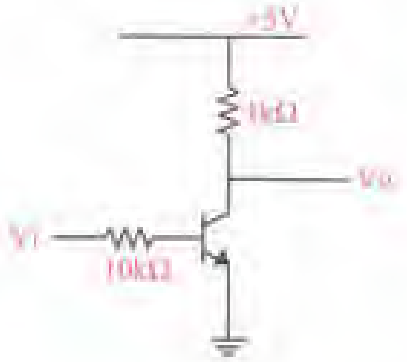
توضیح:

.....

.....

.....

.....



شکل ۶۵ـ۷

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل هفتم آزمون پایانی عملی (۷) خودآزمایی شماره (۳) مراجعه کنید.

۹ـ۷ـ جبر بول و ساده‌سازی توابع

۱ـ۹ـ۷ـ ساده‌سازی توابع بول با استفاده از جبر بول:

به کمک دروازه‌های منطقی می‌توان مدارهایی طراحی کرد که یک کار خاصی را انجام دهند شکل (۶۶ـ۷). فرض کنید می‌خواهیم با استفاده از دروازه‌های منطقی مداری طرح کنیم که دارای مشخصات زیر باشد:

۱ـ دو کلید در ورودی و یک خروجی متصل به یک دیود نوردهنده (LED) داشته باشد شکل (۶۷ـ۷).

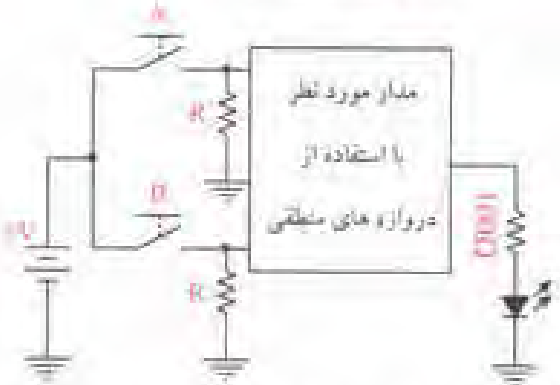
۲ـ اگر هر دو کلید A و B باز یعنی $A=0$ و $B=0$ باشند دیود نوردهنده روشن شود.

۳ـ اگر کلید A باز و کلید B بسته یعنی $A=0$ و $B=1$ باشد دیود نوردهنده روشن شود.

۴ـ اگر کلید A بسته و کلید B باز یعنی $A=1$ ، $B=0$ باشد دیود نوردهنده خاموش شود.

۵ـ اگر هر دو کلید A و B بسته یعنی $A=1$ و $B=1$ باشد دیود نوردهنده روشن شود.

شکل ۶۶ـ۷ـ کاربرد جبر بول



شکل ۶۷ـ۷ـ طرح مدار منطقی و نحوه ارتباط ورودی‌ها و خروجی آن

جدول ۳۰ـ۷

وضعیت کلید A	وضعیت کلید B	وضعیت لامپ LED
باز	باز	روشن
باز	بسته	روشن
بسته	باز	خاموش
بسته	بسته	روشن

به جای مطرح کردن بندهای دو تا پنج می‌توانیم صورت مسئله را به صورت جدول (۳۰ـ۷) بیان کنیم.

اگر روشن بودن دیود نوردهنده را یک منطقی و خاموش بودن آن را صفر منطقی درنظر بگیریم و باز بودن کلید را صفر منطقی و بسته بودن آن را یک منطقی بنامیم جدول (۳۱ـ۷) به صورت جدول (۳۲ـ۷) درمی‌آید.

جدول صحت مسئله فوق را می‌توان به صورت یک عبارت جبری درآورد. عبارات جبری را برای حالاتی از ورودی‌ها می‌نویسند که خروجی سیستم برابر یک می‌شود.

$$Y = \underbrace{\overline{A}\,\overline{B}}_{\text{جمله سوم}} + \underbrace{\overline{A}B}_{\text{جمله دوم}} + \underbrace{A\overline{B}}_{\text{جمله اول}} \qquad (۱)$$

خروجی مدار مورد نظر

مفهوم عبارت (۱) این است که زمانی $Y=۱$ می‌شود که دیود نوردهنده روشن باشد یعنی $\overline{A}\,\overline{B}=۱$ شود. در این حالت کلید A باز و کلید B نیز باز است. عبارت $\overline{A}B=۱$ حالتی است که کلید A باز و کلید B بسته است. عبارت $A\overline{B}=۱$ حالتی را نشان می‌دهد که کلید A بسته و کلید B بسته باشد.

توجه داشته باشید که هیچ‌گاه هر سه جمله به‌طور همزمان نمی‌توانند یک شوند و در هر لحظه فقط یکی از آن‌ها می‌تواند یک باشد.

بار دیگر تأکید می‌شود که مفهوم جمله $\overline{A}\,\overline{B}=۱$ این است که اگر $A=۰$ باشد $\overline{A}=۱$ می‌شود و اگر $B=۰$ باشد $\overline{B}=۱$ می‌شود لذا اگر $A=B=۰$ باشند $\overline{A}\,\overline{B}=۱$ می‌شود. و همین‌طور مفهوم $\overline{A}B=۱$ این است که اگر $A=۰$ باشد $\overline{A}=۱$ است پس اگر $A=۰$ و $B=۱$ باشد حاصل $\overline{A}B=۱$ می‌شود و مفهوم $AB=۱$ این است که اگر $A=B=۱$ باشد $AB=۱$ است. چون دیود نوردهنده باید در سه حالت روشن شود و در هر لحظه فقط یکی از آن حالات اتفاق می‌افتد، طبق جدول صحت، سه حالت روشن و یک حالت خاموش وجود دارد، بنابراین این سه حالت یعنی حالت‌هایی که $Y=۱$ می‌شود با یکدیگر باید OR کنیم. چون اگر یکی از ورودی‌های OR یک شود خروجی آن یک می‌شود پس صورت مسئله را می‌توان به صورت یک رابطه جبری مانند رابطه (۱) بیان کرد. در این عبارت جبری هر متغیر فقط دو مقدار (صفر یا یک) را به خود اختصاص می‌دهد. ریاضیات حاکم بر این نوع روابط را جبر بول می‌نامند.

جدول ۳۱ـ۷

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

جدول ۳۲ـ۷

A	B	Y	
0	0	1	$\overline{A}\,\overline{B}=1$
0	1	1	$\overline{A}B=1$
1	0	0	
1	1	1	$AB=1$

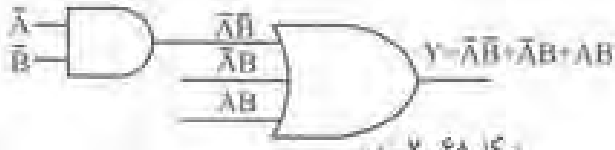
برای به‌دست آوردن تابع باید به مقادیر A و B توجه کنید.

حال باید به کمک دروازه‌های منطقی، مدار موردنظر را بسازیم. بعداً به کمک جبر بول رابطه ۷ را ساده کنیم تا هنگام ساخت از دروازه‌های منطقی کمتری استفاده شود. ساخت مدار مورد نظر را مرحله به مرحله بررسی می‌کنیم.

در ابتدا نیاز به یک دروازه منطقی OR سه ورودی داریم که سه جمله $A\bar{B}$ و $\bar{A}B$ و AB را با یکدیگر OR کند شکل (۶۸ـ۷ـ الف).

شکل ۶۸ـ۷ـ الف

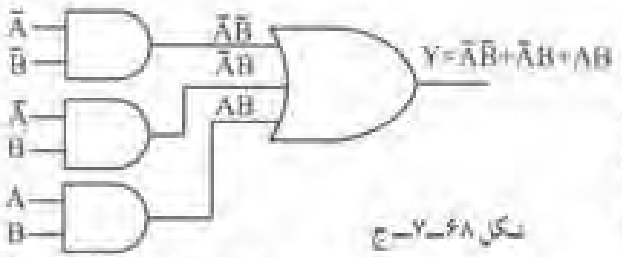
برای ساخت تابع $Y=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}B+AB$ باید جملات $\bar{A}\bar{B}$ و $\bar{A}B$ و AB را با یک دیگر OR کرد.



شکل ۶۸ـ۷ـ ب

برای به دست آوردن جمله $\bar{A}\bar{B}$ باید $\bar{A}$ را با $\bar{B}$ با یک دیگر AND کرد.

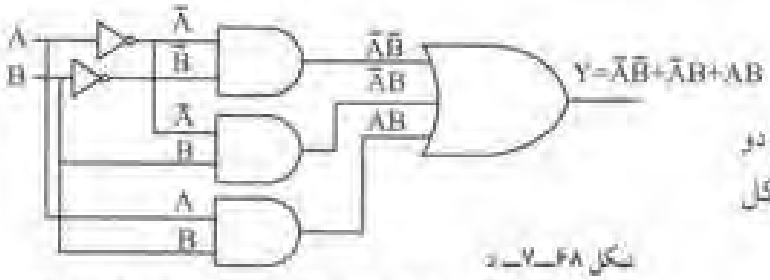
سپس به سه عدد دروازه منطقی AND نیاز داریم تا هر یک از متغیرهای $\bar{A}$ و $\bar{B}$ با یکدیگر و $\bar{A}$ و B را با یک‌دیگر و همچنین A و B را با یک‌دیگر AND کند تا در نهایت سه جمله $A\bar{B}$ و $\bar{A}B$ و AB ساخته شود شکل‌های (۶۸ـ۷ـ ب و ۶۸ـ۷ـ ج).



شکل ۶۸ـ۷ـ ج

برای ساخت جمله $\bar{A}B$ باید $\bar{A}$ را با B با یک دیگر AND کرد، و همچنین برای ساخت جمله AB باید A را با B

در مرحله بعد نیاز به $\bar{A}$ و $\bar{B}$ داریم که با استفاده از دو عدد دروازه منطقی NOT این دو عبارت را نیز می‌سازیم شکل (۶۸ـ۷ـ د).



شکل ۶۸ـ۷ـ د

برای به دست آوردن $\bar{A}$ باید A را به ورودی دروازه منطقی NOT اعمال کرد و از خروجی این دروازه منطقی $\bar{A}$ را دریافت کرد و همچنین $\bar{B}$ را.

مراحل ساخت تابع $Y=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}B+AB$

به سادگی می‌توان از یک جدول صحت مشخص رابطه منطقی یا بولی را استخراج کرد.

به عنوان مثال رابطه منطقی جدول صحت (۳۳ـ۷) با توجه به خروجی‌های ۱ = Y ، به صورت زیر است.

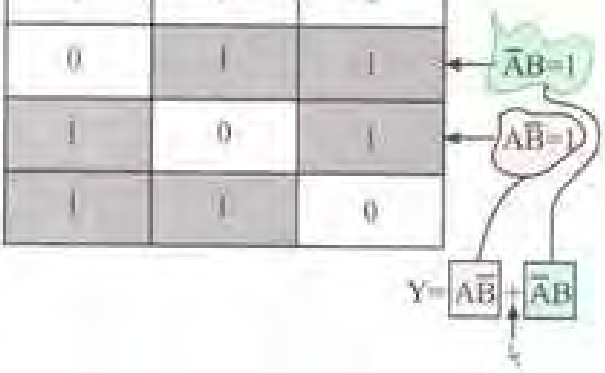
$$Y = \bar{A}B + A\bar{B}$$

هم‌چنین رابطه منطقی یا بولی جدول صحت (۳۴ـ۷) را با توجه به خروجی‌های ۱ = Y به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$Y = \boxed{\bar{A}\bar{B}C} + \boxed{\bar{A}BC} + \boxed{AB\bar{C}} + \boxed{ABC}$$

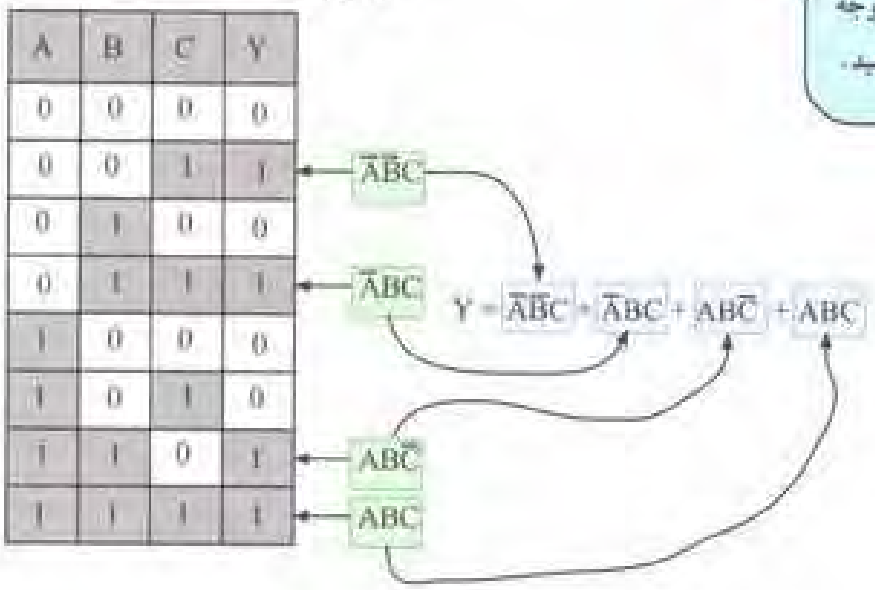
جدول ۳۳ـ۷

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



جدول ۳۴ـ۷

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1



هنگام نوشتن جدول صحت باید توجه دقیق بر پارامترهای هر ستون داشته باشید.

هم‌چنین با داشتن یک رابطه منطقی می‌توان جدول صحت مربوط به آن را رسم کرد.

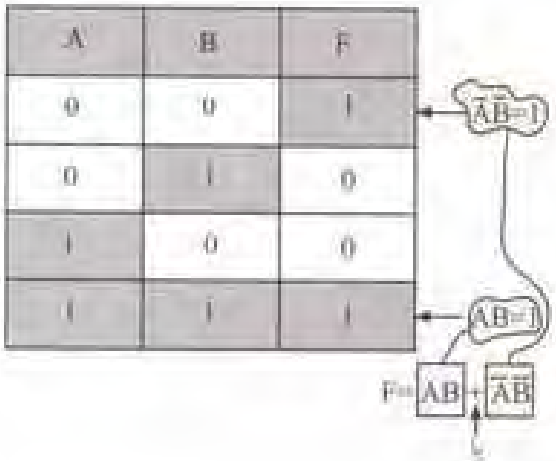
به عنوان مثال جدول صحت رابطه منطقی:

$$F = \bar{A}B + AB$$

به صورت جدول شماره (۳۵ـ۷) در می‌آید.

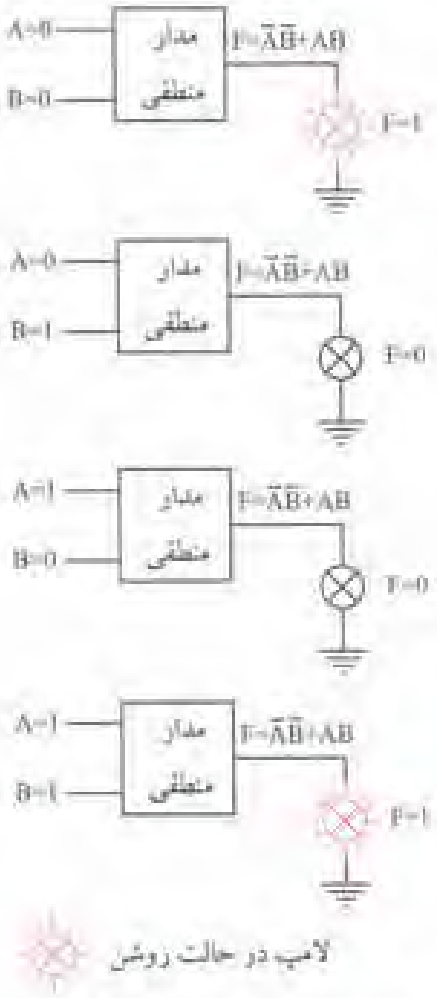
جدول ۳۵ـ۷

A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1



یادآوری می‌شود که مفهوم رابطه منطقی $F=\bar{A}\bar{B}+AB$ این است که هنگامی $F=1$ (F خروجی سیستم است) است که $\bar{A}\bar{B}=1$ یا $AB=1$ باشد. در غیر این صورت $F=0$ است و $\bar{A}\bar{B}$ هنگامی مساوی یک می‌شود که $A=0$ و $B=0$ باشد و همچنین AB هنگامی مساوی یک می‌شود که $A=1$ و $B=1$ شود شکل (۶۹ـ۷).

برای ساخت یک رابطه منطقی، ابتدا سعی می‌کنیم تا حد ممکن تابع را ساده کنیم (البته ممکن است تابع ساده نشود) سپس اقدام به ساخت آن می‌کنیم تا هنگام ساخت از دروازه‌های منطقی کمتری استفاده شود. در حقیقت تابع ساده شده با تابع ساده نشده از نظر منطقی یکی است.

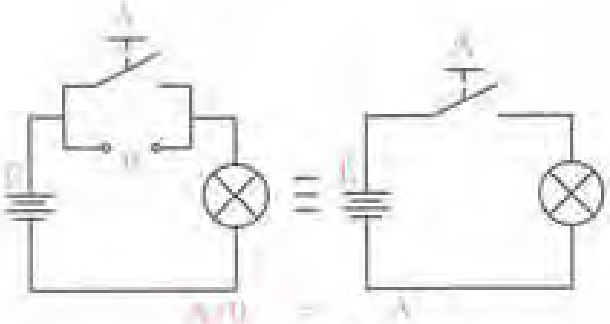


شکل ۶۹ـ۷ـ خروجی تابع $F=\bar{A}\bar{B}+AB$ هنگامی یک است که $A=B=0$ یا $A=B=1$ باشد.

به کمک پاره‌ای از قوانین حاکم بر جبر بول می‌توانیم توابع را ساده کنیم. در ذیل این قوانین مورد بررسی قرار می‌گیرند:

۱ ⇐ $A+0=A$

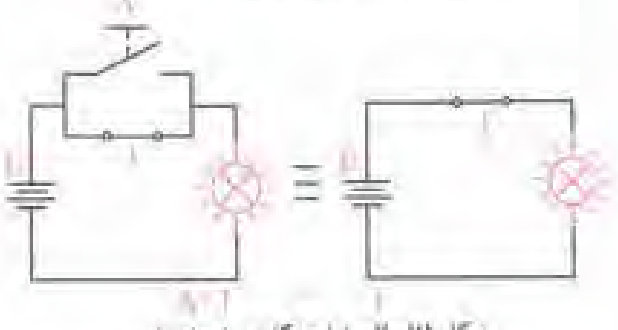
شکل (۷۰ـ۷).



شکل ۷۰ـ۷ـ نمایش گلیدی $A+0=A$

۲ ⇐ $A+1=1$

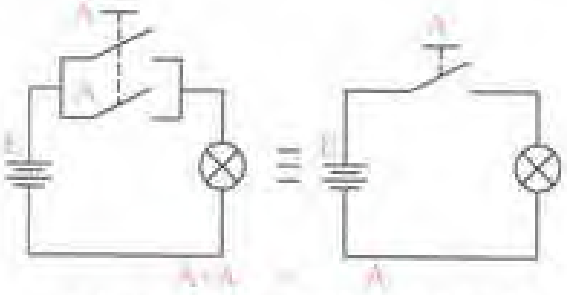
شکل (۷۱ـ۷).



شکل ۷۱ـ۷ـ نمایش گلیدی $A+1=1$

$A + A = A$ ⇐۳

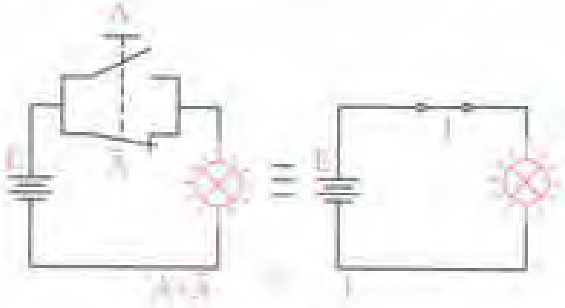
شکل (۷۲ـ۷).



شکل ۷۲ـ۷ـ مدار کلیدی $A + A$ که برابر با A است.

$A + \bar{A} = 1$ ⇐۴

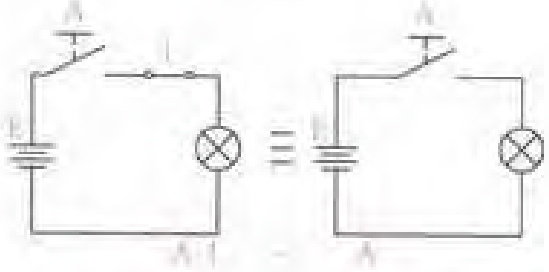
شکل (۷۳ـ۷).



شکل ۷۳ـ۷ـ مدار کلیدی $A + \bar{A}$ که برابر یک منطقی است.

$A.1 = A$ ⇐۵

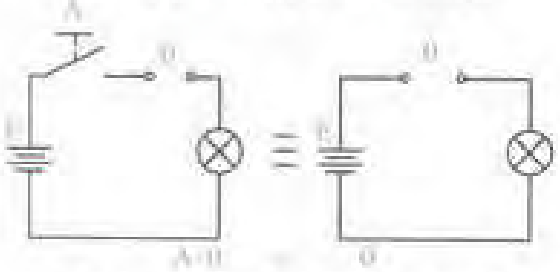
شکل (۷۴ـ۷).



شکل ۷۴ـ۷ـ مدار کلیدی $A.1$ که برابر A است.

$A.0 = 0$ ⇐۶

شکل (۷۵ـ۷).



شکل ۷۵ـ۷ـ مدار کلیدی $A.0$ که برابر صفر است.

$AA = A$ ⇐۷

$A\bar{A} = 0$ ⇐۸

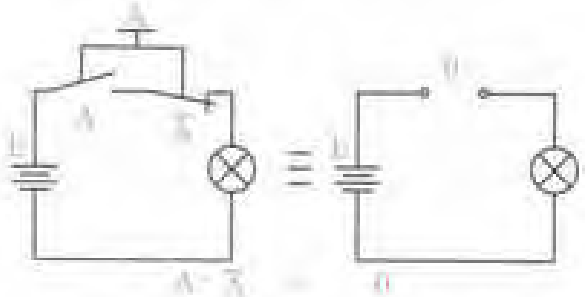
شکل (۷۶ـ۷).

$A(B + C) = AB + AC$ ⇐۹

$AB + C = (A + C)(B + C)$ ⇐۱۰

$\overline{A + B} = \bar{A}.\bar{B}$ ⇐۱۱ قضایای

$\overline{AB} = \bar{A} + \bar{B}$ ⇐۱۲ دمورگان



شکل ۷۶ـ۷ـ مدار کلیدی $A\bar{A}$ که برابر صفر است.

اساس ساده‌سازی توابع جبر بول، فاکتورگیری و حذف متغیرهاست.

مثال: تابع $F=\bar{A}\bar{B}+\bar{A}B$ را ساده کنید.

ابتدا از $\bar{A}$ که در هر دو جمله مشترک است فاکتور می‌گیریم:

$$F=\bar{A}(\bar{B}+B)$$

از طرفی داریم: $\bar{B}+B=1$

$$F=\bar{A}.1=\bar{A}$$

در شکل (۷۷ـ۷)، تابع ساده نشده و ساده شده رسم شده‌اند.

مثال: تابع $F=\bar{A}B+A\bar{B}+AB$ را ساده کنید.

$$F=\underset{1}{\bar{A}B}+\underset{2}{A\bar{B}}+\underset{3}{AB}$$

از جمله اول و سوم از B فاکتور می‌گیریم.

$$F=B(\bar{A}\not{+}A)+A\bar{B}=B+A\bar{B}$$

$$F=(B+A)(B\not{+}\bar{B})=A+B$$

در شکل (۷۸ـ۷) مدار منطقی تابع ساده نشده و ساده شده رسم شده است.

مثال: تابع $F=\bar{A}\bar{B}\bar{C}+\bar{A}B\bar{C}+AB\bar{C}+A\bar{B}\bar{C}$ را ساده کنید.

$$F=\underset{1}{\bar{A}\bar{B}\bar{C}}+\underset{2}{\bar{A}B\bar{C}}+\underset{3}{AB\bar{C}}+\underset{4}{A\bar{B}\bar{C}}$$

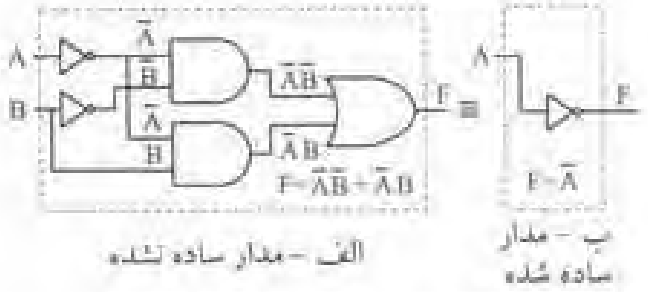
ابتدا از جمله ۱ و ۲ از $\bar{A}C$ و از جمله ۳ و ۴ از جمله AC فاکتور می‌گیریم:

$$F=\bar{A}C(\bar{B}\not{+}B)+AC(B\not{+}\bar{B})$$

$$F=\bar{A}C+AC$$

$$F=C(\bar{A}\not{+}A)=C$$

مدار کلیدی مواردی که داده نشده است خودتان با توجه به اطلاعاتی که کسب کرده‌اید ترسیم کنید.

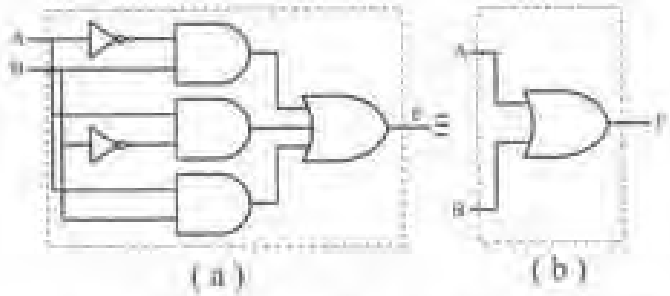


الف – مدار ساده نشده

ب – مدار ساده شده

علامت ≡ به معنی هم‌ارز بودن دو مدار از نظر منطقی است.

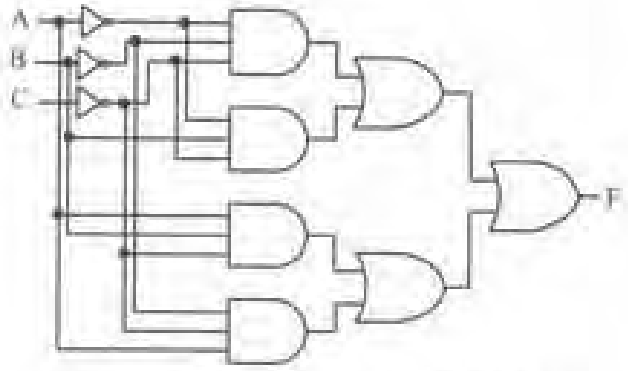
شکل ۷۷ـ۷ـ مدار الف و ب از نظر منطقی معادل یک‌دیگرند.



شکل ۷۸ـ۷ـ در مدار a و b از نظر منطقی عملکرد یکسانی دارند.

(a) ـ مدار ساده‌نشده (b) ـ مدار ساده‌شده

شکل (۷۹ـ۷) شکل اصلی و ساده شده تابع F را نشان می‌دهد.



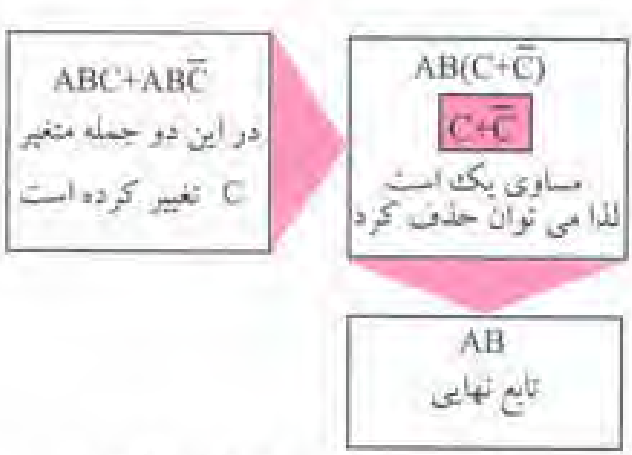
شکل ۷۹ـ۷ـ الف - مدار ساده نشده

شکل ۷۹ـ۷ـ ب - مدار ساده شده

مدار منطقی ساده نشده و ساده شده

۲ـ۹ـ۷ـ ساده‌سازی توابع با استفاده از جدول کارنو:

همان‌طور که قبلاً گفته شد اساس ساده‌سازی توابع بول برمبنای فاکتورگیری و حذف متغیرهاست. اگر در دو جمله یک تابع استاندارد بول فقط یک متغیر تغییر کند، آن متغیر را می‌توان حذف کرد. مثلاً در دو جمله $ABC + AB\bar{C}$ ، فقط متغیر C تغییر کرده است. پس این متغیر را می‌توان حذف کرد زیرا داریم: شکل (۸۰ـ۷).



شکل ۸۰ـ۷ـ حذف متغیرهایی که تغییر کرده‌اند

$$ABC + AB\bar{C} = AB(C + \bar{C}) = AB \quad (C + \bar{C} = 1)$$

اساس کار جدول کارنو نیز برمبنای فاکتورگیری و حذف متغیرها است در حقیقت در جدول کارنو جملاتی که باید از آن‌ها فاکتور گرفت به سرعت مشخص می‌شوند و عمل فاکتورگیری تقریباً به صورت گرافیکی انجام می‌پذیرد.

مثال: تابع زیر را ساده کنید.

$$F = \bar{A}\bar{B} + A\bar{B} + AB$$

ابتدا جدول صحت تابع فوق را رسم کنیم. این جدول صحت در جدول (۳۶ـ۷) ترسیم شده است.

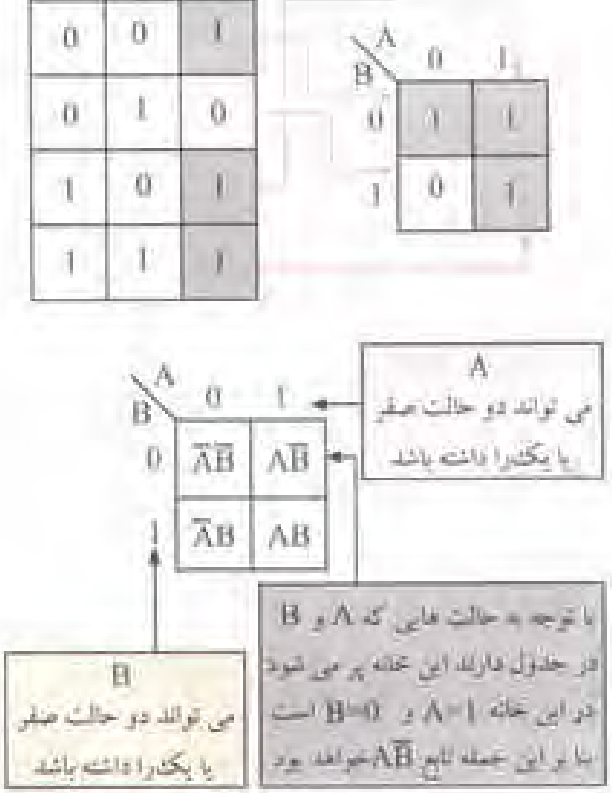
جدول ۳۶ـ۷

A	B	Y	
0	0	1	$\bar{A}\bar{B}=1$
0	1	0	
1	0	1	$A\bar{B}=1$
1	1	1	$AB=1$

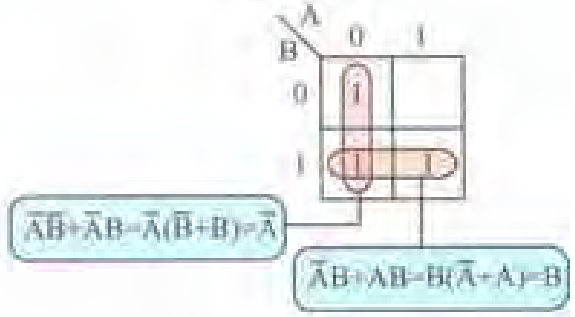
جدول صحت (۳۶ـ۷) چهار حالت دارد. در هر ردیف جدول به ازای حالت‌های ورودی، خروجی آن حالت نشان داده شده است. این جدول را می‌توان به فرم دیگری نیز نشان داد به‌طوری که مفهوم همین جدول را دربرداشته باشد. جدول (۳۷ـ۷) فرم تغییر یافته جدول (۳۶ـ۷) است. این جدول به جدول کارنو مشهور است. ویژگی جدول کارنو این است که اولاً هرخانه آن مربوط به یک حالت ورودی یعنی یک جمله از تابع است. ثانیاً در دو خانه مجاور در جهت افقی یا عمودی دو جمله‌ای قرار می‌گیرند که فقط در یک متغیر با هم اختلاف دارند. در صفحات قبل گفته شد که اگر در دو جمله‌ی یک تابع استاندارد بول فقط یک متغیر تغییر کند آن متغیر حذف می‌شود. در جدول کارنو چون از هر خانه جدول به خانه مجاور فقط یک متغیر تغییر می‌کند فوراً می‌توان تشخیص داد که از کدام جملات باید فاکتور گرفت.

جدول ۳۷ـ۷ ـ فرم تغییر یافته جدول صحت

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	1
1	1	1



جدول ۳۸ـ۷



جدول کارنو مثال فوق مجدداً در جدول (۳۸ـ۷) آمده است.

دو جمله $\bar{A}\bar{B}$ و $\bar{A}B$ که دور آن‌ها خط‌چین کشیده شده است و در ستون قائم قرار دارد در دو خانه مجاور هم قرار گرفته‌اند. یعنی این دو جمله فقط در یک متغیر اختلاف دارند متغیری که در این دو جمله تغییر می‌کند حذف می‌شود. در این عبارت B تغییر می‌کند بنابراین $B+\bar{B}$ حذف شده و $F_1=\bar{A}$ می‌شود جدول (۷ـ۳۹).

در حلقه دوم که در جهت افقی قرار دارد شامل جمله‌های $\bar{A}B$ و AB است. وقتی از یک خانه مثلاً AB به خانه مجاور در حلقه محصور یعنی $\bar{A}B$ می‌رویم، متغیر A تغییر می‌کند پس متغیر A حذف می‌شود.

$$F_2=\bar{A}B+AB=B(\bar{A}+A)=B$$

و حاصل این حلقه محصور $F_2=B$ است. مقدار تابع کل از مجموع F_1 و F_2 به دست می‌آید. جداول (۷ـ۴۰ و ۷ـ۴۱)

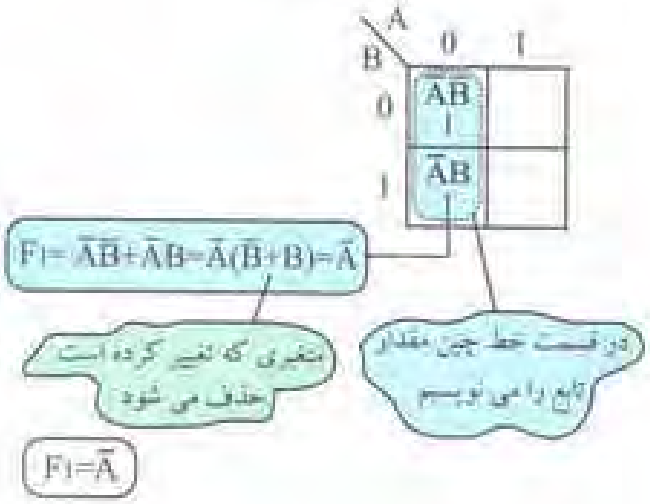
$$F_1+F_2=\bar{A}+B$$

ممکن است سؤال شود که چرا دور دو عدد ۱ حلقه محصور ایجاد کرده‌ایم. پاسخ این است که **فقط از دو جمله که حاوی عدد یک است می‌توان فاکتور گرفت** همچنین در صورت موجود بودن یک‌ها باید دور ۴ عدد ۱ حلقه محصور بکشیم تا بتوانیم عمل فاکتورگیری را انجام دهیم. در ضمن **حلقه‌های محصور یا در جهت افقی‌اند و یا در جهت عمودی**، بنابراین وقتی دور دو عدد ۱ خط کشیدیم دیگر نیازی به نوشتن روابط و عمل فاکتورگیری نیست بلکه از یک خانه به خانه دیگر در حلقه محصور می‌رویم و متغیری را که تغییر کرده است حذف می‌کنیم. بقیه متغیرها که تغییر نکرده‌اند به عنوان جمله ساده شده باقی می‌مانند.

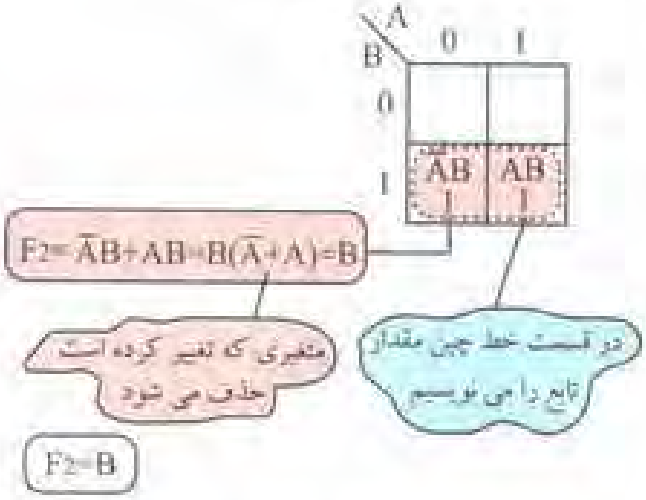
توجه داشته باشید که جدول کارنو نمبود جدید ساده‌سازی را ارائه نمی‌دهد بلکه فقط جملاتی را که می‌توان از آن‌ها فاکتور گرفت برای ما مرتب می‌کند.

جدول کارنو برای توابع سه متغیره باید دارای ۸ خانه باشد به عبارت دیگر سه متغیر می‌توانند هشت حالت مختلف به خود بگیرند ($۸=۲^۳$). جدول (۷ـ۴۲) جدول کارنو را برای سه متغیر (A، B، C) نشان می‌دهد. اگر به جدول کارنو خوب دقت کنید مشاهده می‌کنید که از هر خانه به خانه مجاور در جهت افقی یا عمودی فقط یکی از متغیرهای جمله‌ها تغییر می‌کند.

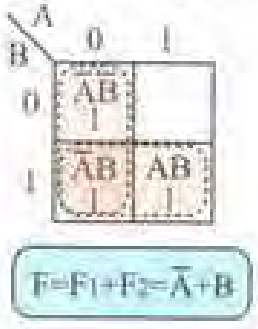
جدول ۷ـ۳۹



جدول ۷ـ۴۰



جدول ۷ـ۴۱



جدول ۷ـ۴۲

AB / C	00	01	11	10
0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$AB\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$
1	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	ABC	$A\bar{B}C$

مثال: تابع $F=\bar{A}B\bar{C}+ABC+\bar{A}\bar{B}\bar{C}+A\bar{B}C$ را به کمک جدول کارنو ساده کنید.

ابتدا جمله‌ها را وارد جدول کارنو می‌کنیم (جدول ۴۳ـ۷).

سپس دور دو عدد ۱ یا ۴ عدد ۱ (در صورت وجود) که در مجاور هم در جهت افقی یا عمودی قرار دارند یک حلقه می‌کشیم (جدول ۴۴ـ۷). حال در حلقه محصور از یک خانه به خانه مجاور می‌رویم. متغیری که تغییر می‌کند حذف می‌کنیم و بقیه متغیرها که در تمامی خانه‌های محصور شده بدون تغییر می‌مانند را به عنوان جواب می‌نویسیم. سپس این جواب‌ها را با یکدیگر OR می‌کنیم تا جواب ساده شده تابع به‌دست آید.

مثال: تابع $F=\bar{A}B\bar{C}+AB\bar{C}+\bar{A}BC+A\bar{B}C$ را به کمک جدول کارنو ساده کنید.

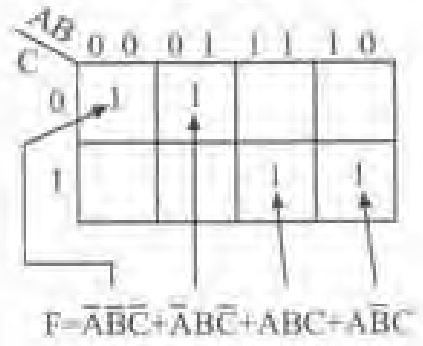
ابتدا جمله‌های تابع را وارد جدول کارنو می‌کنیم و سپس دور یک‌هایی که با یکدیگر همسایه هستند یعنی در جهت افقی یا عمودی در مجاور هم قرار دارند را به صورت دوتایی، ۴تایی یا ۸تایی (2^n و $n=0,1,2,\ldots$) خط می‌کشیم. در هر حلقه محصور، از یک خانه به خانه مجاور می‌رویم و متغیری را که تغییر می‌کند حذف می‌کنیم. بقیه متغیرها که بدون تغییر می‌مانند به‌عنوان جمله نهایی حلقه محصور می‌نویسیم، سپس جملات نهایی را با یکدیگر OR می‌کنیم تا جواب نهایی به‌دست آید. در جدول (۴۵ـ۷) مثال فوق حل شده است.

مثال: تابع زیر را به کمک جدول کارنو ساده کنید.

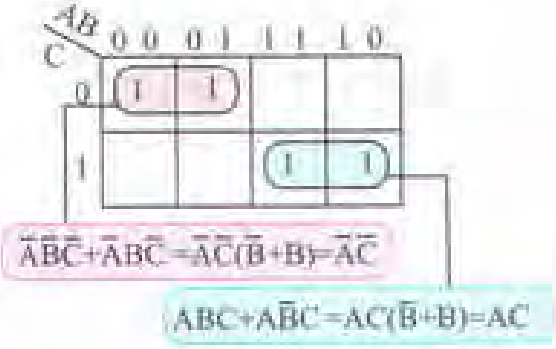
$$F=\bar{A}\bar{B}\bar{C}+\bar{A}BC+AB\bar{C}+ABC+A\bar{B}\bar{C}+A\bar{B}C$$

پاسخ در جدول (۴۶ـ۷) آمده است. توجه داشته باشید که یک‌های سمت راست جدول با یک‌های سمت چپ با یکدیگر مجاور هستند زیرا فقط در یک متغیر اختلاف دارند.

جدول ۴۳ـ۷



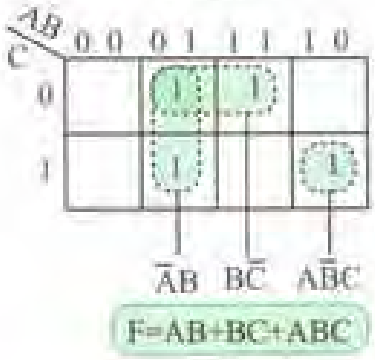
جدول ۴۴ـ۷



$F=\bar{A}\bar{C}+AC$

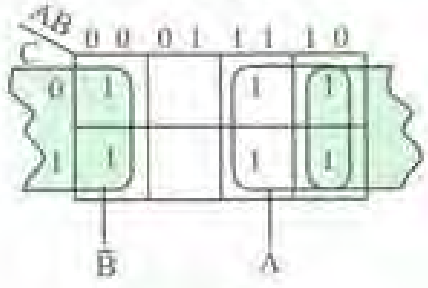
$F=\overline{A\odot C}$

جدول ۴۵ـ۷



$F=AB+BC+ABC$

جدول ۴۶ـ۷



$F=A+\bar{B}$

لازم به تذکر است که به جای جدول (۴۳ـ۷) می‌توان از جدول (۴۷ـ۷) نیز برای ساده‌کردن توابع جبر بول استفاده کرد.

در جدول (۴۳ـ۷) تمامی خانه‌هایی که در آن‌ها $A=1$ است را با عدد ۱ و در جدول (۴۴ـ۷) تمامی خانه‌هایی که در آن‌ها $A=1$ است را یا حرف A و یک ابرو (Brace) نشان می‌دهند. همین‌طور برای متغیر B و C نیز به همین ترتیب عمل می‌کنیم. در تمامی خانه‌هایی که زیر پوشش متغیر و ابروی آن نیستند، مقدار متغیر در آن خانه‌ها برابر یا صفر است. برای ساده‌سازی توابع همان شیوه قبلی که در مورد جداول (۴۷ـ۷ و ۴۸ـ۷) بیان شد قابل اجرا است.

جدول ۴۷ـ۷

		A	
C			
	B		

جدول ۴۸ـ۷

	A			
C	A=0 B=0 C=0	A=0 B=1 C=0	A=1 B=1 C=0	A=1 B=0 C=0
	A=0 B=0 C=1	A=0 B=1 C=1	A=1 B=1 C=1	A=1 B=0 C=1
	B			

جدول ۴۹ـ۷

	A			
C	1	1	1	
			1	
	B			

مثال: تابع $F=\overline{A}\overline{B}C+AB\overline{C}+\overline{A}B\overline{C}+ABC$ را ساده کنید.

ابتدا تابع را وارد جدول می‌کنیم و سپس آن را ساده می‌کنیم. با توجه به جدول (۴۹ـ۷) داریم:

$$f=AB+\overline{A}\overline{C}$$

۱۰ـ۷ـ آزمایش شماره (۴)

۱ـ۱۰ـ۷ـ نام آزمایش: ساده‌سازی توابع بول

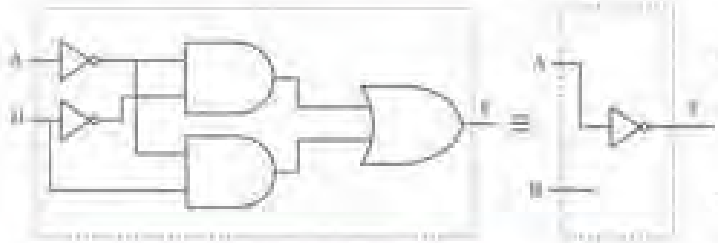
۲ـ۱۰ـ۷ـ هدف‌های آزمایش: بررسی عملی ساده‌سازی توابع بول

۳ـ۱۰ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: برای ساخت یک مدار منطقی، باید سعی کرد از حداقل‌ها استفاده شود. این حداقل‌ها شامل تعداد IC‌ها، فضای نصب قطعات، سیم‌کشی و ... می‌شود. بنابراین باید سعی خود را به کار ببریم تا جایی که امکان دارد تابع را ساده کنیم. در این آزمایش شما جدول صحت یک مدار ساده نشده و یک مدار ساده شده را به کمک آزمایش به‌دست می‌آورید و عملاً تجربه می‌کنید که چگونه یک مدار بسیار ساده و بعضی مواقع حتی یک دروازه منطقی می‌تواند کار یک مدار بسیار بزرگ‌تر را انجام دهد.

۴ـ۱۰ـ۷ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱۸- ۱۵V- ۰	یک دستگاه
۲ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۳ـ بردهای مدار چاپی مربوط به آزمایش	از هر کدام یک عدد

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت



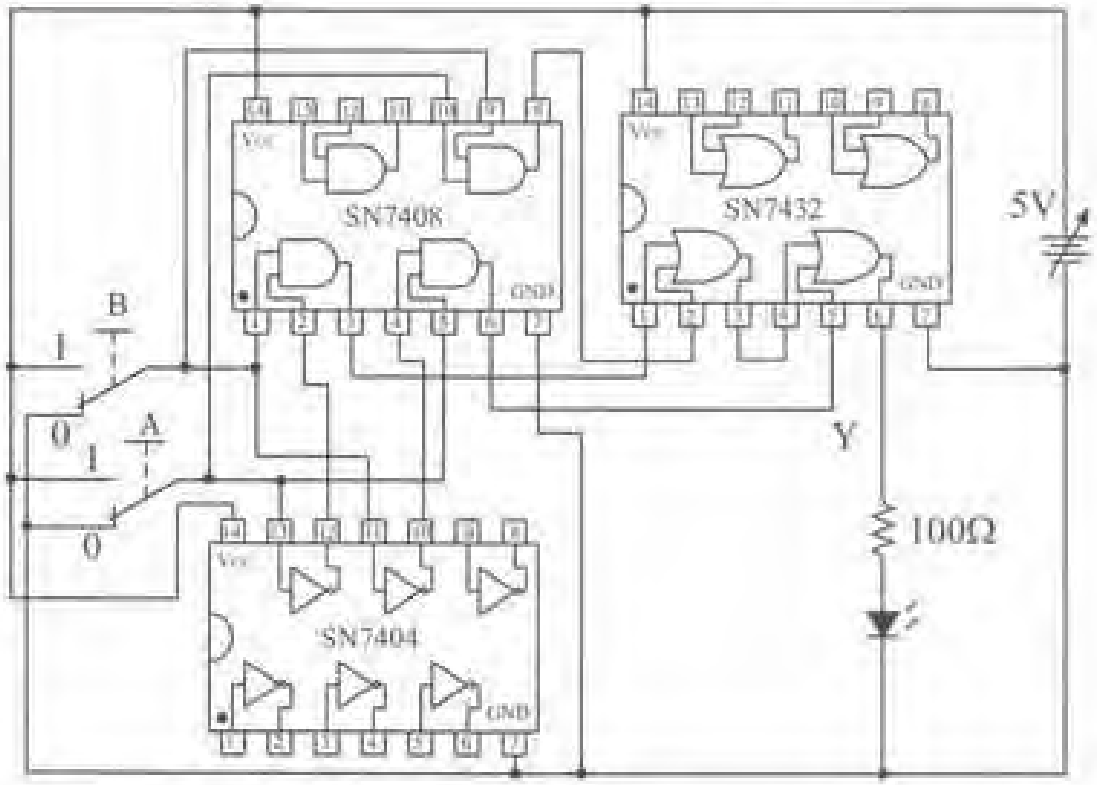
قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین پُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

۵ـ۱۰ـ۷ـ مراحل اجرای آزمایش:

■ می‌خواهیم تابع $F = A\bar{B} + \bar{A}B + AB$ را بسازیم.
برای این کار ابتدا جملات را جداگانه می‌سازیم و سپس با یک‌دیگر OR می‌کنیم.

■ مدار شکل (۸۱ـ۷) که قبلاً روی برد مدار چاپی آماده شده است را مورد بررسی قرار دهید.

هنگام استفاده از مدار چاپی، بُرد را مورد بررسی قرار دهید و آن را از نظر شکستگی و قطع شدن پایه‌ها ارزیابی کنید.



شکل ۸۱ـ۷ـ مدار آزمایش

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.

■ با تغییر حالت‌های کلید A و B جدول (۵۰ـ۷) را پر کنید.

■ تابع F را ساده کنید.

$f = A\bar{B} + \bar{A}B + AB$

ساده کردن تابع $f = A(\bar{B}+B) + B(\bar{A}+A)$

$f = A + B$

جدول ۵۰ـ۷

A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

■ مدار ساده‌شده را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید (شکل ۸۲ـ۷).

■ منبع تغذیه را ابتدا روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.

■ با تغییر حالت‌های کلیدهای A و B جدول (۵۱ـ۷) را پر کنید.

سؤال ۱ـ جدول (۵۱ـ۷ و ۵۱ـ۷) را با یک‌دیگر مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

جدول ۵۱ـ۷

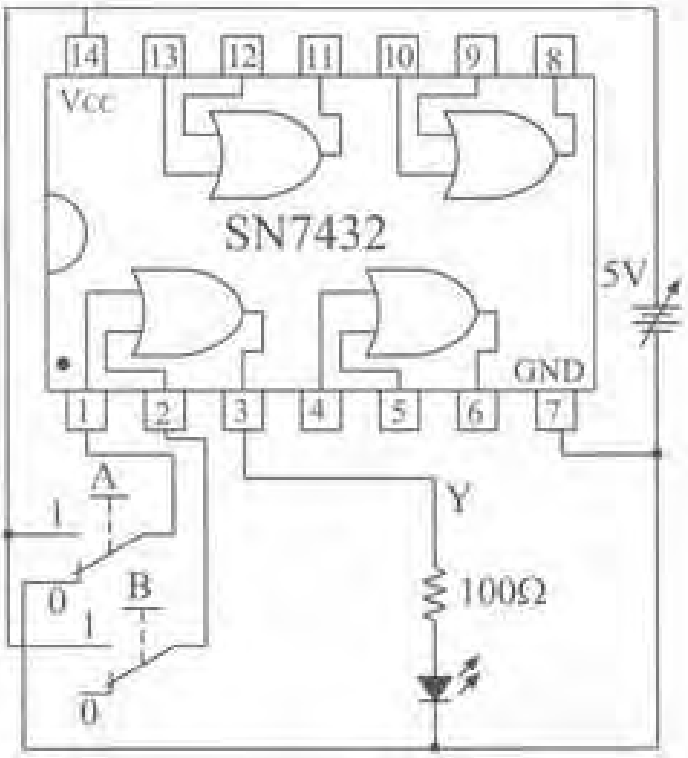
A	B	Y
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

پاسخ: .....

.....

.....

.....



شکل ۸۲ـ۷ـ مدار ساده شده شکل (۸۱ـ۷)

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱ـ۹ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۱۰ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۷ـ۱۰ـ۷ـ نتیجه گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

نتیجه: .....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ تابع زیر را با استفاده از جبر بول و جدول کارنو ساده کنید.

$$f = ABC + AB\bar{C} + A\bar{B}C + ABC$$

۲ـ ساده شده تابع $\bar{A}\bar{B} + AB + \bar{A}B$ کدام است؟

الف: $A + \bar{B}$ □

ب: $\bar{A} + B$ □

ج: $A + B$ □

د: $\bar{A} + \bar{B}$ □

۳ـ تابع زیر را به کمک جدول کارنو ساده کنید.

$$f = \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + A\bar{B}C + AB\bar{C} + \bar{A}BC + ABC$$

۱۱ــ۷ــ مدارهای ترکیبی

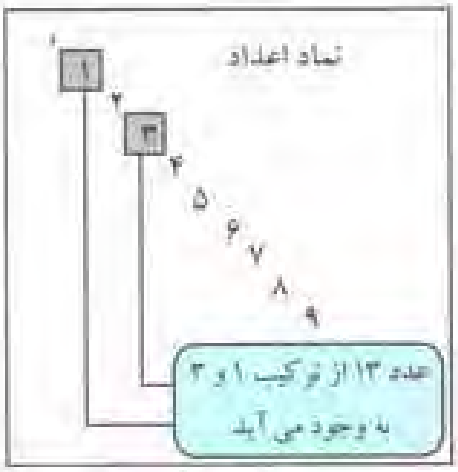
۱ــ۱۱ــ۷ــ جمع کننده ناقص

اعداد باینری: اعدادی که ما روزانه با آن‌ها سروکار داریم از ده عدد تماد ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ و ۹ تشکیل شده‌اند. برای شمارش از صفر تا نُه از این تمادها به‌طور مستقیم استفاده می‌کنیم. برای اعداد بزرگ‌تر از نُه تمادهای اعداد را با قواعد خاصی با هم ترکیب می‌کنیم. مثلاً برای عدد ۱۳ از تماد ۱ و ۳ به صورت ۱۳ استفاده می‌کنیم جدول (۵۲ــ۷).

نوشتن اعداد با تعداد تمادهای کمتر یا بیشتر از ده نیز به شرط این که تعداد تمادها دو و بیشتر از دو باشد امکان‌پذیر است.

بنابراین با دو عدد تماد ۰ و ۱ نیز می‌توان اعداد را نوشت. به این سیستم اعداد ــ که در آن از دو تماد استفاده شده است ــ سیستم دودویی یا باینری می‌گویند. در این سیستم برای نمایش عدد صفر از تماد ۰ و برای نمایش ۱ از تماد ۱ و برای نمایش اعداد بزرگ‌تر از یک از ترکیب ۰ و ۱ طبق قواعد خاصی استفاده می‌کنیم. به عنوان مثال اعداد از صفر تا هشت به صورت جدول (۵۳ــ۷) نوشته می‌شوند.

جدول ۵۲ــ۷



جدول ۵۳ــ۷

صفر	0
یک	1
دو	10
سه	11
چهار	100
پنج	101
شش	110
هفت	111
هشت	1000

صفرها و یک‌ها همانند اعداد اعشاری، دارای ارزش مکانی هستند، مثلاً در سیستم اعشاری یا دهدهی که عدد ۲۳ نمایش داده شده است، چون ۳ در مکان اول قرار دارد دارای ارزش مکانی $۳ = ۳\times۱۰^{۰}$ و عدد ۲ که در مکان دوم قرار دارد دارای ارزش مکانی $۲۰ = ۲\times۱۰^{۱}$ است جدول (۵۴ــ۷).

جدول ۵۴ــ۷

۴	۳
$۴\times۱۰^{۱}=۴۰$	$۳\times۱۰^{۰}=۳$
ارزش مکانی ۴۰	ارزش مکانی ۳

در مورد اعداد باینری نیز رقم اول (از سمت راست به چپ) دارای ارزش $۱ = ۱\times۲^{۰}$ و رقم دوم دارای ارزش مکانی $۲ = ۱\times۲^{۱}$ و رقم سوم اگر یک باشد دارای ارزش مکانی $۴ = ۱\times۲^{۲}$ و ... است. جدول (۵۵ــ۷).

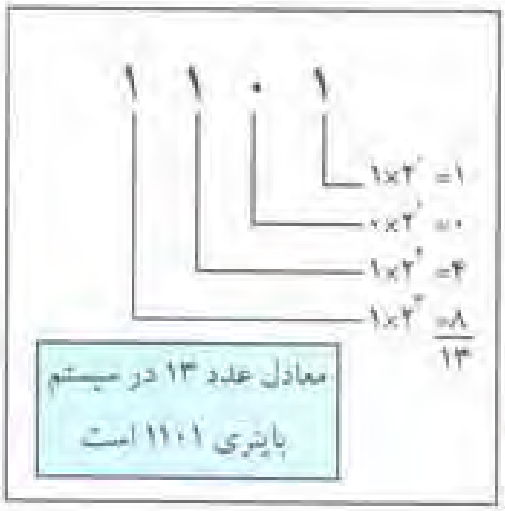
جدول ۵۵ــ۷

۱	۱
$۱\times۲^{۱}=۲$	$۱\times۲^{۰}=۱$
ارزش مکانی ۲	ارزش مکانی ۱

به عنوان مثال عدد بایتری (۱۱۰۱) معادل عدد ۱۳ در سیستم اعشاری است جدول (۵۶ـ۷).

سیستم‌های اعداد که در کامپیوتر یا ماشین‌های محاسبه به کار می‌روند بایتری هستند. در اعداد بایتری، به هر یک از صفرها یا یک‌ها یک بیت (Bit) می‌گویند. مثلاً عدد (۱۰۱) یک عدد سه بیتی است.

جدول ۵۶ـ۷



جمع دو عدد بایتری: جمع دو عدد یک بیتی مطابق جدول (۵۷ـ۷) خواهد بود.

جدول ۵۷ـ۷

عدد A		عدد B		جمع دو عدد A و B	دو در یک جمع در صورت A و B
0	+	0	=	0	0
0	+	1	=	1	0
1	+	0	=	1	0
1	+	1	=	0	1

حاصل ۱+۱ برابر دو می‌شود درست مانند ۵ = ۵ که برابر ۱۰ است. همان‌طور که در سیستم اعشاری برای عدد ۱۰ نماد خاصی وجود ندارد، در سیستم بایتری نیز برای عدد دو نمادی در نظر گرفته نشده است. بنابراین باید برای اعداد دو و بزرگ‌تر از آن از ترکیب نمادهای صفر و یک استفاده کنیم.

جدول ۵۸ـ۷

برای به‌دست آوردن عدد ۲ طبق جدول (۵۸ـ۷)، عمل می‌کنیم.

همان‌طور که از جدول مشاهده می‌شود عدد ۱ به رقم بعدی منتقل و با آن رقم جمع می‌شود. به این عدد ۱، دو بر یک یا تغییر ارزش مکانی عدد می‌گویند.

به یک مدار منطقی که بتواند دو عدد یک بیتی را با هم جمع کند، مدار جمع کننده ناقص یا Half Adder می‌گویند. جدول (۵۷ـ۷) را به صورت جدول (۵۹ـ۷) خلاصه می‌کنیم. حاصل جمع را با حرف S(Sum) و رقم انتقالی را با حرف C (Carry) نشان می‌دهیم.

از جدول (۵۹ـ۷)، روابط زیر را استخراج می‌کنیم.

$$S = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$$

$$C = AB$$

روابط منطقی S و C در شکل (۸۳ـ۷) رسم شده‌است. جمع کننده ناقص را با بلوک شکل (۸۴ـ۷) نشان می‌دهند.

۲ـ۱۱ـ۷ـ جمع کننده کامل(Full Adder): برای جمع سه بیت با یکدیگر که شامل بیت nام عدد A و بیت nام عدد B و باقیمانده رقم $(n-1)$ام است. از جمع کننده سه بیتی یا جمع کننده کامل استفاده می‌شود. جدول صحت جمع سه بیت، مطابق جدول صحت (۶۰ـ۷) است.

رابطه منطقی S_n و C_n به صورت زیر است:

$$S_n = An \oplus B_n \oplus C_{n-1}$$

$$C_n = A_nB_n + C_{n-1}(A_n \oplus B_n)$$

مدار منطقی روابط فوق در شکل (۸۵ـ۷) رسم شده است به مدار شکل (۸۵ـ۷) جمع کننده کامل یا جمع کننده سه‌بیتی می‌گویند.

جدول ۵۹ـ۷

A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

شکل ۸۳ـ۷ـ مدار منطقی جمع کننده ناقص

شکل ۸۴ـ۷ـ بلوک دیاگرام جمع کننده ناقص

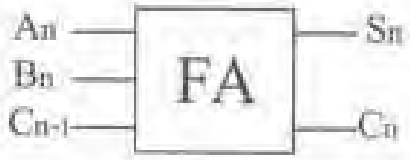
جدول ۶۰ ـ۷

An	Bn	Cn-1	Sn	Cn
0	0	0	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1
0	0	1	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

رقم nام عدد A	An	حاصل جمع رقم nام	Sn
رقم nام عدد B	Bn	باقیمانده رقم n ام	Cn
باقیمانده رقم قبلی	Cn-1		

شکل ۸۵ـ۷ـ مدار منطقی جمع کننده

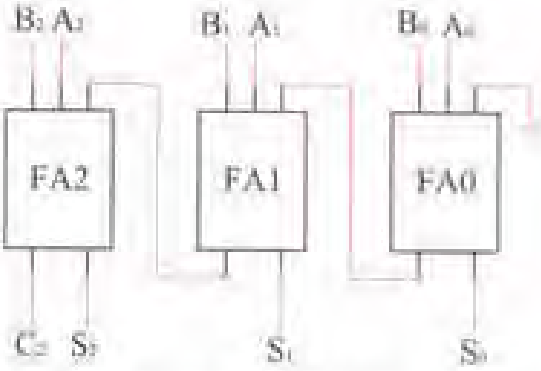
جمع‌کننده کامل را به صورت بلوک شکل (۸۶ـ۷) نشان می‌دهند.



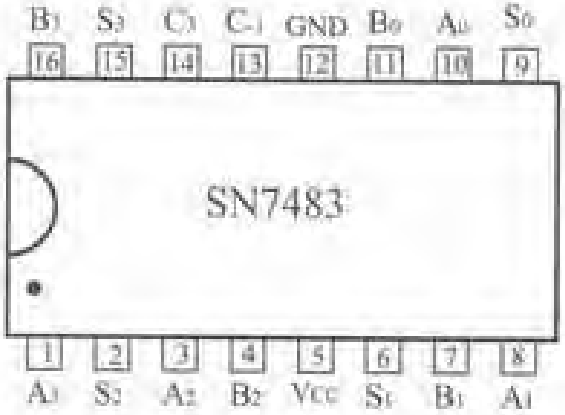
شکل ۸۶ـ۷ـ بلوک دیاگرام جمع کننده کامل

برای جمع n بیت با یک‌دیگر، نیاز به یک جمع‌کننده n بیتی داریم. یک جمع کننده n بیتی، از n جمع کننده کامل تشکیل می‌شود. در شکل (۸۷ـ۷) یک جمع کننده سه بیتی نشان داده شده است. در IC شماره SN7483 ۴ عدد جمع کننده کامل وجود دارد. این IC قادر است ۴ بیت را با ۴ بیت دیگر جمع کند. در ضمن این IC طوری ساخته شده است که می‌توان با استفاده از تعداد بیشتر IC بیت‌های بیشتری را با یکدیگر جمع کرد. به عنوان مثال اگر بخواهیم ۱۲ بیت را با ۱۲ بیت دیگر جمع کنیم کافی است سه عدد از این ICها را تهیه کنیم.

در شکل (۸۸ـ۷) پایه‌های این IC نشان داده شده است.

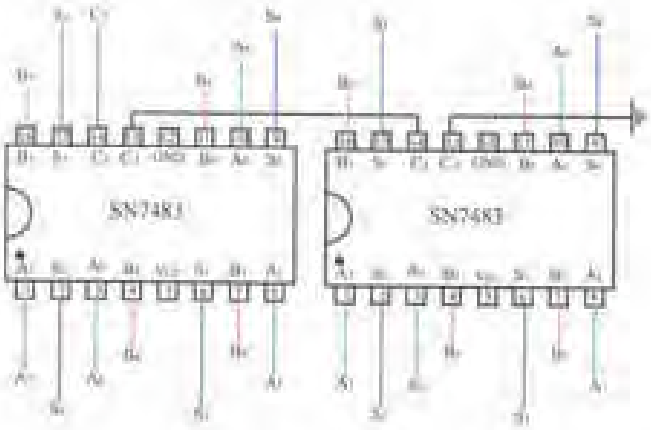


شکل ۸۷ـ۷ـ یک جمع‌کننده سه بیتی (S = A + B)



شکل ۸۸ـ۷ـ پایه‌های IC، SN7483 ـ مدار جمع کننده ۴ بیتی

در شکل (۸۹ـ۷) یک جمع کننده ۸ بیتی با استفاده از دو IC نشان داده شده است.



شکل ۸۹ـ۷ـ یک جمع کننده ۸ بیتی با استفاده از دو IC جمع کننده ۴ بیتی

۳ـ۱۱ـ۷ـ تفریق کننده ناقص (Half subtractor):

تفریق دو عدد یک بیتی به صورت زیر انجام می‌شود:

۰	۱	۱	۱
۱	۰	۱	۰
۱	۱	۰	۰

① قرض گرفته شده از رقم بعدی

* چون عدد ۱ بزرگ‌تر از صفر است امکان تفریق وجود ندارد لذا یک رقم از رقم بعدی کم می‌کنیم (۱ را تبدیل به صفر می‌کنیم) چون ارزش رقم بعدی ۲ است لذا وقتی ۱ را از ۲ کم می‌کنیم حاصل برابر یک می‌شود.

اگر عمل تفریق فوق را در جدول صحت بنویسیم، جدول (۶۱ـ۷) را خواهیم داشت. رابطه حاصل تفریق $D = A - B$ و C به صورت زیر خواهد بود (این روابط از جدول (۶۱ـ۷) به‌دست آمده‌اند. روابط برای هنگامی که C و D برابر یک هستند نوشته شده‌اند).

$$D = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$$

$$b = \overline{A}B$$

مدار منطقی تفریق کننده ناقص را به صورت شکل (۹۰ـ۷) و بلوک دیاگرام آن را به صورت شکل (۹۱ـ۷) نشان می‌دهند.

لازم به یادآوری است که طبق رابطه زیر می‌توان مدار شکل (۹۰ـ۷) را به صورت شکل (۹۲ـ۷) رسم کرد.

$$\overline{A}B = \overline{\overline{A}B}$$

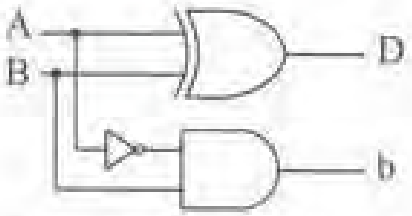
از مزایای شکل (۹۲ـ۷) این است که در مدار به جای استفاده از سه نوع دروازه منطقی مختلف، از دو نوع دروازه منطقی مختلف استفاده شده است.

۴ـ۱۱ـ۷ـ تفریق‌کننده کامل (Full Subtractor):

با استفاده از دو عدد تفریق کننده ناقص می‌توان یک تفریق‌کننده کامل ساخت. شکل (۹۳ـ۷) یک تفریق کننده کامل را نشان می‌دهد.

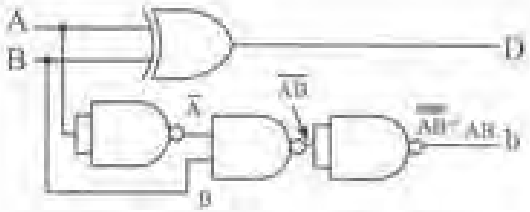
جدول ۶۱ـ۷

A	B	D	b
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

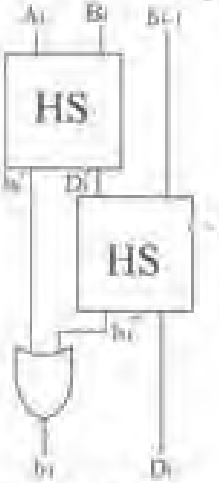


شکل ۹۰ـ۷ـ مدار منطق یک تفریق کننده ناقص

شکل ۹۱ـ۷ـ بلوک دیاگرام یک جمع کننده ناقص

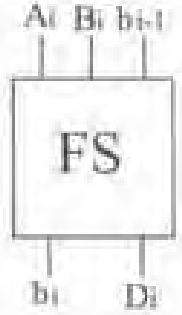


شکل ۹۲ـ۷ـ مدار منطقی یک تفریق‌کننده ناقص با استفاده از دروازه منطقی NAND و XOR



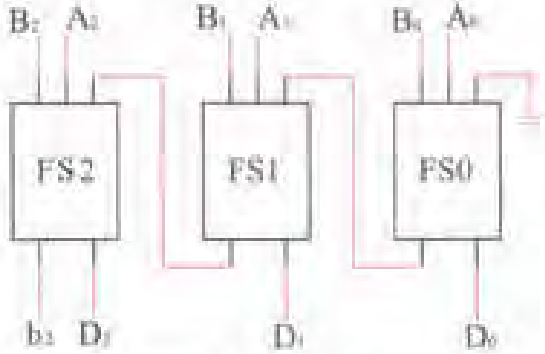
شکل ۹۳ـ۷ـ مدار یک تفریق‌کننده کامل

تفریق کننده کامل را با بلوک دیاگرام شکل (۹۴ـ۷) نشان می‌دهند.



شکل ۹۴ـ۷ـ بلوک یک تفریق کننده کامل

با استفاده از n عدد تفریق کننده کامل می‌توان دو عدد n بیتی را از یکدیگر تفریق کرد. شکل (۹۵ـ۷) یک تفریق کننده سه بیتی را نشان می‌دهد که از سه تفریق کننده کامل تشکیل شده است.



شکل ۹۵ـ ۷ـ مدار یک تفریق کننده سه بیتی B - A = D

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

۱۲ـ۷ـ آزمایش شماره (۵)

۱ـ۱۲ـ۷ـ نام آزمایش: مدارهای جمع کننده و تفریق کننده

۲ـ۱۲ـ۷ـ هدف‌های آزمایش:

الف: آزمایش مدار جمع کننده یک بیتی و به دست‌آوردن جدول صحت آن

ب: آزمایش مدار تفریق‌کننده یک بیتی و به‌دست آوردن جدول صحت آن

۳ـ۱۲ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک جمع کننده ناقص و یک تفریق کننده ناقص را مورد آزمایش قرار می‌دهید. در خلال آزمایش خواهید دید که چگونه می‌توانید با استفاده از دروازه‌های منطقی، مدارهایی را بسازید که بتوانند کار خاصی انجام دهند. به عنوان مثال مدارهایی که بتوانند اعمال ریاضی را بر روی اعداد باینری انجام دهند.

۴ـ۱۲ـ۷ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

نام و مشخصات	تعداد/مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱۸- ۱۵۷-۰	یک دستگاه
۲ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۳ـ برد مدار چاپی جمع کننده یک بیتی	یک عدد
۴ـ برد مدار چاپی مخصوص مدار تفریق کننده یک بیتی	یک عدد

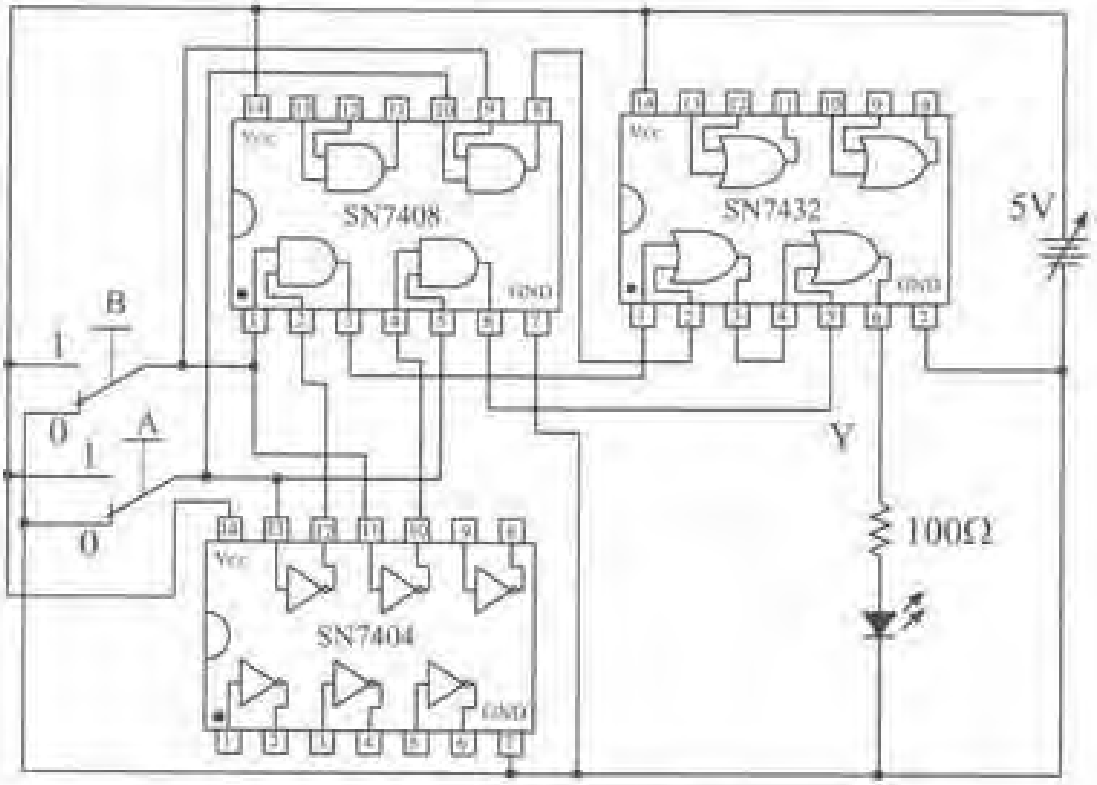
۵ـ۱۲ـ۷ـ مراحل اجرای آزمایش:

الف: آزمایش مدار جمع کننده یک بیتی و به‌دست‌آوردن جدول صحت آن

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۹۶ـ۷) را که قبلاً به صورت برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید. چنانچه منبع تغذیه شما، دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است از ۵ ولت ثابت استفاده کنید.



شکل ۹۶ـ۷ـ مدار آزمایش جمع کننده ناقص

جدول ۶۲ـ۷

A	B	S LED قرمز رنگ	C LED سبز رنگ
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

■ منبع تغذیه را به مدار وصل کنید.

■ کلید A و B را در حالت صفر ولت (صفر منطقی) قرار دهید.

■ نور دیودهای نور دهنده را مشاهده کنید و نتایج را در جدول (۶۲ـ۷) یادداشت کنید.

اگر دیود LED روشن باشد یک منطقی و اگر خاموش باشد صفر منطقی است. در جدول به جای خاموش و روشن بودن از اعداد صفر و یک استفاده کنید.

■ کلیدهای A و B را مطابق جدول (۶۲ـ۷) تنظیم کنید و با توجه به نور دیودهای LED، جدول را تکمیل کنید.

سؤال ۱ ــ چه نتیجه‌ای از جدول (۶۲ـ۷) می‌گیرید؟ شرح دهید.

پاسخ:
.....
.....
.....
.....

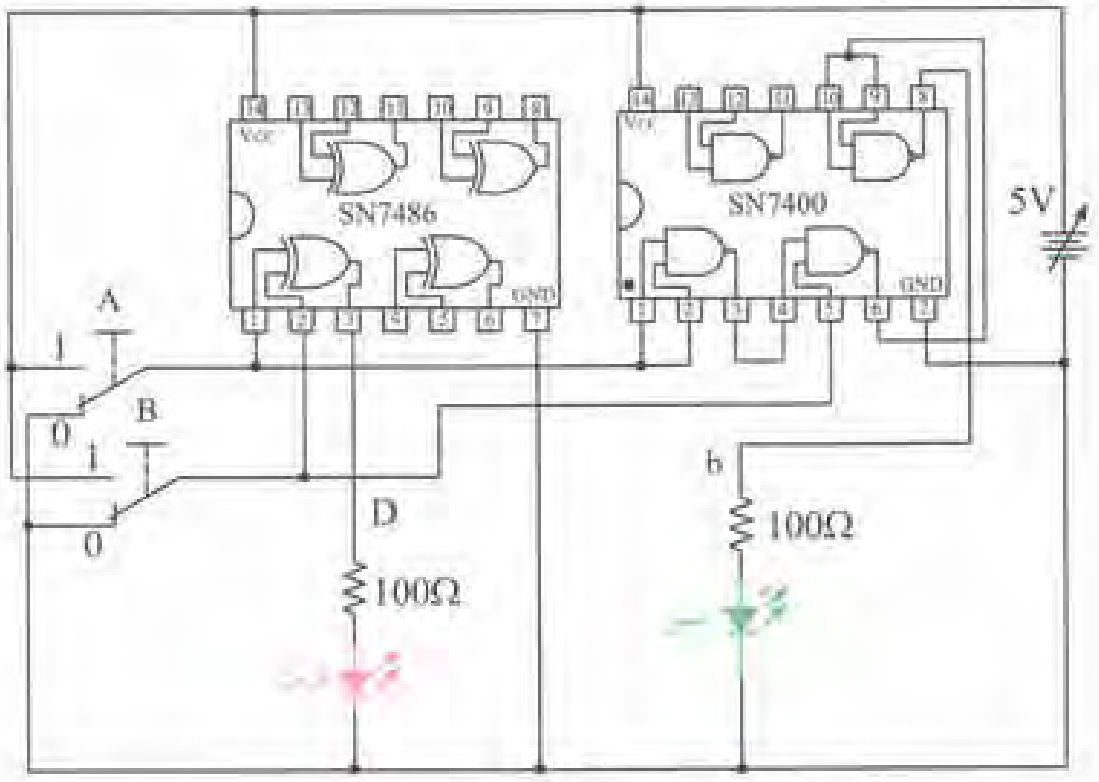
در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به قسمت (۱ـ۱۱ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ب: آزمایش مدار تفریق کننده یک بیتی و به دست‌آوردن جدول صحت آن

■ مدار تفریق کننده ناقص شکل (۹۷ـ۷) را که قبلاً به صورت برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

اگر منبع تغذیه شما دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است از این ولتاژ ثابت برای مدار استفاده کنید.



شکل ۹۷ـ۷ـ مدار آزمایش مربوطه به تفریق کننده ناقص

■ کلیدهای A و B را در حالت صفر ولت قرار دهید.

(صفر منطقی) و نور دیودهای LED را مشاهده و در جدول (۶۳ـ۷) یادداشت کنید.

اگر LED روشن باشد خروجی را برابر یک منطقی و اگر LED خاموش باشد خروجی را برابر صفر منطقی در نظر بگیرید.

■ کلیدهای A و B را مطابق جدول (۶۳ـ۷) تنظیم و با توجه به نور دیودهای LED، جدول (۶۳ـ۷) را تکمیل کنید.

سؤال ۲ـ چه نتیجه‌ای از جدول (۶۳ـ۷) می‌گیرید؟ شرح دهید.

جدول ۶۳ـ۷

A	B	D LED قرمز رنگ	b LED سبز رنگ
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به قسمت (۳ـ۱۱ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۱۲ـ۷ـ **خلاصه آزمایش:** آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۷ـ۱۲ـ۷ـ **نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از این آزمایش را بنویسید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

نتیجه: .....

.....

.....

.....

آزمون

۱ـ چرا جمع کننده دو بیتی را، جمع کننده ناقص می‌نامند؟

۲ـ در تفریق کننده ناقص، مفهوم یک قرض گرفته شده از رقم بعدی چیست؟ توضیح دهید.

برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل هفتم آزمون پایانی عملی (۷) خودآزمایی شماره (۲) مراجعه کنید.

۱۳ـ۷ـ مدار مقایسه‌کننده یک بیتی

وقتی بخواهیم دو عدد را با هم مقایسه کنیم، نتیجه مقایسه از سه حالت زیر خارج نیست.

$$A > B \quad , \quad A = B \quad , \quad A < B$$

در شکل (۱۸ـ۷) بلوک دیاگرام یک مقایسه‌کننده n بیتی نشان داده شده است.

حال اگر بخواهیم فقط یک بیت را با یک بیت دیگر مقایسه کنیم شرایط زیر حاکم است.

اگر $B = 0$ و $A = 1$ باشد $A > B$ خواهد بود.

اگر $A = B = 1$ یا $A = B = 0$ باشد $A = B$ خواهد بود.

اگر $B = 1$ و $A = 0$ باشد $A < B$ خواهد بود.

مطلب فوق را در جدول (۶۴ـ۷) خلاصه می‌کنیم و روابط $A > B$ و $A = B$ و $A < B$ را از جدول به‌دست می‌آوریم.

$$(A > B) = A\bar{B}$$

$$(A = B) = \bar{A}\bar{B} + AB = \overline{\bar{A}\bar{B} + AB}$$

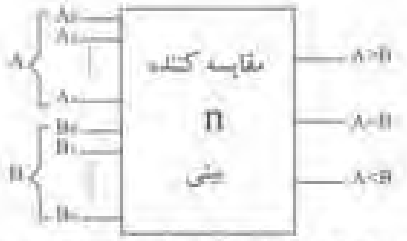
$$(A < B) = \bar{A}B$$

در شکل (۱۹ـ۷) مدار منطقی یک مقایسه‌کننده یک بیتی نشان داده شده است.

توجه داشته باشید که یک مقایسه‌کننده n بیتی، از n مقایسه‌کننده یک بیتی تشکیل شده است.

IC شماره SN7485 یک مدار مجتمع مقایسه‌کننده ۴ بیتی است که در بازار به فراوانی یافت می‌شود. این IC طوری ساخته شده است که با دو عدد IC می‌توان ۸ بیت و با سه عدد IC می‌توان ۱۲ بیت و ... را با یکدیگر مقایسه کرد. در شکل (۱۰۰ـ۷) پایه‌های IC SN7485 رسم شده‌اند.

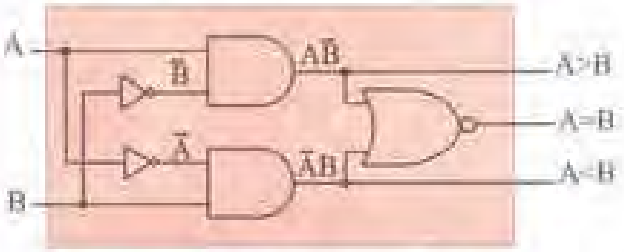
در شکل (۱۰۱ـ۷) نحوه اتصال دو عدد IC با شماره SN7485 که قادر است ۸ بیت را با یک دیگر مقایسه کند نشان داده شده است.



شکل ۱۸ـ۷ـ بلوک دیاگرام یک مقایسه‌کننده n بیتی

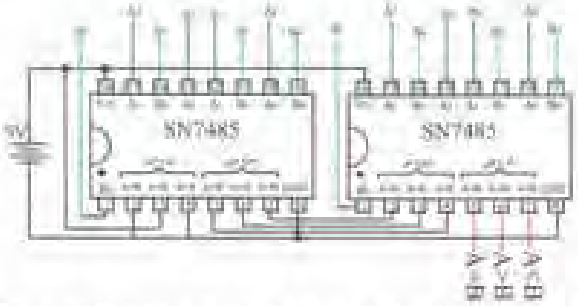
جدول ۶۴ـ۷

A	B	A>B	A=B	A<B
0	0	0	1	0
0	1	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0



شکل ۱۹ـ۷ـ مدار منطقی یک مقایسه‌کننده یک بیتی

شکل ۱۰۰ـ۷ـ پایه‌های IC با شماره SN7485 مدار مقایسه‌کننده ۴ بیتی



شکل ۱۰۱ـ۷ـ با استفاده از دو عدد IC با شماره SN7485 می‌توان یک مقایسه‌کننده ۸ بیتی ساخت.

۱۴ـ۷ـ آزمایش شماره (۶)

۱ـ۱۴ـ۷ـ نام آزمایش: مقایسه کننده

۲ـ۱۴ـ۷ـ هدف‌های آزمایش: آزمایش یک مدار مقایسه کننده یک بیتی

۳ـ۱۴ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما یک مقایسه کننده یک بیتی را مورد آزمایش قرار می‌دهید و خواهید دید که چگونه می‌توان با استفاده از دروازه‌های منطقی مداری ساخت که بتواند دو عدد را با هم مقایسه کند.

مقایسه کننده‌ای که در این آزمایش، مورد آزمایش قرار می‌دهید، یک مقایسه کننده یک بیتی است باید توجه داشته باشید که یک مقایسه کننده n بیتی از n مقایسه کننده یک بیتی تشکیل می‌شود.

۴ـ۱۴ـ۷ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

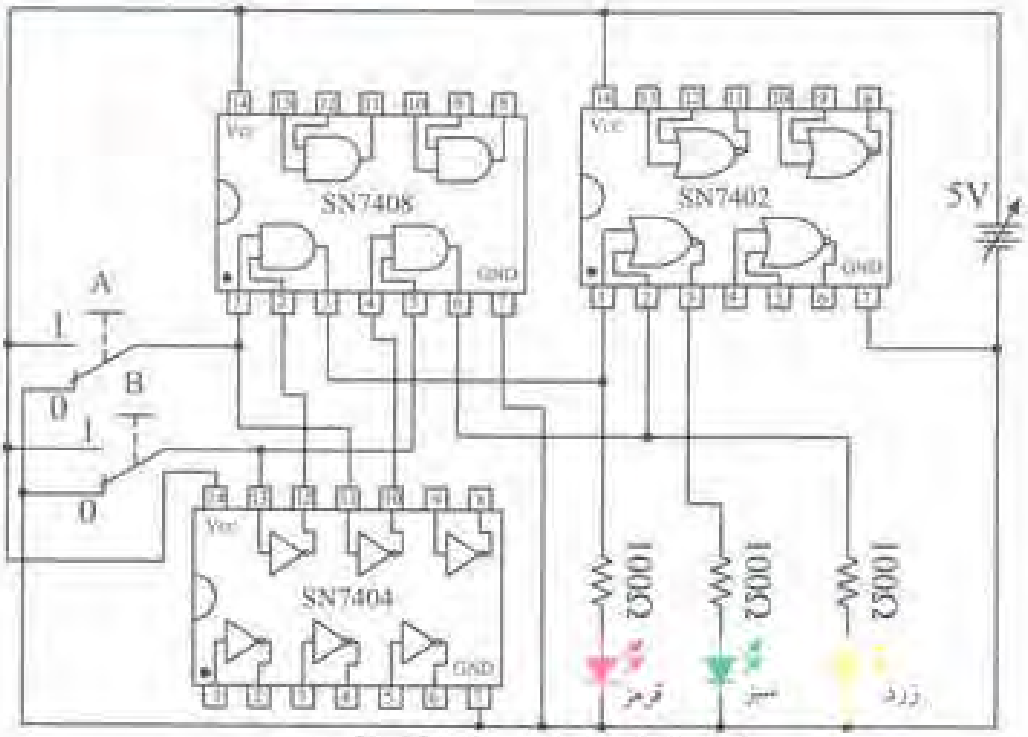
مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ منبع تغذیه ۱ A ـ ۱۵v ـ +	یک دستگاه
۲ـ برد مدار چاپی مقایسه کننده یک بیتی	یک عدد
۳ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین پُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

۵ـ۱۴ـ۷ـ مراحل اجرای آزمایش:

- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۲ـ۱۰ـ۷) را که قبلاً روی برد مدار چاپی آماده شده است مورد بررسی قرار دهید.



شکل ۲ـ۱۰ـ۷ـ مدار آزمایش مقایسه کننده یک بیتی

■ منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

کلیدهای A و B را مطابق جدول (۶۵ـ۷) تغییر دهید و با توجه به نور دیودهای LED جدول را تکمیل کنید.

سؤال ۱ـ چه نتیجه‌ای از جدول (۶۵ـ۷) می‌گیرید؟ توضیح دهید.

جدول ۶۵ـ۷

A	B	LED سبز رنگ A=B	LED قرمز رنگ A>B	LED زرد رنگ A<B
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

پاسخ: .....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۳ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۱۴ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

۷ـ۱۴ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تئوری بنویسید.

نتیجه: .....

.....

.....

آزمون

۱ـ کاربرد مدارهای مقایسه‌کننده، کجاست؟

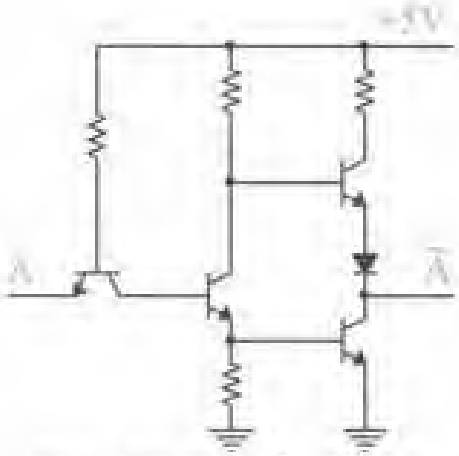
برای اجرای خودآزمایی عملی به انتهای مطالب فصل هفتم آزمون پایانی عملی (۷) خودآزمایی شماره (۵۱) مراجعه کنید.

۱۵ـ۷ـ ساختمان داخلی دروازه‌های منطقی

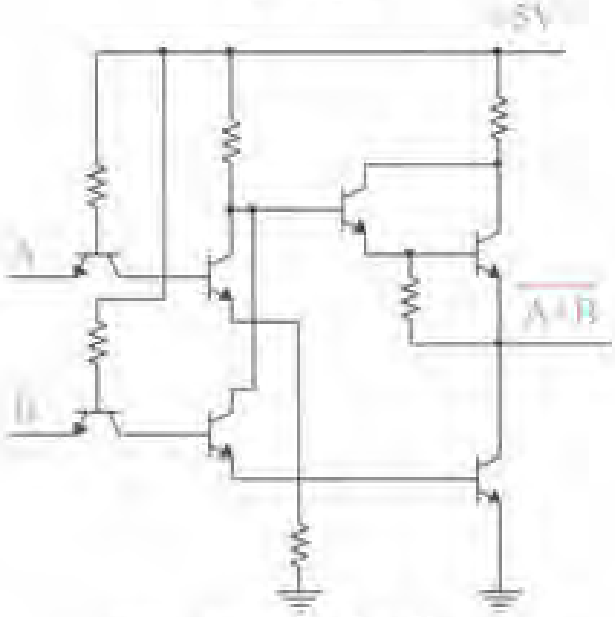
همان‌طور که در ابتدای این فصل گفته شد به‌طور کلی یک دروازه منطقی، یک مدار الکترونیکی نسبتاً ساده است که با توجه به سطوح ولتاژ تعریف شده صفر یا یک منطقی که به ورودی آن اعمال می‌کنیم خروجی آن نیز دارای یک سطح ولتاژ تعریف شده صفر یا یک منطقی می‌شود. مدار الکترونیکی دروازه‌های منطقی از یک سری قطعات الکترونیک تشکیل می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها ترانزیستورها هستند. تقسیم‌بندی‌هایی که می‌توان برای دروازه‌های منطقی درنظر گرفت به نوع ترانزیستور و آرایش آن‌ها در مدارهای الکترونیکی بستگی دارد. براین اساس یک سری تقسیم‌بندی‌هایی برای دروازه‌های منطقی درنظر می‌گیرند. دو نوع تقسیم‌بندی برای دروازه‌های منطقی که در عمل به‌صورت IC ساخته شده و متداول و حائز اهمیت است عبارتند از:

۱ـ۱۵ـ۷ـ IC های سری TTL*: در این نوع IC ها، دروازه‌های منطقی از ترانزیستورهای معمولی ساخته می‌شوند و IC های آن با پیش‌شماره ۷۴ شروع می‌شوند.

در شکل (۱۰۳ـ۷) مدار الکترونیکی دروازه منطقی NOT و دروازه منطقی NOR نشان داده شده است.



الف - مدار الکترونیکی دروازه منطقی NOT از نوع معمولی

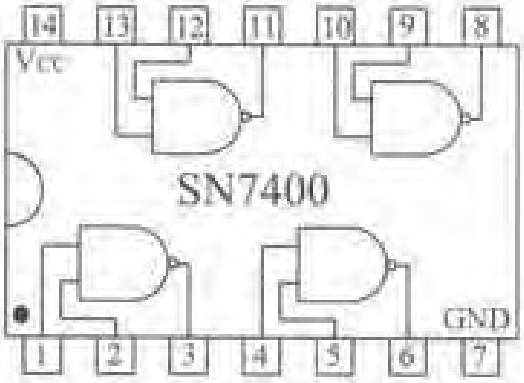


ب - مدار الکترونیکی دروازه منطقی NOR از نوع معمولی

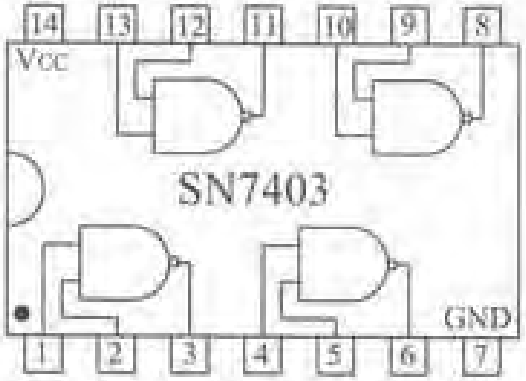
شکل ۱۰۳ـ۷ـ مدار الکترونیکی دروازه‌های منطقی NOT و NOR از سری IC های TTL.

* Transistor Transistor Logic

IC های TTL در دو نوع معمولی (Totem pole) و کلکتور باز (Open Collector) ساخته می‌شوند. از نظر تعداد و یا شکل پایه‌های IC هیچ فرقی بین این دو نوع وجود ندارد و معمولاً به‌جای هم نمی‌توانند به‌کار روند. به عنوان مثال IC به شماره ۷۴۰۰ شامل ۴ دروازه منطقی NAND از نوع معمولی است و IC شماره ۷۴۰۳ نیز شامل ۴ دروازه منطقی NAND از نوع کلکتور باز است. شکل ظاهری این IC ها در شکل (۴ـ۱۰ـ۷) نشان داده شده است. برای مشخص شدن این که دروازه‌های منطقی یک IC از کدام نوع است باید به کتاب‌های مرجع به عنوان مثال TTL Data Book مراجعه شود. در شکل (۵ـ۱۰ـ۷) مدار الکترونیکی دروازه منطقی NAND از نوع کلکتور باز نشان داده شده است.



الف - دروازه منطقی NAND از نوع معمولی

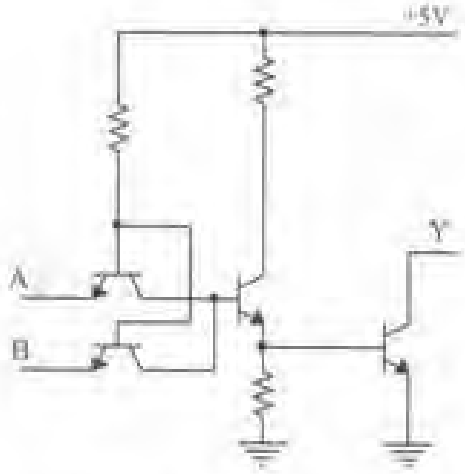


ب - دروازه منطقی NAND از نوع کلکتور باز

شکل ۴ـ۱۰ـ۷

هنگام تعویض یک IC که شامل دروازه‌های منطقی یا سایر عناصر الکترونیکی است، IC جایگزین حتماً باید IC موجود در مدار (معمولی یا کلکتور باز) باشد. بنابراین هرگز با توجه به شکل ظاهری دروازه‌های منطقی با سایر عناصر معادل‌یابی نکنید!

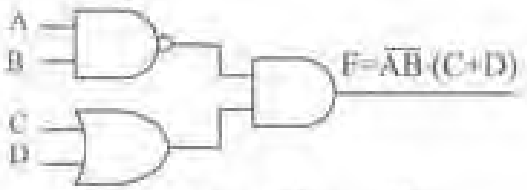
توجه داشته باشید که همیشه باید خروجی دروازه‌های منطقی از نوع کلکتور باز را با یک مقاومت ۱kΩ به $+V_{CC}$ وصل کنید. از مزایای دروازه‌های منطقی از نوع کلکتور باز این است که می‌توان خروجی آن‌ها را به یکدیگر اتصال داد. در این صورت تمامی خروجی‌ها از نظر منطقی با یک‌دیگر AND می‌شوند. این نوع AND را AND سیمی می‌نامند. در صورتی که در دروازه‌های منطقی معمولی مجاز به اتصال خروجی‌ها به



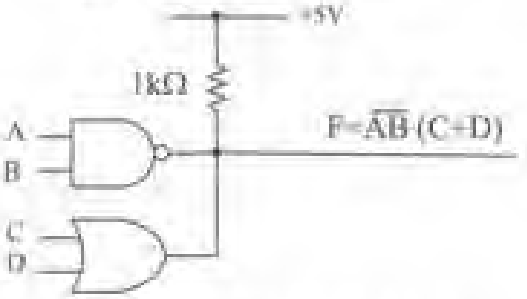
شکل ۵ـ۱۰ـ۷ـ مدار الکترونیکی دروازه منطقی NAND از نوع کلکتور باز

یکدیگر نیستیم. در شکل (۶-۱۰۷) مزایای دروازه‌های منطقی از نوع کلکتور باز نشان داده شده است.

برای گیت‌های ترکیبی باید خروجی هر گیت را مشخص کنید و در نهایت تابع خروجی نهایی را به دست آورید.



الف - دروازه های منطقی معمولی

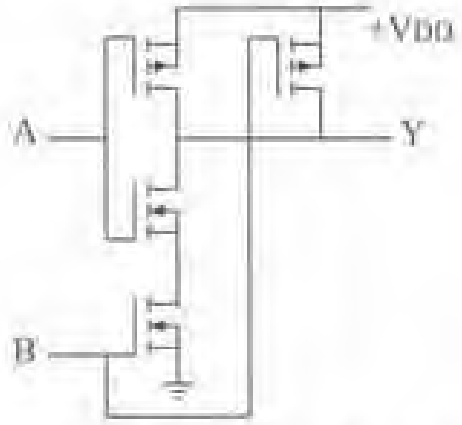


ب - دروازه های منطقی از نوع کلکتورباز

شکل ۶-۱۰۷- خروجی دروازه‌های منطقی از نوع کلکتور باز را می‌توان با یک دیگر AND بسته کرد.

۲-۱۵-۷- IC های با تکنولوژی CMOS : در این نوع IC ها، دروازه‌های منطقی از ترانزیستورهای MOSFET ساخته شده‌اند. در شکل (۷-۱۰۷) مدار الکترونیکی دروازه منطقی NAND نشان داده شده است.

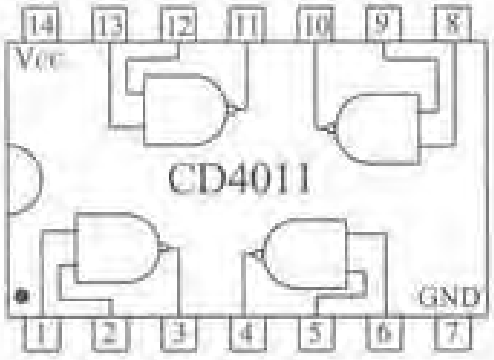
برای تشخیص پایه‌های آی سی باید از کاتولوگ یا کتاب اطلاعات آی سی استفاده کنید.



شکل ۷-۱۰۷- مدار الکترونیکی دروازه منطقی NAND از نوع CMOS

شماره این نوع IC ها، با پیش‌شماره ۴۰CD شروع می‌شود.

ولتاژ تغذیه این IC ها در محدوده ۳ تا ۱۵ ولت قرار دارد. در این IC ها ولتاژی را که به تغذیه IC وصل می کنیم همان ولتاژ سطح یک منطقی است. توان مصرفی این IC ها نسبت به IC های TTL به مراتب کمتر است. در شکل (۸-۱۰۷) یک نمونه IC از نوع CMOS نشان داده شده است.



شکل ۸-۱۰۷- یک نمونه IC شامل ۴ عدد دروازه منطقی NAND از نوع CMOS

۱۶ـ۷ـ آزمایش شماره (۷)

۱ـ۱۶ـ۷ـ نام آزمایش: دروازه‌های منطقی CMOS

۲ـ۱۶ـ۷ـ هدف آزمایش: به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی NAND از نوع CMOS

۳ـ۱۶ـ۷ـ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با یک IC از نوع CMOS کار خواهید کرد و جدول صحت یک دروازه منطقی NAND را با تکنولوژی CMOS به‌دست خواهید آورد.

لازم به یادآوری است که سطح منطقی یک در IC های با تکنولوژی CMOS ، همان ولتاژ تغذیه IC است که متناسب با نیاز می‌تواند بین ۳ تا ۱۵ ولت انتخاب شود.

اگر بخواهیم در یک مدار، همزمان از IC های TTL و CMOS استفاده کنیم باید تغذیه IC های CMOS نیز بین ۴/۷۵ تا ۵/۲۵ ولت باشد.

هنگام کار با IC های CMOS ، به میزان جریان‌دهی خروجی آن‌ها، تعداد گیت‌هایی که می‌تواند در خروجی یک گیت دیگر قرار گیرند و همچنین میتیمم و ماکزیمم ولتاژ تغذیه و ... توجه داشته باشید.

۴ـ۱۶ـ۷ـ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ـ منبع تغذیه A ۱ـ ۱۵v ـ ۰	یک دستگاه
۲ـ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۳ـ پرد مدار چاپی IC از نوع CMOS	یک عدد

۵ـ۱۶ـ۷ـ مراحل اجرای آزمایش:

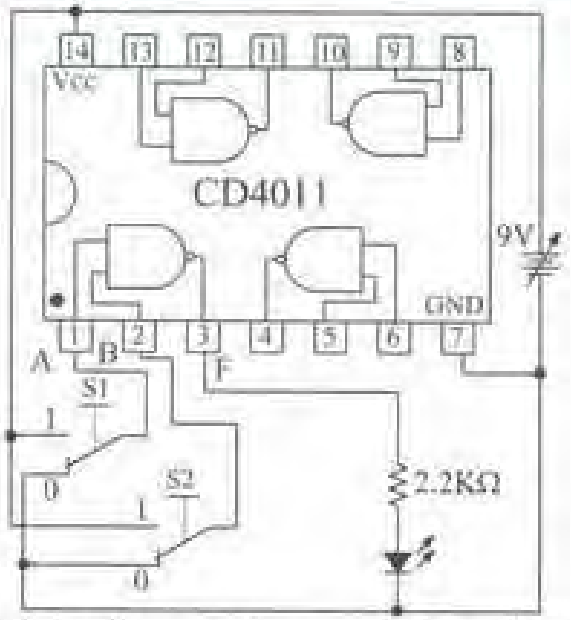
- وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.
- مدار شکل (۹ـ۱ـ۷) را که قبلاً ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

CMOS

A	B	Y
0	0	*
0	1	*
1	0	*
1	1	*

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین پرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع بایه المان‌ها بررسی کنید.



شکل ۹ـ۱ـ۷ـ مدار آزمایش دروازه منطقی NAND با تکنولوژی CMOS

■ منبع تغذیه را روی ۹ ولت تنظیم و آن را به مدار وصل کنید.

■ کلیدهای A و B را در حالت صفر منطقی قرار دهید.

■ نوردیود LED را مشاهده کنید.

■ اگر LED روشن بود آن را یک منطقی و اگر خاموش بود صفر منطقی درنظر بگیرید.

■ نتایج را در جدول (۶۶ـ۷) یادداشت کنید.

■ با تغییر وضعیت کلیدهای A و B مطابق جدول (۶۶ـ۷)، جدول را تکمیل کنید.

جدول ۶۶ـ۷

A	B	Y
0 صفر ولت	0 صفر ولت	
0 صفر ولت	1 ۵ ولت	
1 ۵ ولت	0 صفر ولت	
1 ۵ ولت	1 ۵ ولت	

سؤال ۱ـ آیا جدول صحت یک دروازه منطقی NAND با تکنولوژی CMOS با جدول صحت یک دروازه منطقی NAND با تکنولوژی‌های دیگر تفاوت دارد؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید دارید به قسمت (۲ـ۱۵ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۱۶ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به‌اختصار شرح دهید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

۷ـ۱۶ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌طور خلاصه بیان کنید.

نتیجه: .....

.....

.....

آزمون

۱ـ هنگام کار با IC های دروازه‌های منطقی با تکنولوژی CMOS چه نکاتی را باید مورد توجه قرار داد؟

۲ـ محدوده تغذیه IC های با تکنولوژی CMOS کدام گزینه است؟

الف: □ ۳–۱۵V　　ب: □ ۴/۷۵–۵/۲۵V

ج: □ ۵–۱۰V　　د: □ ۵–۱۵V

پاسخ: .....

.....

.....

.....

.....

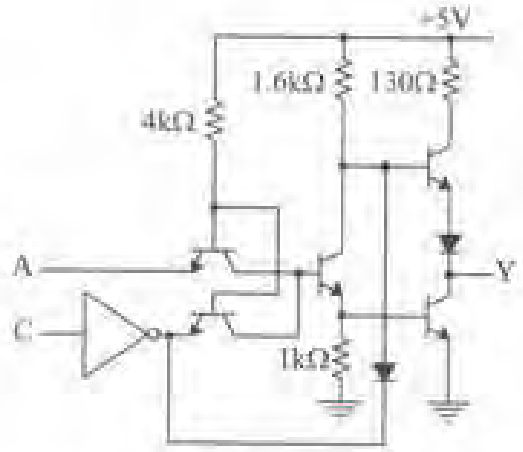
۱۷ـ۷ـ دروازه‌های منطقی با خروجی‌های سه حالته و کاربردهای آن

نوع دیگری از دروازه‌های منطقی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، دروازه‌های منطقی با خروجی سه حالته هستند. این نوع دروازه‌های منطقی هم با تکنولوژی TTL و هم با تکنولوژی CMOS تولید و به‌کار برده می‌شوند. مدار داخلی یک نمونه از این دروازه منطقی در شکل (۱۱۰ـ۷) نشان داده شده است. با استفاده از دروازه منطقی با خروجی سه حالته می‌توان خروجی‌ها را مستقیماً به‌طور موازی به‌هم اتصال داد. سه حالتی که برای خروجی وجود دارد عبارتند از:

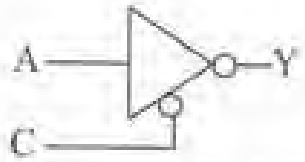
الف: یک منطقی، در این حالت خروجی نسبت به V_{CC} مقاومت بسیار کم و نسبت به زمین مقاومت خیلی زیادی دارد.

ب: صفر منطقی، در این حالت خروجی نسبت به زمین مقاومت بسیار کم و نسبت به V_{CC} مقاومت خیلی زیاد دارد.

ج: غیرفعال، در این حالت خروجی هم نسبت به V_{CC} و هم نسبت به زمین مقاومت خیلی زیادی دارد، به‌این حالت امپدانس زیاد (HI) می‌گویند. در شکل (۱۱۱ـ۷) نماد یک نمونه دروازه منطقی NOT با خروجی سه حالته رسم شده است.



شکل ۱۱۰ـ۷ـ مدار الکترونیکی یک نمونه NOT با خروجی سه حالته با تکنولوژی TTL



شکل ۱۱۱ـ۷ـ نماد یک نمونه دروازه منطقی سه حالته

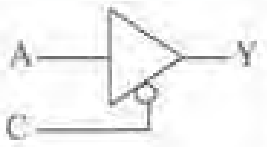
در جدول (۶۷ـ۷)، جدول صحت این دروازه منطقی نشان داده شده است.

جدول ۶۷ـ۷

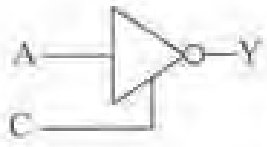
A	B	خروجی Y
صفر ولت	صفر ولت	۲/۴ تا ۵ ولت
هیچ ولت	صفر ولت	تقریباً صفر ولت
صفر ولت	هیچ ولت	مدار باز
هیچ ولت	هیچ ولت	مدار باز

دروازه منطقی سه حالته علاوه بر ورودی و خروجی، دارای یک سیگنال ورودی کنترل است. به‌وسیله این سیگنال کنترل می‌توان دروازه منطقی را فعال یا غیرفعال کرد.

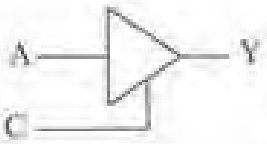
در شکل (۱۱۲ـ۷) سه نمونه دیگر از دروازه‌های منطقی با خروجی سه حالته همراه با جدول صحت آن‌ها نشان داده شده است.



A	C	Y
0	0	0
1	0	1
0	1	HI
1	1	HI



A	C	Y
0	1	1
1	1	0
0	0	HI
1	0	HI

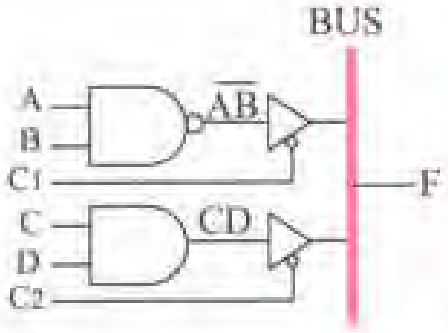


A	C	Y
0	1	0
1	1	1
0	0	HI
1	0	HI

شکل ۱۱۲ـ۷

در جدول صحت نشان داده شده پایه C همان پایه کنترل است. در بعضی از دروازه‌های منطقی اگر $C=1$ باشد دروازه منطقی فعال می‌شود و در بعضی دیگر اگر $C=0$ شود دروازه منطقی فعال می‌شود. این مسئله را می‌توان از نماد دروازه منطقی یا جدول صحت آن تشخیص داد. اگر روی نماد دروازه منطقی پایه کنترل با علامت دایره کوچک به بدنه‌ی دروازه منطقی وصل شده باشد یا $C=0$ دروازه منطقی فعال می‌شود و در غیراین‌صورت باید آن را $C=1$ فعال کرد.

در شکل (۱۱۳ـ۷) **یک نمونه کاربرد** دروازه منطقی با خروجی سه حالته نشان داده شده است. در این مدار خروجی دروازه منطقی NAND و خروجی دروازه منطقی AND به کمک دو دروازه منطقی سه حالته به یک خط مشترک (BUS) وصل شده‌اند. از خط مشترک می‌توان برای ورودی‌های دروازه‌های منطقی دیگر استفاده گرفت. در این شکل اگر $C_1=0$ و $C_2=1$ باشد $F=\overline{AB}$ است و اگر $C_1=1$ و $C_2=0$ باشد، $F=CD$ است، پس به کمک پایه سوم مربوط به دروازه‌های منطقی با خروجی سه حالته، می‌توان در هر لحظه تعیین کرد که خروجی کدام دروازه منطقی روی خط مشترک (BUS) قرار بگیرد. به این گونه دروازه‌های منطقی، خروجی عین ورودی یا دروازه منطقی آری یا بافر می‌گویند.



شکل ۱۱۳ـ۷ـ یک نمونه کاربرد دروازه‌های منطقی سه حالته

۱۸ــ۷ــ آزمایش شماره (۸)

۱ــ۱۸ــ۷ــ نام آزمایش: دروازه‌های منطقی با خروجی سه‌حالته

۲ــ۱۸ــ۷ــ هدف‌های آزمایش:

الف : به دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی بافر (آری) با خروجی سه حالته با حالت فعال $C = 0$ و شناخت IC مربوط به آن

ب : به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی بافر (آری) با خروجی سه حالته با حالت فعال $C = 1$ و شناخت IC مربوط به آن

۳ــ۱۸ــ۷ــ شرح خلاصه آزمایش: در این آزمایش شما با دروازه‌های منطقی با خروجی سه حالته آشنا می‌شوید و جدول صحت آن را به‌دست می‌آورید. همچنین به مفهوم خروجی غیرفعال یعنی امپدانس زیاد (High Impedance) پی‌خواهید برد و عملاً با بعضی از IC های ساخته شده در این زمینه آشنا می‌شوید.

به یاد داشته باشید که برای تعیین صحت سلامت IC با خروجی‌های سه حالته می‌توانید از همین آزمایش استفاده کنید.

IC های به کاربرده شده در این آزمایش عبارتند از :

IC با شماره SN74125 (بافر یا دروازه منطقی آری) با خروجی $C = 0$ فعال

IC با شماره SN74126 (بافر یا دروازه منطقی آری) با خروجی $C = 1$ فعال

۴ــ۱۸ــ۷ــ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش، در جدول مقابل آمده است.

مدت زمان انجام آزمایش ۲ ساعت

A	B	Y
0	0	*
0	1	*
1	0	*
1	1	*

قبل از شروع کار، نکات ایمنی ۷ که در صفحه ۳۶ آمده است را با دقت مطالعه کنید و در خلال انجام آزمایش آن‌ها را مورد استفاده قرار دهید. همچنین بُرد مدار چاپی را از نظر شکستگی و قطع پایه المان‌ها بررسی کنید.

نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱ــ منبع تغذیه ۰ ــ ۱۵V ــ ۱A	یک دستگاه
۲ــ سیم‌های رابط	به اندازه کافی
۳ــ برد مدار چاپی مربوط به آزمایش IC به شماره SN74125	یک عدد
۴ــ برد مدار چاپی مربوط به آزمایش IC به شماره SN74126	یک عدد

۵ــ۱۸ــ۷ــ مراحل اجرای آزمایش:

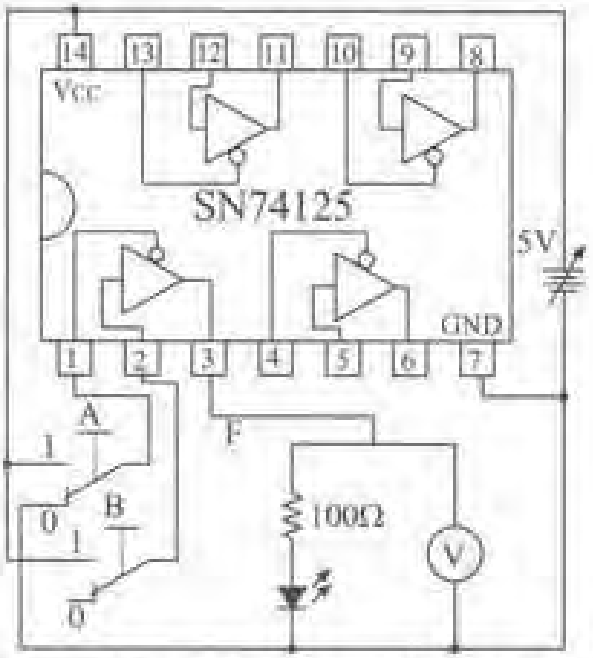
الف : به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی بافر (آری) با خروجی سه حالته با حالت فعال C = ۰

■ وسایل مورد نیاز را از انبار تحویل بگیرید.

■ مدار شکل (۱۱۴ــ۷) را که قبلاً به‌صورت برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ اگر منبع تغذیه موجود در آزمایشگاه دارای ولتاژ ۵ ولت ثابت است از آن برای تغذیه IC استفاده کنید. در غیراین‌صورت ابتدا منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به‌مدار وصل کنید.

توجه داشته باشید که ولتاژ تغذیه IC همان سطح منطقی یک است و نقطه زمین صفر منطقی به‌حساب می‌آید.



شکل ۱۱۴ــ۷ــ مدار آزمایش جهت به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی آری با حالته فعال ۰ = C

■ به کمک کلیدهای S و S_0 مطابق جدول (۶۸ــ۷) به ورودی و خط کنترل C ، صفر و یک منطقی اعمال کنید و سپس ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

■ متناسب با سطح ولتاژ، مقدار صفر یا یک منطقی را در ستون F بنویسید.

ولتاژ خروجی از ۲/۴ تا ۵ ولت را یک منطقی و ولتاژ کمتر از ۰/۸ ولت را صفر منطقی و ولتاژ بین ۰/۸ تا ۲/۴ ولت را درصورتی که ولت‌متر نشان دهد، حالت غیرفعال IC در نظر بگیرید.

سؤال ۱ــ با توجه به مقادیر ولتاژ در جدول (۶۸ــ۷)، چه نتیجه‌ای از آزمایش می‌گیرید؟ توضیح دهید.

جدول ۶۸ــ۷

A	C	مقدار ولتاژی که ولت متر نشان می دهد	F
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

پاسخ:

.....

.....

.....

.....

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۱) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۷ــ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

ب : به دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی بافر (آری) با خروجی سه حالته با حالت فعال C = ۱

■ مدار شکل (۱۱۵ـ۷) را که قبلاً روی برد مدار چاپی ساخته شده است مورد بررسی قرار دهید.

■ اگر منبع تغذیه آزمایشگاه دارای ولتاژ ثابت ۵ ولت است از آن برای تغذیه IC استفاده کنید. در غیراین‌صورت ابتدا منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم و سپس آن را به مدار وصل کنید.

■ به کمک کلیدهای S_1 و S_2 مطابق جدول (۶۹ـ۷) به ورودی A و خط کنترل C ، صفر و یک منطقی اعمال کنید.

■ ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد در جدول یادداشت کنید.

■ متناسب با سطح ولتاژ، مقدار صفر یا یک منطقی را در ستون F بنویسید.

ولتاژ خروجی از ۲/۴ تا ۵ ولت را یک منطقی، ولتاژ کمتر از ۰/۸ ولت را صفر منطقی، ولتاژ بین ۰/۸ تا ۲/۴ ولت در صورتی که ولت متر نشان دهد را حالت غیرفعال (HI) درنظر بگیرید.

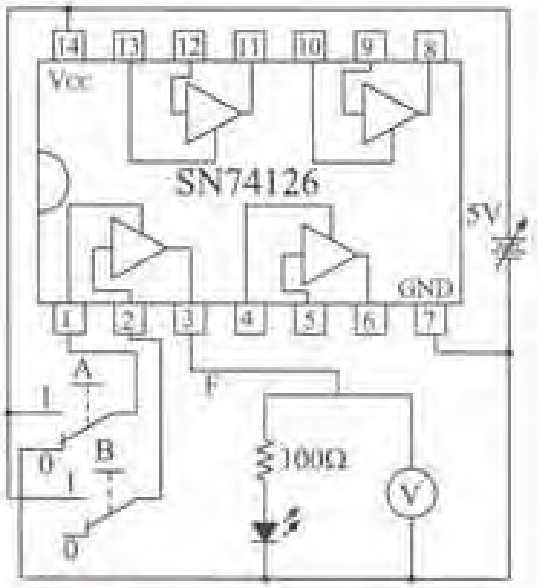
سؤال ۲ـ با توجه به مقادیر ولتاژ در جدول (۶۹ـ۷) چه نتیجه‌ای از آزمایش می‌گیرید؟ توضیح دهید.

پاسخ: .....

.....

.....

.....



شکل ۱۱۵ـ۷ـ مدار آزمایش به‌دست آوردن جدول صحت دروازه منطقی آری از نوع سه حالته با حالت ۱ = C

جدول ۶۹ـ۷

A	C	مقدار ولتاژی که ولت متر نشان می دهد	F
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

در صورتی که نتوانستید به سؤال (۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت (۱۷ـ۷) مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۶ـ۱۸ـ۷ـ خلاصه آزمایش: آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۷ـ۱۸ـ۷ـ نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از این آزمایش را به‌صورت تیتروار بنویسید.

خلاصه آزمایش: .....

.....

.....

.....

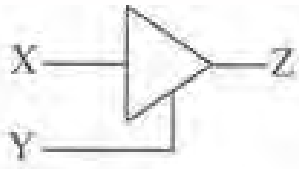
نتیجه: .....

.....

.....

آزمون

۱ـ کدام جدول صحت مربوط به شکل (۱۱۶ـ۷) است؟



شکل ۱۱۶ـ۷

X	Y	Z
0	0	HI
0	1	HI
1	0	1
1	1	0

د: □

X	Y	Z
0	0	HI
0	1	HI
1	0	0
1	1	1

ج: □

X	Y	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	HI
1	1	HI

ب: □

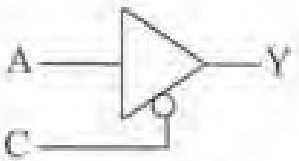
X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	HI
1	1	HI

الف: □

۲ـ به‌ازای کدام حالت، خروجی دروازه منطقی شکل (۱۱۷ـ۷) برابر یک منطقی می‌شود؟

الف: □ C=۰ و A=۱ ب: □ C=۰ و A=۰

ج: □ C=۱ و A=۱ د: □ C=۱ و A=۰

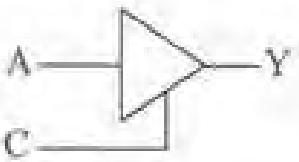


شکل ۱۱۷ـ۷

۳ـ به ازای کدام حالت، خروجی دروازه منطقی شکل (۱۱۸ـ۷) برابر یک منطقی می‌شود؟

الف: □ C=۰ و A=۱ ب: □ C=۰ و A=۰

ج: □ C=۱ و A=۱ د: □ C=۱ و A=۰



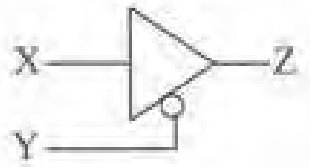
شکل ۱۱۸ـ۷

۴ـ ولتاژ خروجی دروازه منطقی با خروجی سه حالته در حالت غیرفعال در کدام محدوده قرار دارد؟

الف: □ ۰/۸ تا ۲/۴ ولت　　ب: □ ۰ تا ۰/۸ ولت

ج: □ ۲/۵ تا ۴/۵ ولت　　د: □ بستگی به‌مقدار مقاومت متصل شده به خروجی دارد.

۵ـ کدام جدول صحت مربوط به شکل (۱۱۹ـ۷) است؟



شکل ۱۱۹ـ۷

X	Y	Z
0	0	0
0	1	1
1	0	HI
1	1	HI

الف: □

X	Y	Z
0	0	1
0	1	0
1	0	HI
1	1	HI

ب: □

X	Y	Z
0	0	HI
0	1	HI
1	0	0
1	1	1

ج: □

X	Y	Z
0	0	HI
0	1	HI
1	0	1
1	1	0

د: □

۱۹ــ۷ــ آزمون پایانی عملی (۷)

۱ــ در صورت امکان و دسترسی به کتاب TTL CookBook و یا کتاب‌های مشابه، شماره‌ی ICهای دارای دروازه‌های منطقی پایه را پیدا کنید.

۲ــ با استفاده از دروازه منطقی NAND، دروازه منطقی XOR و XNOR بسازید.

۳ــ با استفاده از دیود و ترانزیستور سعی کنید یک دروازه منطقی XOR بسازید.

۴ــ با استفاده از IC شماره SN7483 که یک جمع کننده‌ی ۴ بیتی است همراه کلیدها و دیودهای LED اعداد چهاربیتی را با آن جمع کنید.

۵ــ با استفاده از IC شماره SN7485 که یک مقایسه کننده‌ی ۴ بیتی است ضمن کار با این IC ، دو عدد ۴ بیتی را با آن مقایسه کنید.

نتایج آزمون عملی: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

۲۰ـ۷ـ پرسش و تمرین (۷)

۱ـ فرق سیستم دیجیتال و آنالوگ چیست با ذکر مثال توضیح دهید.

۲ـ فرق صفر و یک منطقی با صفر و یک جبری چیست؟

۳ـ نماد دروازه‌های منطقی پایه را همراه با جدول صحت آن‌ها رسم کنید.

۴ـ دروازه‌های منطقی NAND و NOR از کدام دروازه‌های منطقی پایه تشکیل شده‌اند.

۵ـ فرق دروازه منطقی OR با OR انحصاری را شرح دهید.

۶ـ شکل یک AND و OR دیودی را رسم کنید.

۷ـ شکل یک مدار الکترونیکی دروازه منطقی NOT را رسم کنید و طرز کار آن را شرح دهید.

۸ـ توابع زیر را به کمک روابط جبر بول ساده کنید.

۸ـ۱) $F = \overline{A}B + A\overline{B} + AB$

۸ـ۲) $F = AB\overline{C} + ABC + A\overline{B}\overline{C} + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + A\overline{B}C$

۸ـ۳) $F = \overline{A}\overline{B}\overline{C} + \overline{A}B\overline{C} + ABC + \overline{A}BC + A\overline{B}C$

۹ـ توابع زیر را به کمک جدول کارنو ساده کنید.

۹ـ۱) $F = AB + \overline{A}B$

۹ـ۲) $F = AB\overline{C} + \overline{A}\overline{B}\overline{C} + ABC + \overline{A}BC$

۱۰ـ عدد باینری ۱۱۰۱۱۰ را به عدد اعشاری تبدیل کنید.

۱۱ـ فرق دروازه‌های منطقی معمولی با دروازه‌های منطقی کلکتور باز (Open Collector) چیست؟

۱۲ـ کاربرد دروازه‌های منطقی کلکتور باز کجاست؟

۱۳ـ مدار منطقی یک مدار جمع‌کننده ناقص را رسم کنید.

۱۴ـ IC های CMOS در کدام محدوده ولتاژ کار می‌کنند.

۱۵ـ کاربرد دروازه‌های منطقی سه حالته در کجاست؟

پاسخ سوالات: .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

پاسخنامه سؤالات ۴ گزینه‌ای پیش‌آزمون

پیش‌آزمون (۶)

شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	–
۲	–
۳	–
۴	–
۵	–
۶	–
۷	–
۸	د
۹	الف
۱۰	ج

پیش‌آزمون (۷)

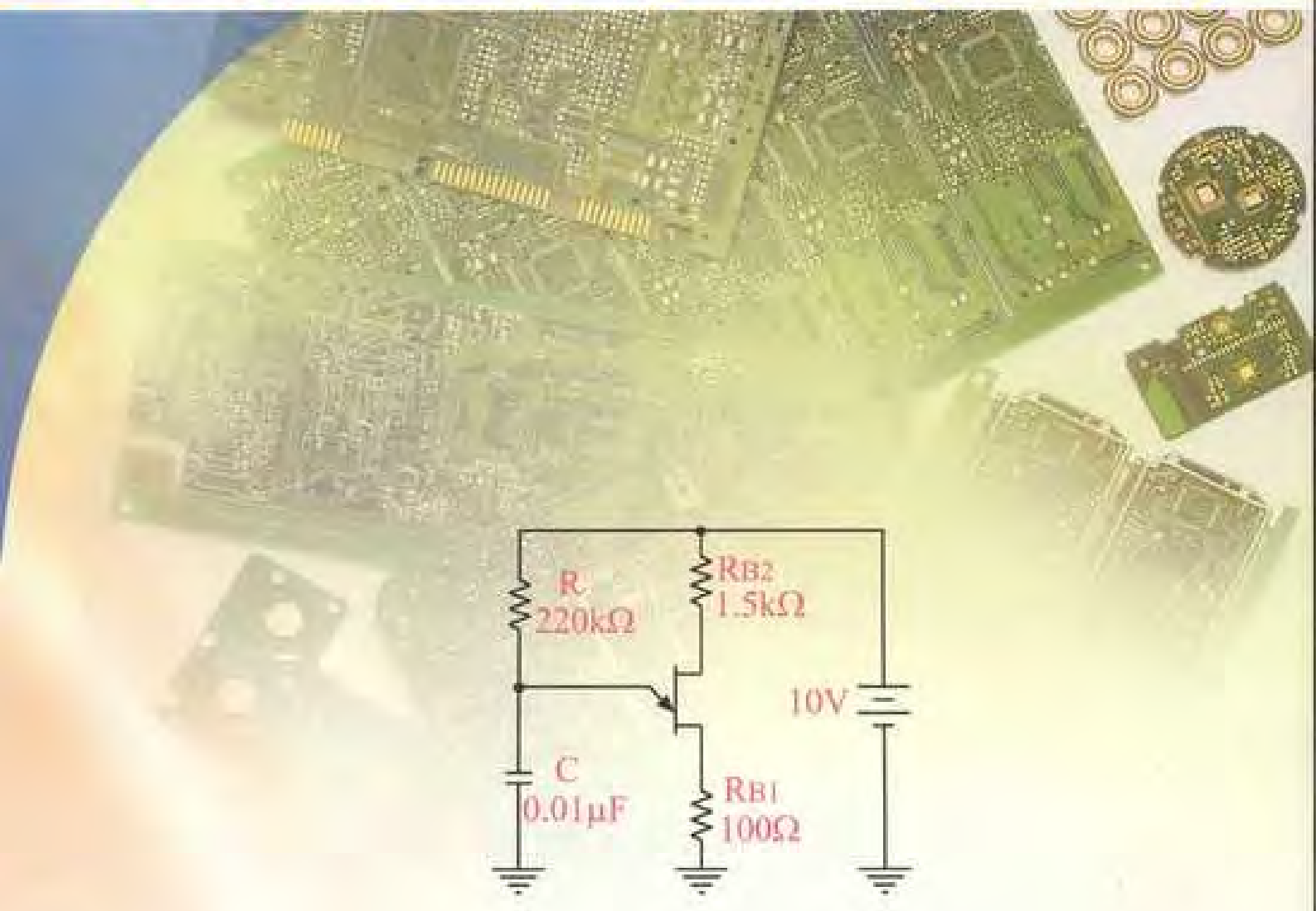
شماره سؤال	گزینه صحیح
۱	–
۲	–
۳	–
۴	الف
۵	–
۶	–
۷	–
۸	ب
۹	ج
۱۰	–
۱۱	–
۱۲	–
۱۳	د
۱۴	الف
۱۵	د
۱۶	د
۱۷	–

منابع مورد استفاده

۱ـ الکترونیک عملی جلد اول و دوم تألیف اعضاء شرکت باک
ترجمه : نادروان مهندس احمد ریاضی (رحمة الله علیه)
مهندس سیدمحمود صموئی . کاظم ملک محمدی، مهندس محمود همتایی
۲ـ تحلیل و طراحی منابع تغذیه DC تألیف : دکتر محمدحسین رفان
۳ـ اصول و مبانی تکنیک پالسی تألیف : دکتر سیداحمد معتمدی
۴ ـ Industrial Electronics by: NOEL MORRIS
۵ـ تقویت کننده عملیاتی تألیف : دکتر محمد زیعی
۶ـ الکترونیک صنعتی تألیف فتح‌اله نظریان
۷ـ کارگاه و آزمایشگاه سال چهارم رشته الکترونیک (نظام قدیم) تألیف بهرام خلج

فهرست رشته‌های مهارتی که می‌توانند از کتاب کاربرد قطعات در مدارهای الکترونیکی استفاده نمایند.

ردیف	نام رشته‌ی مهارتی	شماره‌ی رشته‌ی مهارتی	کد رایانه‌ای رشته‌ی مهارتی	نام استاندارد مهارتی مبنا	کد استاندارد مهارتی متولی
۱	تعمیر تلویزیون رنگی	۳۰۱ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱	۹۳۸۱	الکترونیک کارعمومی	۵۱/۱۱ـ ۸ و ۷۲
۲	الکترونیک صنعتی	۳۰۲ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱	۹۳۸۲		
۳	کاربری کنترل کننده‌های منطقی(PLC)	۳۰۳ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱	۹۵۲۵		
۴	تعمیرماشین‌های اداری	۳۰۵ـ۱۰۲ـ۱۰ـ۱	۹۷۸۲		
۵	تعمیر کار عمومی کامپیوتر	۳۰۷ـ۱۰۳ـ۱۰ـ۱	۹۷۵۰		



ISBN 964-05-1221-4
شابک ۴-۱۲۲۱-۰۵-۹۶۴

قیمت در تمام کشور ۹۷۰۰ ریال

۱۳۸۴