CarGeek.Live

بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلٰی مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

الکترونیک پایه

پایهٔ دهم

دورهٔ دوم متوسطه

شاخهٔ: کاردانش

زمینهٔ: صنعت

گروه تحصیلی: برق و رایانه

رشته‌های مهارتی: الکترونیک صنعتی، اتوماسیون صنعتی، سیستم‌های صوتی و تصویری، تعمیر ابزار دقیق، تعمیر تلفن‌های رومیزی و همراه، تعمیر دستگاه های پزشکی

نام استاندارد مهارتی مبنا: الکترونیک کار صنعتی

کد استاندارد متولی: ۸-۵۲/۵۳/۱/۵

عنوان و نام پدیدآور : الکترونیک پایه: شاخهٔ کاردانش،زمینهٔ صنعت،گروه تحصیلی برق و رایانه، رشته‌های مهارتی الکترونیک صنعتی و .../ مؤلفان فتح‌اله نظریان،... [و دیگران]؛ برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش.
مشخصات نشر :تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.
مشخصات ظاهری:۴۰۲ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول؛ ۲۲×۲۹ س‌م.
شابک : ۸-۲۲۵۷-۰۵ -۹۶۴- ۹۷۸
یادداشت: مؤلفان فتح‌اله نظریان، محمود صموتی، شهرام نصیری سوادکوهی، ...
موضوع: برق
موضوع: برق -- راهنمای آموزشی (متوسطه)
موضوع: برق -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (متوسطه)
شناسه افزوده: نظریان، فتح‌اله، ۱۳۳۸-، گردآورنده
شناسه افزوده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی. دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
رده‌بندی کنگره:۱۷الف/۵۳۲ QC
رده بندی دیویی:۳۷۳/۶۰۹ک۷۳
شماره کتابشناسی ملی: ۲۳۷۶۶۲۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب : الکترونیک پایه ـ ۳۱۰۱۵۵
پدیدآورنده : سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی
مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف : دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش
شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف : فتح‌اله نظریان، سید محمود صموتی، شهرام نصیری‌سوادکوهی، فرشته داودی‌لعل‌آبادی، سهیلا ذوالفقاری (اعضای گروه تألیف)
مدیریت آماده‌سازی هنری : ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی
شناسه افزوده آماده‌سازی : منیره کاظم‌زاده، مهدی براتی (صفحه‌آرا) ـ مهدی براتی (طراح جلد) ـ فاطمه رئیسیان‌فیروزآباد، طوبی عطائی (رسام)
نشانی سازمان : تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه : www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)
تلفن :۵ـ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵
چاپخانه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ پنجم ۱۳۹۹

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۸-۲۲۵۷-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978 – 964 – 05 –2257–8

CarGeek.Live

CarGeek.Live

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 (قُدِّسَ سِرُّهُ)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب بـه نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار (ایمیل) info@tvoccd.sch.ir

وب‌گاه (وب‌سایت) www.tvoccd.sch.ir

جدول هدف محتوای کتاب الکترونیک پایه با توجه به تغییر استانداردها و فناوری جدید، نیازهای جامعه و درخواست هنرآموزان و گروه‌های آموزشی سراسر کشور و تأیید کمیسیون تخصصی رشتهٔ الکترونیک، مورد بازنگری و اصلاحات کلی قرار گرفت و سپس در سال ۱۳۹۰ با تغییرات متجاوز از ۵۰ درصد تألیف مجدد و بازسازی شد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدمه‌ای بر چگونگی برنامه‌ریزی کتاب‌های پودمانی

برنامه‌ریـزی تألیف «پودمان مهارت» یا «کتاب های تخصصی شـاخه‌ی کاردانش» برمبنای اسـتانداردهای کتاب «مجموعه برنامه‌های درسـی رشـته‌های مهارتی شاخه‌ی کاردانش ، مجموعه هشتم» صورت گرفته اسـت . براین اساس ابتدا توانایی‌های هم‌خانـواده به صورت واحدهای کار تحت عنوان (Unit) دسـته‌بندی می‌شـود . در نهایت واحدهـای 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 پودمان های مهارت نظارت دائمی دارد.

به منظور آشـنایی هر چه بیشـتر مربیان، هنرآموزان و هنرجویان شـاخه‌ی کاردانش و سـایر علاقه‌مندان و دست اندکاران آموزش‌هـای مهارتـی با روش تدویـن، «پودمان های مهارت»، توصیه می‌شـود الگوی ارائه شـده در اسـتاندارد متولی را در نمون‌برگ‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) مورد بررسی قرار دهید. در ارائه دسته‌بندی‌ها، زمان مورد نیاز برای آموزش آن‌ها نیز تعیین می‌گردد، با روش مذکور یک «پودمان» به عنوان کتاب درسـی مورد تأیید وزارت آموزش و پرورش در «شـاخه‌ی کاردانش» چاپ سپاری می‌شود.

بـه طور کلی هر اسـتاندارد مهارت به تعدادی پودمـان مهارت (مانند M۱ و M۲) و هر پودمان نیـز به تعدادی واحد کار (مانند U۱ و U۲) و هر واحد کار نیز به تعدادی توانایی ویژه (مانند P۱ و P۲) تقسـیم می‌شـوند . نمون برگ شماره (۱) برای دسـته‌بندی توانایی‌ها به کار می‌رود. در این نمون برگ مشـاهده می کنیم 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 پودمان که برای توسعه آموزش‌های مهارتی تدوین شده‌است رهنمون و یاور باشند.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

دفتر تألیف کتاب‌های درسی

فنی و حرفه‌ای و کاردانش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدمه‌ی مؤلفان

از اواخر قرن بیستم تا به امروز دانش الکترونیک با سرعتی بسیار به پیش‌رفته است . امروزه همه‌ی مدارهای الکترونیکی به صورت 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 به کار رفته است. از طرف دیگر نرم‌افزارهای کامپیوتری، طراحی و استفاده از مدارهای الکترونیکی بسیار پیچیده را برای همه امکان پذیر ساخته است . هر کس می‌تواند با این نرم افزار ها با سرعت زیاد، مدارهای بسیار پیچیده را طراحی و ظرف چند ثانیه برنامه را در یک IC پر کند و بلافاصله مدار را مورد استفاده قرار دهد.

استفاده از این سیستم دارای مزایایی به شرح زیر است :

- ابعاد مدارهای چاپی فوق‌العاده کم می‌شود.
- میزان لحیم 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 مبانی الکترونیک و مدارهای پایه‌ی الکترونیکی بی‌نیاز نساخته 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 دستگاه الکترونیکی ساده مانند MP۴ شما مجموعه‌ای از مدارهای پایه‌ی الکترونیک را می‌بینید. این مدارها در شکل‌های گوناگون، قسمت‌های مختلف MP۴ را می‌سازند. نوسان‌ساز، تقویت کننده قدرت، آشکارساز و بسیاری از مدارهای دیگر از مدارهای پایه‌ی الکترونیکی ساخته می‌شوند.

هدف کتاب « الکترونیک پایه » آموزش قطعات و مدارهای ساده‌ی الکترونیکی است. در این کتاب شما با مدارهای پایه‌ای متنوعی در الکترونیک آشنا می‌شوید و با آزمایش آن‌ها در هر مرحله، چگونگی کاربرد آن‌ها را می‌آموزید. به این ترتیب کاربرد قطعات الکترونیکی را که آموخته اید در این کتاب تجربه می‌کنید و دانش نظری خود را با عمل می‌آمیزید. در کتاب بعدی که با نام مدارهای پایه در الکترونیک ارائه می‌شود، به مدارهای کامل شده در ارتباط با قطعات الکترونیکی خواهیم پرداخت. مجموعه‌ی این دو کتاب، مبانی الکترونیک مورد نیاز را برای اکثر رشته‌های مهارتی الکترونیک شاخه کاردانش تأمین می‌کند.

مؤلفان

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فهرست

بخش اول : مبانی الکتریسیته

فصل اول: آشنایی با اصول و مبانی الکتریسیته

۱-۱ آشنایی با اصول الکتریسیته ساکن ۴
۱-۲ ساختمان اتم ۴
۱-۳ طبقه بندی از نظر هدایت الکتریکی ۶
۱-۴ آشنایی با نحوه پخش بار الکتریکی بر روی جسم ۷
۱-۵ آشنایی با میدان الکتریکی ۸
۱-۶ کمیت های الکتریکی ۹
۱-۷ آشنایی با قانون کولن ۱۲
۱-۸شدت میدان الکتریکی ۱۳
۱-۹ تبدیل واحد ها به یکدیگر ۱۴
۱-۱۰ مدار الکتریکی ۱۵
۱-۱۰ قانون اهم ۱۵
۱-۱۱ توان و انرژی در جریان مستقیم ۱۷
۱-۱۲ نکات ایمنی ۱۹
۱-۱۳ اطلاعات اولیه ۲۳
۱-۱۴ آزمایش شماره (۱) ۲۶
آزمون پایانی فصل (۱) ۲۸

فصل دوم: شناخت قطعات الکتریکی و کار با آن‌ها

۲-۱ آشنایی با مقاومت و انواع آن ۳۲
۲-۲ مشخصه‌های مقاومت ۳۵
۲-۳ اهم‌متر ۳۸
۲-۴ آزمایش شماره (۱) ۴۱
۲-۵ اتصال مقاومت‌ها به یکدیگر ۴۴
۲-۶ آزمایش شماره‌ی (۲) ۵۵
۲-۷ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدارهای سری و موازی ۶۰
۲-۸ منبع تغذیه DC ۶۳
۲-۹ آزمایش شماره‌ی (۳) ۶۶
۲-۱۰ محاسبه‌ی جریان و توان در مدار سری و مدار موازی ۷۰
۲-۱۱ دستگاه اندازه‌گیری جریان «میلی‌آمپرمتر» ۷۵
۲-۱۲ آزمایش شماره‌ی (۳) ۷۶
۲-۱۳ پیل‌ها و باتری‌ها ۸۰
۲-۱۴ اتصال پیل‌ها ۸۳
۲-۱۵ آزمایش شماره(۴) ۸۷
آزمون پایانی فصل (۲) ۹۱

فصل سوم: تجزیه و تحلیل و بستن مدارهای سری و موازی

۳-۱ یادآوری مدار سری ۹۶
۳-۲ یادآوری مدار موازی ۹۹
۳-۳ مدارهای سری- موازی ۱۰۴
۳-۴- پل مقاومت وتستون ۱۰۴
۳-۵- آزمایش شماره (۱) ۱۰۶
۳-۶ اطلاعات مقدماتی ۱۰۷
۳-۷ وسایل لحیم کاری ۱۰۹
۳-۸ قلع‌کش ۱۱۴
۳-۹ طریقه‌ی لحیم‌کاری ۱۱۵
۳-۱۰ نکات ایمنی این آزمایش ۱۱۷
۳-۱۱ آزمایش شماره‌ی (۲) ۱۱۹
آزمون پایانی فصل (۳) ۱۲۲

فصل چهارم :قوانین تونن و نورتن

۴-۱ عناصر فعال مدارهای الکتریکی ۱۲۶
۴-۲ قضایای تونن و نورتن ۱۲۸
۴-۳ آزمایش شماره‌ی (۱) ۱۳۲
آزمون پایانی فصل (۴) ۱۳۶

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش دوم : رفتار سلف و خازن در جریان DC و AC

فصل پنجم: جریان و ولتاژ متناوب

۵-۱ منابع تولید الکتریسیته ۱۴۱
۵-۲ انواع موج‌های متناوب ۱۴۳
۵-۳ مشخصات شکل موج سینوسی ۱۴۳
۵-۴ رفتار مقاومت اهمی (R) در جریان متناوب ۱۵۳
۵-۵ توان تلف شده در یک مقاومت اهمی در جریان متناوب ۱۵۴
۵-۶ قوانین کریشهف در جریان متناوب ۱۵۵
۵-۷ بردار ۱۵۸
۵-۸ جریان‌های سه‌فازه ۱۶۴
آزمون پایانی فصل (۵) ۱۶۷

فصل ششم: دستگاه های اسیلوسکوپ و انواع منبع تغذیه آزمایشگاهی

نکات ایمنی فصل (۶) ۱۷۳
۶-۱ اسیلوسکوپ ۱۷۴
۶-۲ آزمایش شماره (۱) ۱۸۵
۶-۳ مولدهای سیگنال(signal Generators) ۱۸۸
۶-۴ آزمایش شماره‌ی (۲) ۱۹۲
آزمون پایانی فصل (۶) ۱۹۶

فصل هفتم: خازن در جریان مستقیم و متناوب

۷-۱ ساختمان داخلی خازن ۲۰۲
۷-۱ مفهوم ظرفیت ۲۰۲
۷-۳ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم ۲۰۳
۷-۴ انرژی ذخیره شده در خازن ۲۰۴
۷-۵ ثابت زمانی ۲۰۴
۷-۶ آزمایش شماره‌ی (۱) ۲۰۵
۷-۷ عوامل موثر در ظرفیت خازن ۲۰۹
۷-۸ انواع خازن‌ها ۲۱۰
۷-۹ تشخیص مقدار ظرفیت از روی رمز عددی ۲۱۳
۷-۱۰ مشخصات خازن ۲۱۴
۷-۱۱ به هم بستن خازن‌ها ۲۱۶
۷-۱۲ روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای ۲۲۰
۷-۱۳ نحوه‌ی اندازه‌گیری ظرفیت خازن با دستگاه اندازه‌گیری LCR متر ۲۲۱
۷-۱۴ آزمایش شماره‌ی (۲) ۲۲۲
۷-۱۵ آزمایش شماره‌ی (۳) ۲۲۴
۷-۱۶ خازن در جریان متناوب ۲۳۰
۷-۱۷ اندازه‌گیری زاویه ی اختلاف فاز توسط اسیلوسکوپ ۲۳۲
۷-۱۸ آزمایش شماره‌ی (۴) ۲۳۴
۷-۱۹ مدار RC سری ۲۳۶
۷-۲۰ مدار RC موازی ۲۳۸
۷-۲۰ آزمایش شماره‌ی (۵) ۲۴۰
آزمون پایانی فصل (۷) ۲۴۴

فصل هشتم : عملکرد سلف در جریان مستقیم و متناوب

۸-۱ خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی ۲۵۱
۸-۲ سلف ۲۵۴
۸-۳ جریان القایی ۲۵۵
۸-۴ ضریب خود القایی سلف ۲۵۵
۸-۵ ولتاژ القایی ۲۵۶
۸-۶ شارژ و دشارژ سلف ۲۵۷
۸-۷ ثابت زمانی در مدار RL سری ۲۵۷
۸-۸ روش آزمایش (تست) سلف به کمک اهم‌متر ۲۵۸
۸-۹ سلف(سیم پیچ) در جریان متناوب ۲۵۸
۸-۱۰ آزمایش شماره‌ی (۱) ۲۶۲
۸-۱۱ ضریب خود القایی متغیر ۲۶۳
۸-۱۲ سلف به صورت سری و موازی ۲۶۴
۸-۱۳ مدار RL سری ۲۶۶
۸-۱۴ مدار RL موازی ۲۶۹
۸-۱۵ آزمایش شماره‌ی (۲) ۲۷۲
۸-۱۶ اصول کار ترانسفورماتور ۲۷۶

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۱۷ ترانسفورماتورهای تطبیق امپدانس ۲۷۹
۸-۱۸ تلفات در ترانسفورماتور ۲۸۱
۸-۱۹ خرابی‌های ترانس تغذیه ۲۸۲
۸-۲۰ اتو ترانس ۲۸۴
آزمون پایانی فصل (۸) ۲۸۵

فصل نهم : مدارهای هماهنگ

۹-۱ مدار LC ۲۹۲
۹ - ۲ مدار RLC سری ۲۹۵
۹ - ۳ مدار RLC موازی ۲۹۸
۹ - ۴ رزونانس در مدار RLC سری ۳۰۰
۹ - ۵ رزونانس در مدار RLC موازی ۳۰۴
۹ - ۶ مقایسه مدارهای رزونانس سری و موازی ۳۰۵
۹ - ۷ آزمایش شماره‌ی (۱) ۳۰۷
۹ - ۸ آزمایش شماره‌ی (۲) ۳۰۹
۹ - ۹ فیلترها (Filters) ۳۱۳
۹ - ۱۰ آزمایش شماره‌ی (۳) ۳۱۷
آزمون پایانی فصل(۹) ۳۲۲

بخش سوم : دیود

فصل دهم: مشخصات و خصوصیات دیود

نکات ایمنی (۱) ۳۳۰
۱۰-۱ دیود Diode ۳۳۱
۱۰-۲ تشخیص پایه‌های دیود و سالم بودن آن به وسیله‌ی اهم‌متر ۳۳۹
۱۰-۳ آزمایش شماره (۱) ۳۴۲
آزمون پایانی فصل (۱۰) ۳۴۵

فصل یازدهم: تجزیه و تحلیل مدارهای دیودی

۱۱-۱ یکسوسازها یا رکتی فایرها (Rectifiers) ۳۵۰
۱۱-۲ ترانسفورماتور تغذیه ۳۵۷
۱۱-۳ آزمایش شماره‌ی (۱) ۳۵۸
۱۱-۴ آزمایش شماره‌ی (۲) ۳۶۰
۱۱-۵ آزمایش شماره‌ی (۳) ۳۶۲
۱۱-۶ منبع تغذیه‌ی متقارن ۳۶۴
۱۱-۷ کلید ۲۲۰/۱۱۰ ۳۶۵
۱۱-۸ چند برابر کننده‌های ولتاژ ۳۶۶
۱۱-۹ آزمایش شماره‌ی (۴) ۳۶۷
۱۱-۱۰ مدار کلیپر قیچی کننده (Clipper) ۳۶۹
۱۱-۱۱ مدار کلمپر یا مهار کننده (clamper) ۳۶۹
۱۱-۱۲ آشکار ساز نوک به نوک ۳۷۰
۱۱-۱۳ آزمایش شماره‌ی (۵) ۳۷۱
آزمون پایانی فصل (۱۱) ۳۷۴

فصل دوازدهم: کار با دیودهای خاص

۱۲-۱ دیود زنر ۳۷۸
۱۲-۲ تنظیم کننده ولتاژ با استفاده از دیود زنر ۳۷۹
۱۲-۳ آزمایش شماره (۱) ۳۸۰
۱۲-۴ انواع دیودها ۳۸۱
۱۲-۵ نام‌گذاری دیودها ۳۸۸
۱۲-۶ نحوه استخراج مشخصات دیودها از کتاب‌های مرجع ۳۸۹
۱۲-۷ ساختمان و طرز کار ترانزیستور معمولی (BJT) ۳۹۲
۱۲-۸ تعیین پایه‌ها و نوع ترانزیستور توسط مولتی‌متر دیجیتالی ۳۹۳
۱۲-۹ آزمایش شماره (۲) ۳۹۵
۱۲-۱۰ آزمایش شماره (۳) ۳۹۷
آزمون پایانی فصل (۱۲)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مبانی الکتریسیته

هدف کلی :

شناخت الکتریسیته‌ی ساکن و جاری و قوانین حاکم بر آن‌ها و انواع مقاومت و مدارهای مقاومتی

واحد کار	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	زمان آزمایش		
			نظری	عملی	جمع
u_1	۱	توانایی شناخت اصول و مبانی الکتریسیته	۴	۱	۵
u_1	۳۷	توانایی به کارگیری ضوابط ایمنی و بهداشت در محیط کار	۴	۱۰	۱۴
u_1	۲	توانایی شناخت قطعات الکتریکی و کار با آن‌ها	۱۷	۱۸	۳۵
u_1	۳	توانایی تجزیه و تحلیل و بستن مدارهای سری و موازی	۸	۸	۱۶
u_1	۴	توانایی شناخت قوانین تونن و نورتن و به کارگیری آن‌ها در مدارها	۴	۴	۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل اول

آشنایی با اصول و مبانی الکتریسیته

هدف کلی : آشنایی با اصول الکتریسیته ساکن و جاری و قوانین حاکم بر آن‌ها

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- الکتریسیته ساکن را شرح دهد.

۲- ساختمان اتم را شرح دهد.

۳- تقسیم بندی اجسام از نظر هدایت الکتریکی را شرح دهد.

۴- نحوه پخش بار الکتریکی را بر روی یک جسم شرح دهد.

۵- شدت جریان الکتریکی را شرح دهد.

۶- مفهوم اختلاف پتانسیل الکتریکی را بیان کند.

۷- مفهوم مقاومت الکتریکی را شرح دهد.

۸- قانون کولن را با ذکر رابطه آن شرح دهد.

۹- چگونگی تبدیل واحدهای الکتریکی به یکدیگر را با حل چند مثال اجرا کند.

۱۰- واحد کمیت های جریان، ولتاژ و مقاومت را تعریف کند.

۱۱- شکل های مختلف قانون اهم را بیان کند.

۱۲- مسئله های مختلف را با استفاده از قانون اهم، حل کند.

۱۳- توان الکتریکی را تعریف کند.

۱۴- روابط مربوط به توان الکتریکی را بنویسد.

۱۵- انرژی الکتریکی را شرح دهد.

۱۶- رابطه انرژی الکتریکی را با ذکر واحدهای آن بیان کند.

۱۷- مدار الکتریکی را با استفاده از لامپ و باتری ببندد.

هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی:

۱- نظم و ترتیب و حضور به موقع در هنرستان و کلاس درس را رعایت کند.

۲- تکالیف و مسئولیت های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.

۳- در موقعیت‌های مناسب برای درک بهتر مفاهیم از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.

۴- از لوازم موجود در کلاس و هنرستان به خوبی مراقبت و نگهداری کند.

۵- خوب گوش دهد و ابهامات و سوالات خود را بپرسد.

۶- با دقت و اعتماد به نفس به سوالات مطرح شده پاسخ دهد.

۷- از شوخی‌های بی‌مورد بپرهیزد.

۸- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.

۹- توانمندی های خود در موقعیت های مناسب را بروز دهد.

۱۰- در کار گروهی مشارکت فعال و همکاری موثر داشته باشد.

۱۱- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.

۱۲- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات راهنمایی و تشویق کند.

توانایی	ساعت		
	نظری	عملی	جمع
توانایی شماره‌ی ۱	۴	۱	۵
توانایی شماره‌ی ۳۷	۴	۱۰	۱۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱)

۱- در ساختمان اتم کدام ذره باردار نیست؟

الف)نوترون ب)پروتون

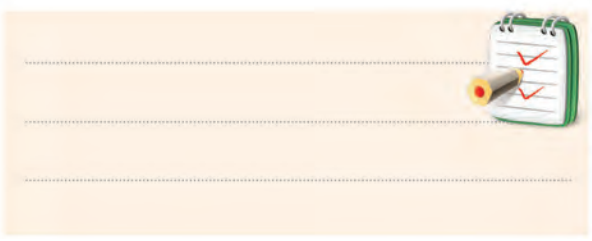
ج)الکترون د)الف و ب

۲- واحد انرژی..... و واحد توان..... است.

الف)ژول-وات ب)وات-ژول

ج)کیلو ولت-وات د)وات-وات

۳- ساختمان اتم از چند قسمت تشکیل شده است؟نام ببرید.



۴- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست؟

الف)ملکول خواص ماده را دارد.

ب)الکترون حامل بار منفی است.

ج)عدد اتمی ماده، تعداد پروتون های آن است.

د)بار مثبت پروتون ها بیش تر از بار منفی الکترون ها است.

۵- به اجسامی که الکترون آزاد زیادی دارند و به راحتی جریان برق را عبور می دهند ..... می گویند.

الف)عایق ب)نیمه هادی ج)هادی

۶- باردار شدن اجسام از کدام روش ممکن است؟

الف)اصطکاک ب)تماس

ج)القاء د)تمام موارد

۷- جا به جایی بارهای الکتریکی را..... می نامند.

۸- پتانسیل یک جسم هنگامی که کمبود الکترون دارد، ..... است.

الف)مثبت ب)منفی

۹- نیرویی که در یک میدان الکتریکی بر واحد بار مثبت الکتریکی واقع در میدان وارد می‌شود را ..... می‌نامند.

الف)پتانسیل الکتریکی ب)جریان الکتریکی

ج)شدت میدان د)توان الکتریکی

۱۰- شدت جریان عبوری از یک سیم ۰/۰۵ آمپر است. این جریان معادل چند میلی‌آمپر است؟

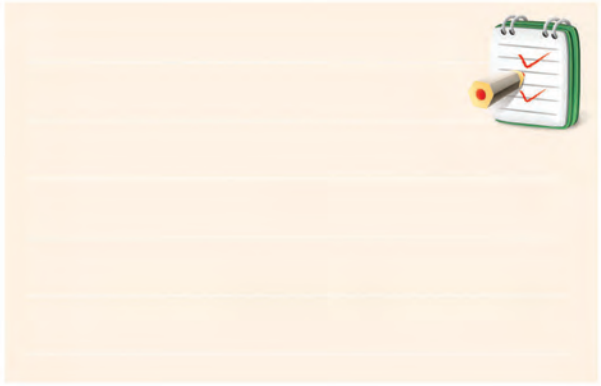
الف)۵ ب)۵۰ ج)۰/۰۵ د)۰/۵

۱۱- کدامیک از روابط زیر بیان کننده قانون اهم است؟

الف) $V=R\times I$ ب) $I=\frac{V}{R}$

ج) $R=\frac{V}{I}$ د) هر سه مورد

۱۲- توان الکتریکی را تعریف کنید و روابط آن را بنویسید .



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱–۱آشنایی با اصول الکتریسیته ساکن

الکتریسیته پدیده ای اســت که دیده نمی شود، ولی قادر اســت پدیده های فیزیکی بســیاری مانند حرارت، روشنایی، حرکت و مغناطیس را به وجود آورد.

یونانی ها حدود دو هزار سال پیش کشف کردند که بر اثر مالش ماده ای به نام کهربا به جســمی دیگر، نیرویی در کهربا به وجود می آید که می تواند اجســامی مانند برگ خشــک و براده‌هــای چوب را جذب کند. یونانی‌ها این گونه اجســام را که مانند کهربــا عمل می کنند «**الکتریک**» نامیدند. کلمه الکتریسیته نیز از کهربا گرفته شده است.

وقتی موهای خود را شــانه می زنید، شانه نیز دارای همین نیروی مرموز می‌شــود و می‌تواند مانند میله کهربا عمل کند و ذرات کاغذ را جذب کند، شکل ۱–۱ .

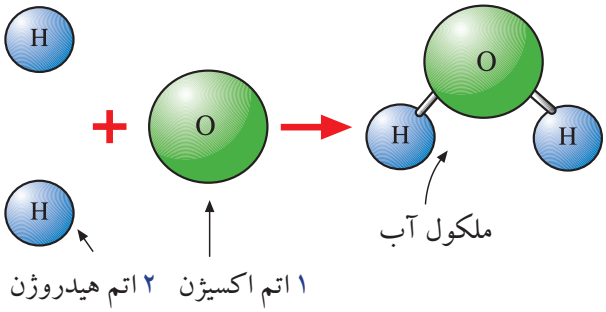
شکل ۱–۱ یکی از روش های تولید الکتریسیته

۱–۱–۱ ساختمان ماده

هوایی که تنفس می کنیم، یک قطره آب، یک قطعه فلز و هر آن‌چه در طبیعت وجود دارد بر خلاف تفاوت‌های ظاهری بســیاری که دارند همه از ذرات بسیار ریزی تشکیل می‌شوند. این ذرات را ملکول می نامند. ملکول خواص ماده را دارد.

ملکول ها، از ذرات ریزتری به نام اتم ســاخته می شــوند. اتم قابل تقسیم به ذره کوچک تری نیست ولی از قسمت های کوچکتری تشکیل شده است.

شــکل ۲–۱ یک ملکول آب را نشان می دهد. این ملکول ترکیبی از دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن است.



شکل ۲–۱ یک ملکول آب

۲–۱ ساختمان اتم

ساختمان اتم از دو قسمت تشکیل شده است.

الف)هسته

ب)پوسته یا مدار های الکترونی(اوربیتال)

الف– هسته: در هستهٔ اتم دو نوع ذرّه وجود دارد. پروتون که حامل بار مثبت است و نوترون که از نظر الکتریکی خنثی است، یعنی بار الکتریکی ندارد، شکل ۳–۱ .

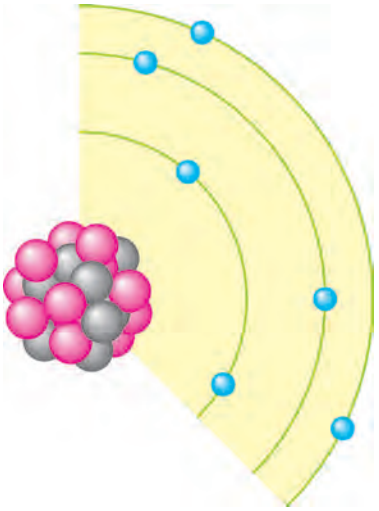
شکل ۳–۱ ذرات پروتون و نوترون در اتم

ب– اوربیتال(پوســـته): در اطراف هســته‌ی اتم لایه های بیضوی شکل قرار دارند. این لایه ها اوربیتال نامیده می شوند. ذرات بسیار ریزی به نام الکترون در اوربیتال‌ها دوران می کنند. الکترون حامل بار منفی اســت و جرم بسیار کمی دارد. نحوه قرارگرفتن الکترون‌ها روی مدارها و پروتون‌ها و نوترون‌ها در

CarGeek.Live

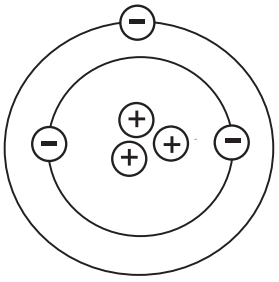
CarGeek.Live

هسته، در شکل ۴-۱ نشان داده شده است.



شکل۴-۱ نحوه قرار گرفتن الکترون‌ها روی مدارها

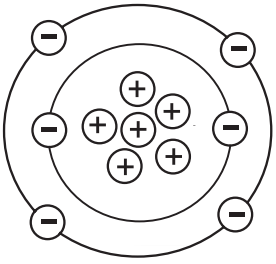
ذراتی که به آنها اشاره شد بنای اصلی مواد را تشکیل می‌دهند. در هر اتم بار مثبت پروتون ها از نظر مقدار، با بار منفی الکترون ها برابر است. در اتم لیتیوم ۳ پروتون و ۳ الکترون وجود دارد، شکل ۵-۱.



شکل۵-۱ اتم لیتیوم دارای سه الکترون و سه پروتون است.

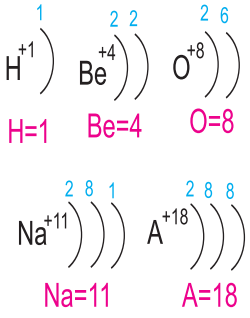
در حالت عادی یک اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است زیرا تعداد پروتون‌ها با تعداد الکترون‌ها برابر است، تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ اتم هر ماده ، مشخص کننده عدد اتمی آن ماده است. عدد اتمی کربن ۶ است. زیرا ۶ پروتون و ۶ الکترون دارد، شکل ۶-۱.

وزن کل هسته که شامل وزن پروتون‌ها و نوترون‌ها است را **وزن اتمی** می گویند.



شکل ۶-۱ عدد اتمی کربن برابر ۶ است

حداکثر تعداد الکترون های موجود در هر لایه نیز ثابت است. اولین لایه تا ۲، دومین تا ۸، سومین تا ۱۸ و چهارمین تا ۳۲ الکترون را در خود جای می دهد. وقتی تعداد الکترون‌های یک لایه افزایش می یابد، آن لایه پس از پر کردن اوربیتال‌های خود الکترون های اضافی را به لایه بعدی می‌فرستد، شکل ۷-۱.



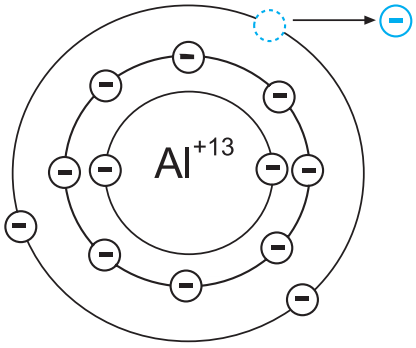
شکل۷-۱ تعداد الکترون‌ها روی هر مدار

همان طور که گفته شد اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است یعنی در یک اتم تعداد بار های الکتریکی مثبت (پروتون ها) و تعداد بارهای الکتریکی منفی (الکترون ها) با هم برابر است. حال اگر یک اتم به علت اعمال انرژی به آن، الکترون از دست بدهد تعداد الکترون ها کم می شود. به عبارت دیگر بار منفی اتم کاهش می یابد. کاهش بار منفی اتم به معنی این است که اتم دارای بار مثبت شده است. بر عکس اگر اتم الکترون دریافت کند، تعداد الکترون های (بار منفی) آن زیاد می شود و اتم را از نظر بار الکتریکی،

CarGeek.Live

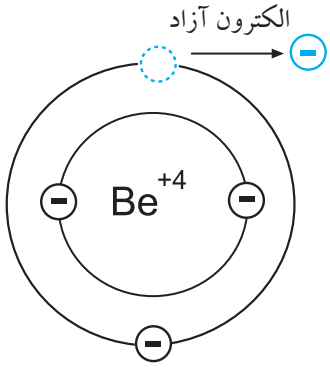
CarGeek.Live

منفی می کند، شکل ۸-۱.



شکل۸-۱ اتم آلومینیوم با از دست دادن یک الکترون دارای بار الکتریکی مثبت شده است.

اگر الکترونی از اتم جدا شود و به هیچ اتمی وابسته نباشد، آن الکترون را الکترون آزاد می نامند، شکل ۹-۱. معمولاً الکترون ها از آخرین لایهٔ اتم که بیشترین فاصله را با هسته دارد جدا می شوند و در فعل و انفعالات شیمیایی شرکت می کنند.

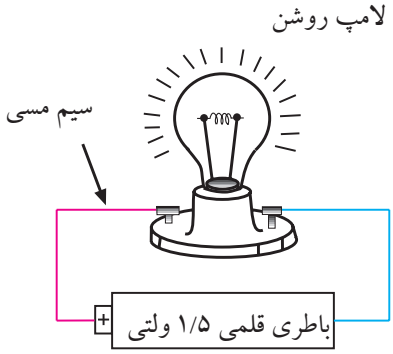


شکل ۹-۱ اگر الکترونی از یک اتم جداشود و به هیچ اتمی وابسته نباشد آن الکترون را الکترون آزاد می‌نامند.

۳-۱ طبقه بندی از نظر هدایت الکتریکی

۱-۳-۱ هادی ها

برخی از مواد مانند مس، آلومینیوم و فلزات دیگر به راحتی جریان برق را از خود عبور می دهند. به این نوع اجسام **هادی** می گویند، شکل ۱۰-۱.

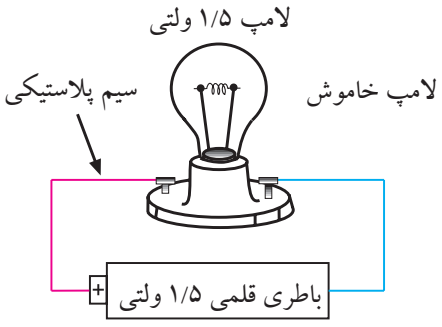


شکل ۱۰-۱ سیم مسی به راحتی جریان برق را از خود عبور می دهد لذا هادی خوبی است.

به طور کلی اجسامی که الکترون آزاد زیادی دارند به راحتی جریان برق را از خود عبور می دهند. فلزات یک تا سه ظرفیتی که الکترون آزاد زیادی دارند، هادی های بسیار خوبی به شمار می آیند.

۲-۳-۱ عایق ها

در مقابل هادی ها اجسامی وجود دارند که جریان برق را به راحتی از خود عبور نمی دهند، به این گونه اجسام **عایق** می گویند. شیشه، هوا، کائوچو و بعضی از انواع پلاستیک‌ها عایق هستند. در حقیقت تمامی اجسامی که الکترون آزاد بسیار کمی دارند عایق محسوب می شوند، شکل ۱۱-۱.



شکل ۱۱-۱ سیم از جنس پلاستیک جریان برق را به راحتی از خود عبور نمی دهد لذا عایق است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۳-۱ نیمه هادی‌ها

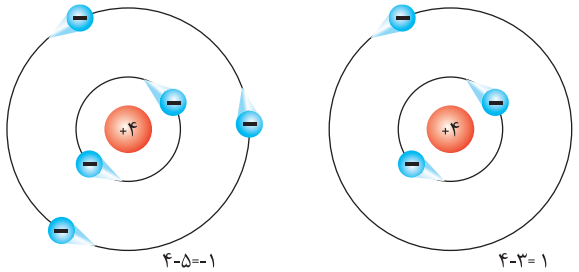
موادی مانند ژرمانیوم و سیلیسیوم وجود دارند که هادی یا عایق خوبی نیستند. این مواد ۴ ظرفیتی هستند و **نیمه هادی** نام دارند.

در شرایط عادی ، نیمه هادی ها تمایلی به دریافت کردن و یا از دست دادن الکترون ندارند، اما در صورتی که به آنها انرژی داده شود، می توانند الکترون آزاد کنند.

۴-۱ آشنایی با نحوه پخش بار الکتریکی بر روی جسم

۴-۱-۱ اتم های باردار

در شرایط عادی در هر اتم تعداد الکترون‌ها و پروتون‌ها مساوی است و اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است. تعداد پروتون های داخل هسته یک اتم تغییر نمی کند. در واقع خصوصیات اتم ، وابسته به تعداد پروتون ها است اما تعداد الکترون ها ممکن است تغییر کند . اگردر اتمی تعداد الکترون‌ها از پروتون‌ها کم‌تر باشد، اتم بار مثبت دارد و چنان چه تعداد الکترون‌های اتمی از پروتون‌های آن بیش تر باشد، اتم بار منفی دارد ، شکل ۱۲-۱ .



شکل ۱۲-۱ اتم با بار مثبت و اتم با بار منفی

۴-۱-۲ باردار شدن اجسام

اگر اتم های یک جسم، الکترون های خود را از دست بدهند یا الکترون زیادی بگیرند، آن جسم باردار خواهد شد.

باردار شدن اجسام از چند راه امکان‌پذیر است:

الف- اصطکاک.

ب- تماس.

ج- القا.

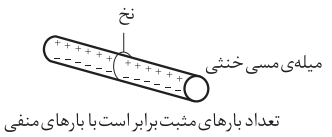
الف- اصطکاک(مالش): اگر یک میله شیشه‌ای را به یک تکه ابریشم مالش دهیم ، میله شیشه‌ای به ابریشم الکترون خواهد داد. در این حالت میله به علت کمبود الکترون دارای بار مثبت و ابریشم به علت افزایش الکترون دارای بار منفی می‌شود، شکل ۱۳-۱.

شکل۱۳-۱ باردار کردن اجسام از طریق اصطکاک

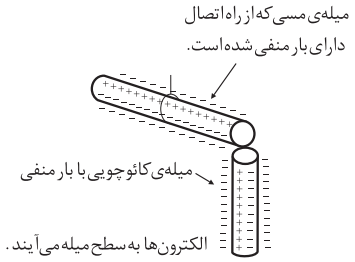
ب- باردار کردن از طریق تماس: با استفاده از یک میله‌ی کائوچویی باردار، می توان جسم دیگری مانند مس را فقط با تماس دادن این دو جسم با یکدیگر باردار کرد. در این حالت الکترون های روی سطح کائوچو وارد مس می شود و مس را دارای بار منفی می کند، شکل ۱۴-۱.

CarGeek.Live

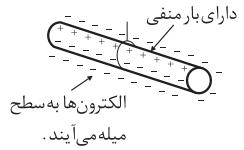
CarGeek.Live



قبل از تماس

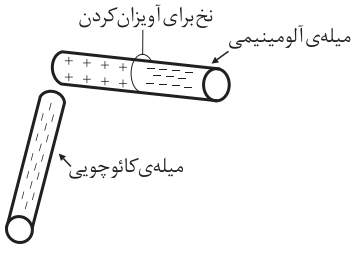


در حالت تماس



شکل ۱۴-۱ بار دارشدن اجسام از طریق تماس

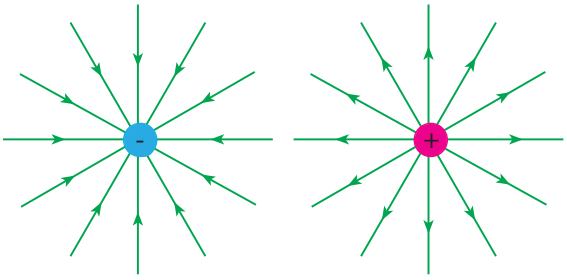
ج- باردار کردن اجسام از طریق القاء: چون الکترون‌ها و پروتون‌ها نیروی جاذبه و دافعه دارند، اگر یک میله کائوچویی باردار منفی را به یک میله‌ی آلومینیومی ، خیلی نزدیک کنیم ولی به آن نچسبانیم، نیروی بارهای منفی کائوچو، الکترون‌های میله آلومینیوم را دفع می کند و به سر دیگر میله می راند. در نتیجه یک سر میله آلومینیومی مثبت و سر دیگر آن منفی می‌شود. حال اگر میله کائوچویی را کنار بگذاریم، الکترون های میله آلومینیومی دوباره تغییر آرایش می‌دهند و میله را به حالت خنثی در می‌آورند، شکل ۱۵-۱.



شکل ۱۵-۱باردار کردن اجسام از طریق القاء

۵-۱ آشنایی با میدان الکتریکی

اگر دو صفحه باردار را به یکدیگر نزدیک کنیم، بین دو صفحه خطوط نیرویی به وجود می آید که آن را **میدان الکتریکی** می گویند. میدان های الکتریکی را می توانیم با خطوط نیرو نشان دهیم. خطوط نیرو، جهت و مقدار میدان الکتریکی را نشان می دهد. می دانیم پروتون بار الکتریکی مثبت دارد و بنا به قرار داد، خطوط نیروی این بار به صورت شعاعی و به طور مستقیم در تمام جهات از پروتون خارج می‌شود. الکترون بار الکتریکی منفی دارد و خطوط نیروی وارد شده به هسته به صورت شعاعی و در تمام جهات به الکترون وارد می شود، شکل ۱۶-۱.



خطوط نیروی الکتریکی پروتون

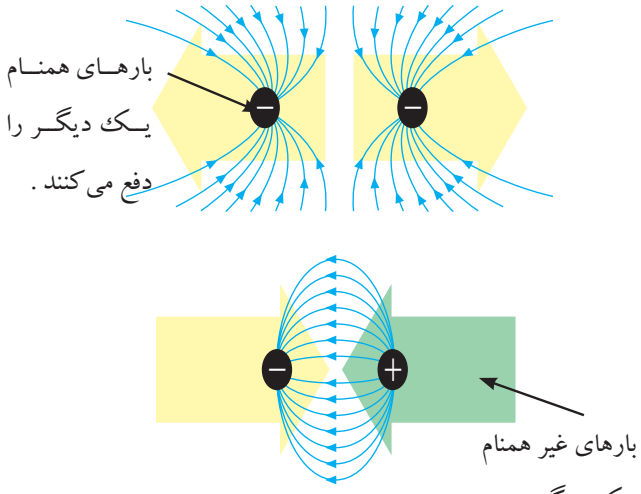
خطوط نیروی الکتریکی الکترون

شکل۱۶-۱ خطوط نیروی الکتریکی پروتون و الکترون

خطوط نیروی هر یک از این بارها، میدان های الکتریکی تولید می کنند. به علت اثر متقابل این دو میدان، ذرات باردار یکدیگر را جذب یا دفع می کنند، شکل۱۷-۱.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل۱۷-۱ میدان های الکترواستاتیکی

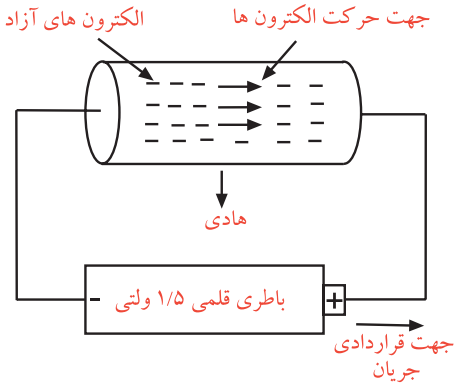
میدان های الکترواستاتیکی در هنگام دفع (بارهای همنام) با هم مخالفت می کنندو در هنگام جذب (بارهای غیر همنام) یکدیگر را جذب می کنند. مقدار بار الکتریکی که در هر جسم وجود دارد، بر حسب کولن بیان می شود. به عبارت دیگر واحد بار الکتریکی، کولن(c) است.

۶-۱ کمیت های الکتریکی

۱-۶-۱ شدت جریان الکتریکی

به طور کلی الکتریسیته بر دو نوع ساکن و جاری تقسیم می شود. الکتریسیته ساکن را در قسمت قبل توضیح داده ایم. در این قسمت به الکتریسیته جاری می پردازیم.

اگر بارهای الکتریکی (الکترون ها) در طول یک هادی جابه جا شوند، می گوییم در طول هادی **جریان** برقرار است. همچنین اگر در یک هادی جریانی برقرار شود حتما در آن هادی کار انجام خواهد شد. **بنابراین جابه جایی بارهای الکتریکی در واحد زمان را جریان الکتریکی می نامند** و آن را با حرف I نشان می دهند. شکل ۱۸-۱ جابه جایی بارهای الکتریکی در طول یک هادی(جریان الکتریکی) را نشان می دهد.



شکل۱۸-۱ جریان الکتریکی در یک هادی

واحد شدت جریان الکتریکی آمپر است که با حرف A نشان داده می شود. اگر در یک هادی تعداد ۶۲۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰=۶/۲۸×۱۰^{۱۸} الکترون در مدت یک ثانیه عبور کند، جریان یک آمپر است. واحد های کوچک‌تر از آمپر، میلی آمپر یا یک هزارم آمپر و میکرو آمپر یا یک میلیونیم آمپر است. واحد های بزرگتر از آمپر را کیلو آمپر یا ۱۰۰۰ آمپر می نامند.

شدت جریان الکتریکی را با حرف I نشان می دهند. برای اندازه گیری جریان الکتریکی در یک هادی از دستگاهی به نام آمپر متر استفاده می کنند ، شکل ۱۹-۱.

شکل۱۹-۱ یک نمونه آمپرمتر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

اگر بار الکتریکی را با q (بر حسب کولن) و زمان را با t (بر حسب ثانیه) نشان دهیم، شدت جریان I (بر حسب آمپر) از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$I=\frac{q}{t} \Rightarrow \text{آمپر}\ (A)=\frac{\text{کولن}\ (C)}{\text{ثانیه}\ (S)}$$

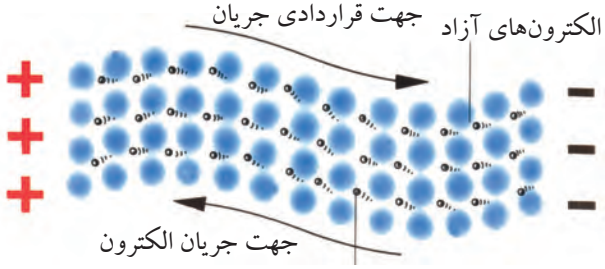
برای جهت جریان الکتریکی دو تعریف وجود دارد:

الف– جهت قرار دادی: در گذشته فکر می کردند بارهای مثبت حرکت می کنند لذا جهت جریان را از قطب مثبت به منفی در نظر می گرفتند. امروزه این جهت جریان را مورد استفاده قرار می دهند و آن را جهت قرار دادی می نامند.

ب– جهت واقعی: چون الکترون دارای بار منفی است، لذا به سمت قطب مثبت باتری حرکت می کند. این جهت را جهت واقعی جریان الکتریکی می‌نامند.

نکته‌ی مهم: معمولا در کتاب های الکتریسیته، جهت انتخاب شدهٔ جریان را که قراردادی است یا واقعی، مشخص می نمایند.

در شکل ۲۰–۱ جهت حرکت واقعی و قرار دادی جریان الکتریکی نشان داده شده است.



الکترون‌ها از منفی به مثبت انتقال می‌یابند.

شکل ۲۰–۱ جهت حرکت اصلی و قراردادی جریان الکتریکی

مثال ۱: اگر باری برابر با ۶ کولن در مدت ۲ ثانیه از سیمی عبور کند، چند آمپر جریان در مدار جاری می شود؟

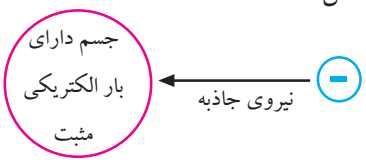
حل :

$$I=\frac{q}{t}=\frac{۶}{۲}=۳(A)$$

۲–۶–۱ اختلاف پتانسیل الکتریکی

جسمی را که دارای بار الکتریکی مثبت است در نظر بگیرید. این جسم کمبود الکترون دارد ، لذا می خواهد از هر طریقی که مقدور باشد الکترون ها را به سمت خود جذب کند، پس دارای نیروی جاذبه است. می توان گفت دلیل وجود نیروی جاذبه، ذخیره شدن انرژی در جسم است. به این انرژی ذخیره شده «**پتانسیل**» می گویند.

هنگامی که جسم دارای کمبود الکترون است می گوییم دارای پتانسیل مثبت است و آن را با علامت «+» نشان می دهیم ، شکل ۲۱–۱ .



شکل ۲۱–۱ جسم باردار با پتانسیل الکتریکی مثبت

اگر جسمی دارای الکترون های اضافی باشد بار الکتریکی آن منفی است. در این حالت چون جسم الکترون اضافی دارد می خواهد الکترون های اضافی خود را به جسمی که کمبود الکترون دارد بدهد.

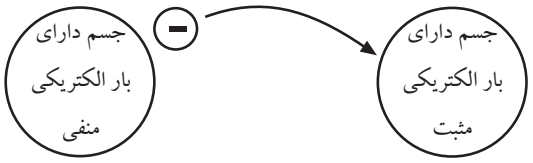
پس این جسم نیز دارای انرژی است. به عبارت دیگر مقداری انرژی در جسم ذخیره شده است که می تواند الکترون اضافی را جذب و یا دفع کند. این انرژی نهفته در جسم را، **انرژی پتانسیل** می گویند.

جسمی که با از دست دادن الکترون باردار شده باشد دارای پتانسیل مثبت و جسمی که با دریافت الکترون باردار شود، دارای پتانسیل منفی است. پتانسیل مثبت را با «+» و

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پتانسیل منفی را با «–» نشان می دهند ، شکل ۲۲–۱.



شکل ۲۲–۱ انتقال بارهای الکتریکی بین دو جسم

وقتی روی موکت راه می روید، بدن شما دارای بار الکتریکی می شود. حال اگر با دست خود دستگیره درب اتاق را لمس کنید، احساس برق گرفتگی در شما به وجود می آید. دلیل این برق گرفتگی وجود اختلاف پتانسیل بین بدن شما و زمین است. وقتی شما درب را لمس می کنید، جریان الکتریکی از طریق بدن شما و دستگیره درب و زمین برقرار می شود، شکل ۲۳–۱.

شکل ۲۳–۱ ایجاد جریان الکتریکی بین بدن و دستگیرهٔ درب

اختلاف پتانسیل (ولتاژ) را معمولاً با حرف E و گاهی با V نمایش می دهند. اختلاف پتانسیل الکتریکی را با دستگاهی به نام ولت‌متر اندازه می گیرند.

در شکل ۲۴–۱ دو نمونه ولت‌متر نشان داده شده است.

ولت‌متر دیجیتالی ولت‌مترعقربه ای

شکل ۲۴–۱ دو نمونه ولت‌متر

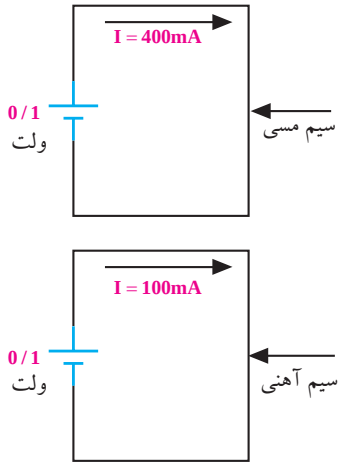
۳–۶–۱ مقاومت

هر گاه اختلاف پتانسیل ثابتی را ابتدا به دو سر یک سیم مسی و سپس به دو سر یک سیم آهنی اعمال کنیم، شدت جریانی که از هر یک از دو سیم عبور می کند با دیگری اختلاف دارد.

سیم آهنی در مقابل عبور جریان یا به زبان دیگر در مقابل حرکت الکترون ها ایستادگی بیشتری نشان می‌دهد در حالی که سیم مسی در مقابل عبور جریان ایستادگی کمتری می کند. خاصیت ایستادگی جسم در مقابل حرکت الکترون‌ها (جریان الکتریکی) را مقاومت الکتریکی می نامند. به عبارت دیگر، **مقاومت الکتریکی (Resistance) خاصیتی از ماده است که با عبور جریان مخالفت می کند**، شکل ۲۵–۱.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



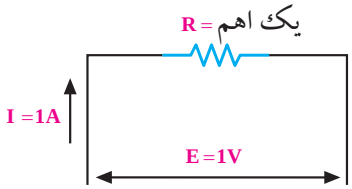
شکل۲۵-۱ جریان جاری شده در سیم مسی و سیم آهنی

جسم، ماده یا قطعه‌ای که در برابر عبور جریان الکتریکی ایستادگی می کند را **مقاومت** می‌نامند و آن را با حرف R (Resistor) نشان می دهند.نماد مقاومت را در شکل ۲۶-۱ ملاحظه می کنید.

شکل ۲۶-۱ نماد مقاومت

واحد مقاومت الکتریکی اهم است. اگر به دو سر مقاومتی اختلاف پتانسیل یک ولت اتصال دهیم، چنان چه از آن جریانی برابر با یک آمپر عبور کند، مقدار آن مقاومت یک اهم است ، شکل ۲۷-۱ .

اهم را با حرف یونانی امگا(Ω) نشان می دهند.



شکل ۲۷-۱ مقاومت یک اهم

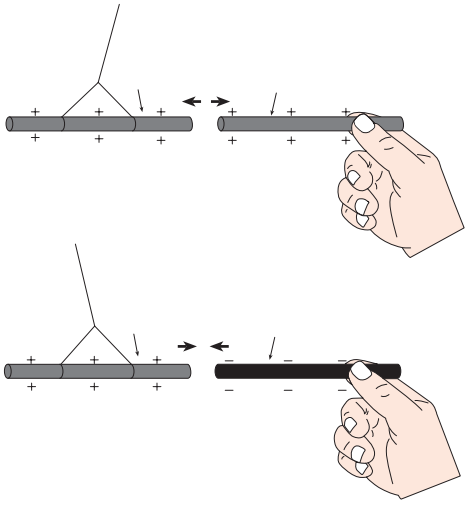
در مدارهای الکتریکی روی علامت اختصاری یا نماد مقاومت معمولا شماره و مقدار مقاومت نوشته می شود.در شکل ۲۸-۱ نماد یک مقاومت همراه با شماره مقاومت(R۳۲) و مقدار آن نشان داده شده است.

شکل ۲۸-۱ نمایش شماره و مقدار مقاومت روی نماد آن

۱-۷ آشنایی با قانون کولن

۱-۷-۱ اثر اجسام باردار بر یکدیگر

اگر یک میله‌ی شیشه ای را به پارچه‌ای مالش دهیم، میله‌ی شیشه‌ای دارای بار مثبت می شود. چنان چه میله کائوچو را به یک تکه پشم مالش دهیم، دارای بار منفی می‌شود. حال اگر میله شیشه ای باردار مثبت را به میله کائوچویی باردار منفی نزدیک کنیم، چون این دو جسم بارهای مخالف دارند، یکدیگر را جذب می کنند. در صورتی که دو میله شیشه ای که بار مثبت دارند را در مجاورت هم قرار دهیم، چون بار این دو جسم همنام است، یکدیگر را دفع می کنند ، شکل ۲۹-۱.



شکل ۲۹-۱ اثر اجسام باردار بر یک دیگر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۲-۷-۱ قانون کولن

در قرن هجدهم یک دانشمند فرانسوی به نام کولن هنگامی که با بارهای الکتریکی آزمایش هایی را انجام می داد، قانونی در مورد نیروی جاذبه و دافعه الکترواستاتیکی کشف کرد که به آن «**قانون کولن**» می گویند. کولن آزمایش های خود را در دو مرحله انجام داد:

الف- ابتدا به دو کره ساکن و متحرک، بارهای الکتریکی مساوی و هم نام داد و نیروی دافعه بین آنها را در فاصله های مختلف اندازه گیری کرده و نتیجه گرفت که این نیرو با عکس مجذور فاصلهٔ دو بار الکتریکی متناسب است، یعنی وقتی فاصله دو بار الکتریکی دو برابر شود، نیروی بین آنها به $\frac{۱}{۴}$ مقدار اولیه می رسد. هنگامی که فاصله بین دو بار الکتریکی نصف حالت اول شود، نیروی بین آنها ۴برابر می‌شود.

ب- در مرحله بعد، کولن بارهای متفاوتی را به دو کره داد و نیروهای آنها را در فاصله ی ثابت اندازه گیری کرد. او نتیجه گرفت که نیروی جاذبه یا دافعه ای که بین کره ها ایجاد می شود، به طور مستقیم با مقدار بار الکتریکی روی هر یک از کره ها متناسب است.

اگر بار الکتریکی را با $q_۱$ و $q_۲$، فاصله بین دو بار را با d و نیرو را با F نمایش دهیم، قانون کولن به صورت رابطه زیر نوشته می شود.

$$F = K\frac{q_۱ \times q_۲}{d^۲}$$

K ضریب ثابتی است که به واحدهای انتخاب شده و جنس محیطی که جسم باردار در آن قرار گرفته است، بستگی دارد. در این رابطه اگر F بر حسب نیوتون و q بر حسب کولن و d بر حسب متر باشد، k تقریبا $K=۹\times۱۰^۹\ \frac{Nm^۲}{C^۲}$ خواهد شد.

اگر به هنگام محاسبه، بار مثبت را با علامت مثبت و بار منفی را با علامت منفی نشان دهیم، نیروی دافعه بین دو بار همنام با علامت مثبت و نیروی جاذبه بین دو بار غیر همنام با علامت منفی به دست می آید.

مثال۲: دو بار الکتریکی مثبت یک کولنی در فاصله یک کیلومتر از یک دیگر قرار دارند. مقدار نیروی وارد بر هر دو بار چند نیوتون است؟ ($K=۹\times۱۰^۹\ \frac{Nm^۲}{C^۲}$)

حل :

$q_۱ = q_۲ = ۱(C)$

$d = ۱km = ۱۰۰۰m$

$$F=k\frac{q_۱ \times q_۲}{d^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۱\times۱}{(۱۰۰۰)^۲} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۱}{(۱۰^۳)^۲}$$

$$F = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۱}{۱۰^۶} = ۹\times۱۰^۳ = ۹۰۰۰(N)$$

کولن(۱۸۰۶-۱۷۳۶)

کولن دانشمند فرانسوی در ابتدا در رشته مهندسی ارتش خدمت می کرد. در سال ۱۷۸۹ از ارتش استعفا کرد و به امور علمی و تحقیقی پرداخت.

کولن در الکتریسیته موفق به کشف قانون جاذبه و دافعهٔ الکتریکی شد.

دنیای علم به پاس خدمات کولن واحد مقدار الکتریسیته را کولن نامید .

۸-۱شدت میدان الکتریکی

نیرویی که در یک میدان الکتریکی بر واحد بار مثبت الکتریکی واقع در هر نقطه از این میدان وارد می شود، **شدت میدان الکتریکی** در آن نقطه نام دارد و آن را با E نمایش می دهند. اگر بار مثبت q' در نقطه ای معین از میدان

CarGeek.Live

CarGeek.Live

الکتریکی واقع شـود و بر آن نیروی F اثر کند، شدت میدان الکتریکی از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$E=\frac{F}{q}$$

واحد شدت میدان الکتریکی، نیوتون بر کولن ($\frac{N}{C}$) است.

۹–۱ تبدیل واحد ها به یکدیگر

همان گونه که اشاره شـد، کمیت های الکتریکی جریان (I)، ولتـاژ (V) و مقاومـت(R) به ترتیـب دارای واحد های آمپر(A)، ولت(V)، و اهم(Ω) هستند.

ایـن واحد ها در مقیاس های کوچـک تر یا بزرگ تر از واحد اصلی خود نیز به کار می روند.

جـدول ۱–۱ چگونگی تبدیل ایـن واحدها را به یکدیگر نشان می دهد.

جدول ۱–۱ واحدهای کوچک تر و بزرگ تر از واحدهای اصلی الکتریکی

چگونگی تبدیل ضرایب	حرف اختصاری	نام ضریب	شکل نمایی ضریب	مقدار ضریب
از پایین به بالا مقدار مورد نظر را در ضرایب دارای توان مثبت ضرب و بر ضرایب دارای توان مثبت تقسیم می کنیم.	T	ترا	$۱۰^{۱۲}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
	G	گیگا	$۱۰^{۹}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰
	M	مگا	$۱۰^{۶}$	۱۰۰۰۰۰۰
	K	کیلو	$۱۰^{۳}$	۱۰۰۰
	H	هکتو	$۱۰^{۲}$	۱۰۰
	da	دکا	۱۰	۱۰
		واحد اصلی	$۱۰^{۰}$	۱
از بالا به پایین مقدار مورد نظر را در ضرایب دارای توان مثبت ضرب و بر ضرایب دارای توان منفی تقسیم می کنیم.	d	دسی	$۱۰^{-۱}$	۰/۱
	c	سانتی	$۱۰^{-۲}$	۰/۱۰
	m	میلی	$۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۱
	μ	میکرو	$۱۰^{-۶}$	۰/۰۰۰۰۰۱
	n	نانو	$۱۰^{-۹}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱
	p	پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

مثال ۳ : شـدت جریان عبوری از یک سـیم ۰/۰۵ آمپر است. این جریان معادل چند میلی آمپر است؟

حل :

$$I = ۰/۰۵(A)\times ۱۰^{۳} = ۵\times ۱۰^{-۲}\times ۱۰^{۳}$$

$$I = ۵\times ۱۰^{(-۲+۳)} = ۵\times ۱۰^{+۱} = ۵۰\ mA$$

نکتهٔ مهم : هنگام ضرب اعداد با پایه های یکسان، نمادهای مثبت و یا منفی آنها با هم جمع می‌شوند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ٤ : شدت جریان ۰/۲ میلی آمپر معادل چند میکرو آمپر است؟

حل :

$$I = ۰/۲(mA) \times ۱۰^{۳} = ۲ \times ۱۰^{-۱} \times ۱۰^{۳} \mu A$$

$$I = ۲ \times ۱۰^{(-۱+۳)} = ۲ \times ۱۰^{۲} = ۲۰۰ \mu A$$

مثال ٥ : شدت جریان ۱۰ میکرو آمپر معادل چند آمپر است؟

حل :

$$I = ۱۰(\mu A) \times ۱۰^{-۶} = ۰/۰۰۰۰۱ A$$

مثال ٦ : پنج ولت معادل چند میلی ولت است؟

حل :

$$V = ۵(V) \times ۱۰^{۳} = ۵۰۰۰ mv$$

نکته‌ی مهم : اگر عدد موجود در نمای ده مثبت باشد، به تعداد آن در مقابل عدد ۵، صفر می‌گذاریم ($۵ \times ۱۰^{۳} = ۵۰۰۰$) و اگر منفی باشد به تعداد آن از سمت راست عدد پنج شمرده و سپس ممیز می‌گذاریم. ($۵ \times ۱۰^{-۳} = ۰/۰۰۵$)

مثال ۷ : یک میلی ولت معادل چند ولت است؟

حل:

$$V = ۱(mv) \times ۱۰^{-۳} = ۱۰^{-۳} \qquad V = ۰/۰۰۱ V$$

مثال ۸ : ده کیلو اهم معادل چند اهم است؟

حل :

$$R = ۱۰(k\Omega) \times ۱۰^{۳} = ۱۰۰۰۰ \Omega$$

مثال ۹ : مقاومت ۵۰۰ اهم معادل چند کیلو اهم است؟

حل :

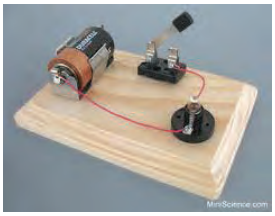
$$R = ۵۰۰(\Omega) \times ۱۰^{-۳} = ۰/۵۰۰ k\Omega = ۰/۵ k\Omega$$

۱۰–۱ مدار الکتریکی

مسیر عبور جریان الکتریکی را «**مدار الکتریکی**» می‌نامند. اجزای اصلی یک مدار الکتریکی ساده عبارتند از :

- منبع تغذیه
- سیم های رابط
- مصرف کننده

در شکل ۳۰–۱ یک مدار الکتریکی ساده نشان داده شده است.



شکل ۳۰–۱ یک مدار الکتریکی ساده

نکته مهم : توجه داشته باشید که زمانی در یک مدار جریان برقرار می‌شود که مدار بسته باشد و اگر با وجود منبع انرژی در مدار جریان برقرار نباشد می‌گوییم مدار باز است .

۱۰–۱ قانون اهم

رابطه بین مقاومت، شدت جریان و اختلاف پتانسیل را نخستین بار فیزیکدان آلمانی به نام اهم بیان کرد. بر اساس قانون اهم، مقدار مقاومت نسبت مستقیم با ولتاژ و نسبت معکوس با جریان دارد.

$$\text{مقاومت} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{جریان}} \Rightarrow R = \frac{V}{I}$$

در رابطه قانون اهم، مقدار ولتاژ بر حسب ولت، جریان بر حسب آمپر و مقاومت بر حسب اهم است. به عبارت دیگر در

CarGeek.Live

CarGeek.Live

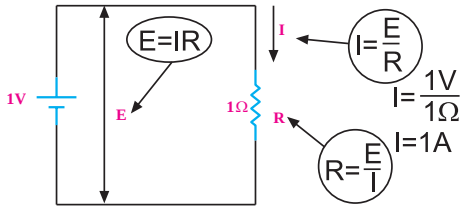
یک مدار، اگر ولتاژ ثابت باشد، هر قدر مقدار مقاومت بیشتر شود، مقدار جریان عبوری از آن کمتر می‌شود.

رابطه قانون اهم را به سه صورت شکل ۱-۳۱ می‌توانیم بنویسیم.

قانون اهم $I=\frac{V}{R}$ $V=IR$ $R=\frac{V}{I}$

شکل ۱-۳۱ نمودار دایره‌ای قانون اهم در حالت های مختلف

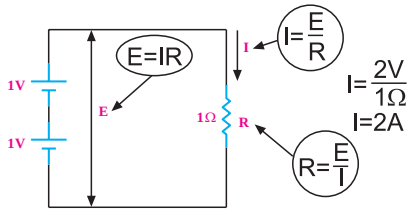
در مداری که اختلاف پتانسیل یک ولت بین دو سر مقاومت یک اهمی برقرار باشد؛ جریانی با شدت یک آمپر از مدار می گذرد، شکل ۱-۳۲-الف.



$$I=\frac{V}{R}=\frac{1V}{1\Omega}=1\ A$$

شکل ۱-۳۲-الف نمایش قانون اهم

با ۲ برابر شدن ولتاژ(اختلاف پتانسیل) و ثابت ماندن مقاومت، شدت جریان ۲ برابر می‌شود، شکل ۱-۳۲-ب.



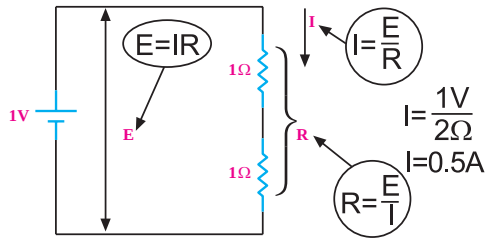
$$I=\frac{V}{R}=\frac{2V}{1\Omega}=2\ A$$

شکل ۱-۳۲-ب دو برابر شدن ولتاژ و ثابت ماندن مقاومت

اگر اختلاف پتانسیل دو سر مدار را نصف کنیم مقدار جریان نصف می‌شود.

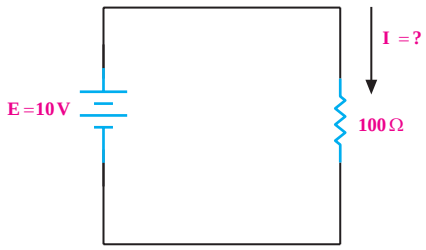
$$I=\frac{V}{R}=\frac{0/5V}{1\Omega}=0/5\ A$$

با ۲ برابر شدن مقاومت جریان نصف می‌شود ، شکل ۱-۳۲-ج.



۱-۳۲-ج دو برابر شدن مقاومت در مدار

مثال ۱۰: به دو سر یک مقاومت ۱۰۰ Ω یک ولتاژ ۱۰ ولت اعمال می کنیم، جریان گذرنده از مدار چند آمپر است؟



شکل ۱-۳۳

حل :

$$I=\frac{E}{R}=\frac{10}{100}=0/1\ A=100\ mA$$

تمرین کلاسی ۱ : به دو سر یک مقاومت ۵۰۰ Ω، ولتاژ ۲۰ ولت اعمال می کنیم، جریان گذرنده از مدار چند آمپر است؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

تمرین کلاسی ۲ : از مداری شامل مقاومت ۱ KΩ، جریان ۱ mA عبور می کند، افت ولتاژ دو سر مقاومت چند ولت است؟

۱۱-۱ توان و انرژی در جریان مستقیم

۱-۱۱-۱ توان الکتریکی

حاصل ضرب ولتاژ در جریان را **توان الکتریکی** می نامند و آن را با حرف P نشان می‌دهند:

$$P=V.I$$

واحد توان الکتریکی وات است که آن را با حرف W نشان می دهند. واحد های کوچک تر از وات، میلی وات (یک هزارم) وات و میکرو وات، یک میلیونیوم وات است.

واحد های بزرگ تر از وات را کیلو وات (هزار وات) و مگا وات (یک میلیون وات) می‌نامند.

P ، حرف اول کلمه Power به معنی توان است.

توان تلف شده در دو سر یک مقاومت اهمی از رابطه زیر به دست می آید:

$$P=V.I=RI^{۲}=\frac{V^{۲}}{R}$$

مثال ۱۱: از یک مقاومت ۱۰ اهمی، جریانی برابر با ۲ آمپر عبور می کند. چه مقدار توان در مقاومت تلف می‌شود؟

حل :

$$P=R.I^{۲}$$
$$P=۱۰\times(۲)^{۲}=۱۰\times۴=۴۰W$$

مثال ۱۲: توان یک لامپ ۱۰۰ وات و ولتاژ کار آن ۲۲۰ ولت است، این لامپ چه مقدار جریان از شبکه دریافت می کند؟

حل :

$$P=V.I$$
$$۱۰۰=۲۲۰\times I$$
$$I=\frac{۱۰۰}{۲۲۰}=۰/۴۵A$$

مثال ۱۳: توان تلف شده در دو سر یک مقاومت برابر با ۲۰ وات است. اگر ولتاژ دو سر مقاومت ۱۰ ولت باشد مقدار مقاومت چند اهم است؟

حل :

$$P=\frac{V^{۲}}{R}\Rightarrow P.R=V^{۲}\Rightarrow R=\frac{V^{۲}}{P}$$
$$R=\frac{V^{۲}}{P}=\frac{(۱۰)^{۲}}{۲۰}=\frac{۱۰۰}{۲۰}=۵\ \Omega$$

تمرین کلاسی ۳ : از یک مقاومت ۱۰۰ اهمی، جریانی برابر با ۰/۱ آمپر عبور می کند. چه مقدار توان در مقاومت تلف می‌شود؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

تحقیق کنید:

نحوه‌ی به دست آوردن هر یک از روابط مربوط به توان را تحقیق کنید.

توان الکتریکی را با دستگاهی به نام وات‌متر اندازه می‌گیرند.

۲-۱۱-۱ انرژی الکتریکی

همان‌طور که می‌دانید منبع تغذیه الکتریکی مانند برق شهر یا باتری، انرژی مورد نیاز وسایل الکتریکی را تامین می‌کند.

وقتی یک اطوی برقی را به برق وصل می‌کنید، اطو انرژی الکتریکی را از شبکه برق دریافت می‌کند و آن را به انرژی حرارتی تبدیل می‌نماید. هر قدر مدت زمان وصل اطوی برقی به شبکه بیشتر باشد، گرمای بیش‌تری در اطو تلف می‌شود و انرژی بیش‌تری را از شبکه برق دریافت می‌کند. پس انرژی مصرفی رابطه مستقیم با زمان دارد و به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

انرژی الکتریکی = توان الکتریکی × زمان

$W = p \cdot t$

ژول = وات × ثانیه

واحد انرژی الکتریکی، وات-ثانیه یا ژول است. یک ژول عبارت است از تلفات توان یک وات در مدت یک ثانیه. واحد بزرگ‌تر و کاربردی‌تر انرژی، کیلو وات ساعت است. هر کیلو وات برابر ۱۰۰۰وات و هر کیلو وات ساعت برابر با ۱۰۰۰ وات ساعت است. معمول‌ترین دستگاه برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی، کنتور برق است.

کنتور برق دستگاهی است که انرژی مصرفی منازل یا کارخانجات را بر حسب کیلو وات ساعت اندازه‌گیری می‌کند.

مثال ۱۴: یک لامپ ۱۰۰ وات را به مدت ۵ دقیقه روشن می‌کنیم. این لامپ چند ژول انرژی مصرف کرده است؟

حل :

$W = p.t = ۱۰۰(۵\times۶۰) = ۳۰۰۰۰\ J$

$۳۰۰۰۰ \div ۱۰۰۰ = ۳۰\ KJ$

تمرین کلاسی ٤ : اگر ۵ لامپ ۱۰۰ واتی روزانه ۵ ساعت روشن باشد، در صورتی که قیمت هر کیلو وات ساعت ۱۰۰ ریال باشد ، هزینه ی انرژی مصرف کننده ها در یک ماه چه قدر است؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

اول ایمنی ، بعد کار

۱-۱۲ نکات ایمنی

نکات ایمنی عمومی:

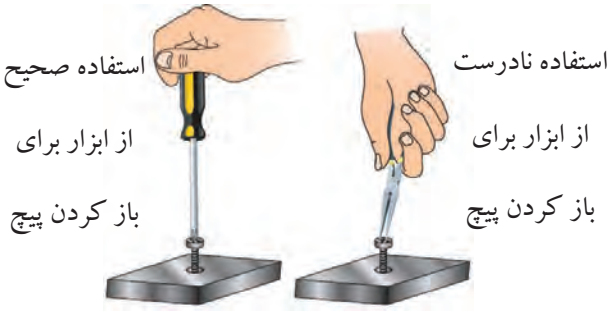
لازم است در کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های فنی و حوزه‌های صنعتی، دستورهای حفاظتی و ایمنی توسط مسئولین هنرستان، سرپرست کارگاه، هنرآموزان و هنرجویان کاملا مورد توجه قرار گیرد، تا از بروز خطراتی مانند برق گرفتگی و آسیب‌رسانی به تجهیزات آزمایشگاه و فرد جلوگیری شود.

۱-۱۲-۱ نظم و ترتیب را در کارگاه و آزمایشگاه رعایت کنید ، شکل ۳۴-۱.

شکل ۳۴-۱ نظم و ترتیب در کارگاه

رعایت این توصیه، مهارت دقت نظر، سرعت کار و کیفیت آموزشی را در فرد افزایش می‌دهد.

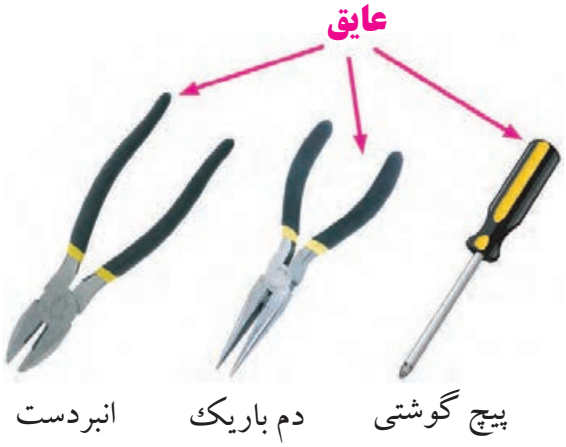
۲-۱۲-۱ انتخاب ابزار کار مناسب و استفاده از آن‌ها، یکی دیگر از نکات ایمنی عمومی است ، شکل ۳۵-۱.



شکل ۳۵-۱ انتخاب درست ابزار کار و نحوه ی کاربرد صحیح آن

استفاده بهینه از وسایل و تجهیزات، مهارت الگوی صحیح مصرف را در فرد ایجاد می کند.

۳-۱۲-۱ از ابزاری که به دسته عایق مجهز است، استفاده کنید. استفاده از این وسایل، صرفه‌جویی در هزینه‌های اضافی ناشی از صدمه‌های جانبی را به دنبال دارد، شکل ۳۶-۱.



شکل ۳۶-۱ استفاده از ابزار با دسته‌ی عایق

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۱۲-٤ از وارد کردن ضربه به دستگاه‌ها و تجهیزات خودداری کنید، شکل ۳۷-۱.

شکل۳۷-۱ از ضربه زدن به دستگاه خودداری کنید.

به طور کلی حفاظت از وسایل، مهارت ارزش‌گذاری بر ثروت عمومی، مسئولیت‌پذیری و توجه به هزینه‌هایی را که برای تحصیل هر فرد صرف می‌شود به‌وجود می‌آورد.

۱-۱۲-۵ هنگام جازدن و یا کشیدن دو شاخه برق، از سیم‌های متصل شده به آن استفاده نکنید و دو شاخه را به طور صحیح در دست بگیرید ، شکل ۳۸-۱.

شکل۳۸-۱ اتصال صحیح دو شاخه

این نکته مهارت دقت‌نظر و توجه بیش‌تر را در فرد ایجاد می‌کند و مانع بروز حادثه می‌شود.

۱-۱۲-٦ هنگام اندازه‌گیری کمیت‌های الکترونیکی، توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری، از حوزه صحیح کار و گستره مناسب آن استفاده کنید ، شکل ۳۹-۱.

شکل۳۹-۱ استفاده صحیح از حوزه‌ی کار صحیح دستگاه اندازه‌گیری

این مهارت علاوه بر جلوگیری از بروز حادثه باعث افزایش دقت نظر، کیفیت و سرعت در انجام کار می‌شود.

۱-۱۲-۷ از تردد بی‌دلیل در محیط کارگاه و حضور بی‌مورد در محل میزهای کاری دیگران، جدا خودداری کنید، شکل ۴۰-۱.

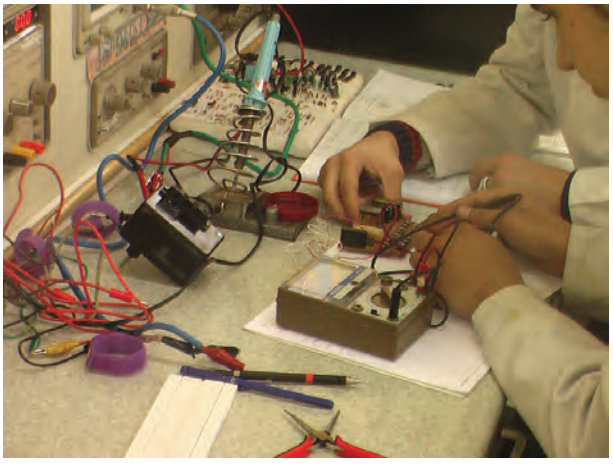
شکل ۴۰-۱ بی‌دلیل در کارگاه تردد نکنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

با جلوگیری از اختلال در کار، هم‌چنین ایجاد نظم در کارگاه و برقراری آرامش، فضای آرامی به وجود می‌آید که می‌توان اجرای وظایف محوله را با دقت و کارآیی مطلوب امکان‌پذیر ساخت.

۸-۱۲-۱ از گذاشتن وسایل اضافی روی میز کار جداً خودداری کنید ، شکل ۴۱-۱.



شکل۴۱-۱ از قراردادن وسایل اضافی روی میز کار خودداری کنید.

این امر مهارت به کارگیری نظم و ترتیب را افزایش می‌دهد. داشتن تعهد و نظم و تمرکز در کار، انسان را به موفقیت نزدیک می‌کند.

دستورهای اجرایی در کارگاه‌ها

۹-۱۲-۱ حضور به موقع در کارگاه باعث افزایش رشد شخصیت اجتماعی و بهره‌وری در سیستم آموزشی می‌شود. همچنین صحیح نشستن روی صندلی، سلامت شما را تضمین می‌کند ، شکل۴۲-۱.

شکل۴۲-۱ نشستن هنرجو روی صندلی درست نیست

۱۰-۱۲-۱ پوشیدن لباس کار، حس تملک و علاقه را نسبت به محیط در فرد ایجاد می‌کند و هنگام کار مانع کثیف شدن لباس‌های شما می‌شود ، شکل ۴۳-۱.

شکل۴۳-۱ ایجاد حس تملک نسبت به محیط کار با پوشیدن لباس کار

۱۱-۱۲-۱ تشکیل گروه‌های کاری باعث ایجاد مهارت در کار جمعی، برنامه‌ریزی صحیح و ارتباط موثر با دیگران می‌شود، شکل ۴۴-۱.

شکل۴۴-۱ تشکیل گروه‌های کاری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مهارت شنیدن نظرات دیگران، موجب می‌شود تا برای برقراری ارتباط بهترین روش‌های مرتبط با هر موضوع را به‌کار بگیرید.

۱-۱۲-۱۲ توزیع اقلام مورد نیاز بین گروه‌ها، بررسی دقیق میزهای کار، تعیین وسایل معیوب و گزارش آن به مربیان، از مهم‌ترین وظایفی است که به ارشد دوره‌ای کارگاه واگذار می‌شود، شکل ۱-۴۵.

شکل۱-۴۵ تعیین ارشد کلاس

ارشد کلاس در هر هفته تغییر می‌کند. با این هدف حس مسئولیت‌پذیری، رشد مهارت مدیریتی، هدایت گروه و مهارت اعتماد به نفس در همه تقویت می‌شود.

۱-۱۲-۱۳ تهیه دفتر گزارش کار و تنظیم آن برای هر آزمایش کمک می‌کند تا مهارت بازبینی فعالیت‌های انجام شده و توجه به هدف و نتیجه و پیدا کردن اشکالات و رفع آن‌ها در فرد ایجاد شود ، شکل ۱-۴۶.

شکل۱-۴۶ تهیه‌ی دفتر گزارش کار

رعایت این توصیه، مهارت تبدیل نقاط ضعف به نقاط قوت را ایجاد می‌کند.

۱-۱۲-۱۴ خواندن دستورهای اجرایی قبل از شروع کار، مهارت اعتمادبه‌نفس و داشتن آرامش را در اجرای آزمایش امکان‌پذیر می‌کند ، شکل ۱-۴۷.

شکل۱-۴۷ خواندن دستورالعمل قبل از شروع کار

۱-۱۲-۱۵ استفاده از آزمایشگاه مجازی (Virtual lab) به عنوان پیش‌آزمایش، آموزش و صرفه‌جویی در ابزار، قطعات و تجهیزات و زمان را در فرد عمیق‌تر می‌سازد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

استفاده از نرم‌افزار:

برخی از مزایای استفاده از آزمایشگاه مجازی:

* در صورت بروز اشتباه در بستن مدار و اتصال دستگاه‌ها به آن، آسیبی به مدار و دستگاه‌ها وارد نمی‌شود و خسارت مالی رخ نمی‌دهد.
* مقادیر قطعات قابل تغییر است و با تغییر آن‌ها می‌توانید اثر آن را به راحتی روی مدار مشاهده کنید.
* بدون نیاز به قطعات سخت‌افزاری می‌توانید مدارهای دلخواه خود را ببندید و خلاقیت خود را بروز دهید.
* به‌راحتی می توانید بدون هیچ هزینه و در زمان کوتاهی آزمایش‌ها را به دفعات متعدد تکرار کنید.
* هر گونه پیشنهادی که به نظرتان می‌رسد، در آزمایشگاه مجازی قابل اجرا است و این امر باعث شکوفا شدن خلاقیت می شود.

۱-۱۳ اطلاعات اولیه

منبع تغذیه

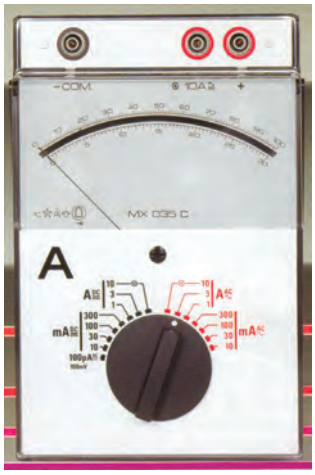
در مدارهای الکتریکی جهت تامین ولتاژ dc مورد نیاز از منابع تغذیه الکترونیکی مانند شکل ۱-۴۸ استفاده می‌شود.

شکل۱-۴۸ یک نمونه منبع تغذیه

آمپرمتر

در مدارها از آمپرمتر برای اندازه‌گیری جریان استفاده می‌شود. آمپرمتر سری در مدار قرار می گیرد. شکل ۱-۴۹ یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. امروزه یک دستگاه مولتی‌متر می‌تواند هر سه کمیت ولتاژ، جریان و مقاومت را اندازه‌گیری کند.

آمپرمتر آزمایشگاهی گران قیمت است. برای اجرای آزمایش از مولتی‌متر استفاده کنید.



شکل۱-۴۹ یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی

ولت‌متر

در مدارها از ولت‌متر برای اندازه‌گیری ولتاژ استفاده می‌شود. ولت‌متر به صورت موازی در مدار قرار می گیرد. شکل ۱-۵۰ یک نمونه ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می دهد.

ولت‌متر آزمایشگاهی گران قیمت است. برای اجرای آزمایش از مولتی‌متر استفاده کنید.

شکل ۱-۵۰ یک نمونه ولت متر آزمایشگاهی

اهم‌متر

در مدارها از اهم متر برای اندازه‌گیری مقاومت استفاده می‌شود. برای این منظور اهم‌متر را به دو سر مقاومت وصل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

می‌کنند. شکل ۵۱-۱ یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

اهم‌متر آزمایشگاهی گران قیمت است . برای اجرای آزمایش از مولتی متر استفاده کنید.

شکل ۵۱-۱ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی

مولتی‌متر

در اغلب آزمایشگاه‌ها و کارگاه‌ها از وسیله‌ای به نام «مولتی‌متر» یا «آوومتر» استفاده می‌شود. این وسیله قادر به اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند ولتاژ، جریان و مقاومت است.

شکل ۵۲-۱ دو نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد. امروزه مولتی‌مترهای دیجیتالی فراوان‌تر، ارزان‌تر و مرغوب‌تر از مولتی‌مترهای عقربه‌ای است. لذا در اجرای آزمایش‌ها از مولتی‌متر دیجیتالی استفاده می‌کنیم.

دیجیتالی عقربه ای

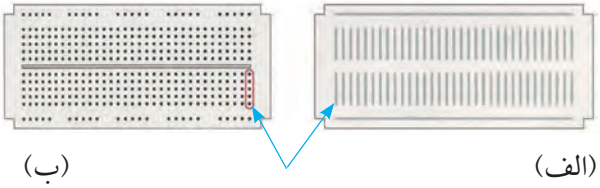
شکل ۵۲-۱ دو نمونه مولتی‌متر

مولتی‌متر به معنی چند اندازه‌گیر است و به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که چند کمیت را می‌توانند اندازه بگیرند.

بردبُرد

از جمله وسایل مورد نیاز برای انجام آزمایش‌ها استفاده از صفحات مخصوص یا بردهای آزمایشگاهی است. یکی از بردهای آزمایشگاهی «بردبُرد» است.

در شکل ۵۳-۱ تصویر یک نمونه بردبُرد را مشاهده می‌کنید. سوراخ‌های تعبیه شده روی بردبُرد برای نصب قطعات مدار روی آن است. سوراخ‌های هر ستون طبق شکل ۵۳-۱-الف به هم اتصال دارند. شکل ۵۳-۱-ب نمایی از روی بردبُرد را نشان می‌دهد که در آن اتصال‌های مربوط به سوراخ‌ها نشان داده شده است.



هر ردیف پنج تایی سوراخ ها به وسیله یک نوار مشترک از پشت به هم وصل شده اند.

شکل ۵۳-۱ صفحه آزمایش یا بردبرد

LC متر

امروزه از وسایل دیجیتالی به نام LCمتر جهت سنجش اندوکتانس و ظرفیت خازنی استفاده می‌شود، شکل ۵۴-۱.

شکل ۵۴-۱ یک نمونه LC متر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در برخی از مولتی‌مترهای دیجیتالی و عقربه‌ای نیز قسمتی برای اندازه‌گیری ظرفیت خازن وجود دارد. شکل ۱-۵۵ تصویر یک نمونه از این مولتی‌مترها را نشان می‌دهد.

دربارهٔ ایجاد ظرفیت خازنی و نیز اندوکتانس بوبین‌ها، بعداً صحبت خواهیم کرد.

شکل ۱-۵۵ یک نمونه مولتی متر دیجیتالی دارای حوزه (رنج) اندازه گیری ظرفیت

باتری

شکل ۱-۵۶ تصویر دو نمونه باتری قلمی و کتابی را نشان می‌دهد. در مدارهای الکتریکی از باتری به عنوان منابع تغذیه dc استفاده می‌کنند.

شکل ۱-۵۶ دو نمونه باتری

سیگنال ژنراتور

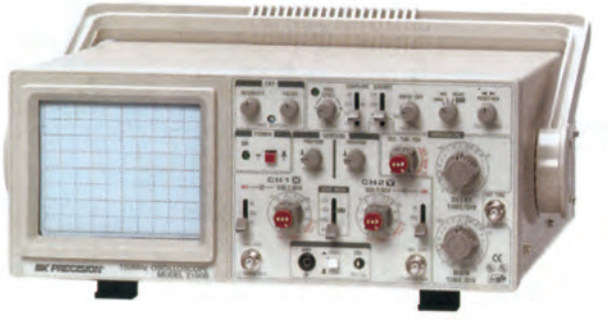
شکل ۱-۵۷ الف یک نمونه سیگنال ژنراتور را نشان می‌دهد.سیگنال ژنراتور، دستگاهی است که قادر است شکل موج‌های مختلف سینوسی را با دامنه‌ها و فرکانس‌های مختلف تولید کند. نوعی سیگنال ژنراتور وجود دارد که می‌تواند شکل موج‌های دیگری مانند مربعی و مثلثی را تولید کند. به این دستگاه فانکشن ژنراتور می‌گویند. در شکل ۱-۵۶ ب یک نمونه فانکشن ژنراتور را مشاهده می‌کنید.

الف – سیگنال ژنراتور ب – فانکشن ژنراتور

شکل ۱-۵۷ سیگنال ژنراتور و فانکشن ژنراتور

اسیلوسکوپ

وسیله‌ای که در آزمایشگاه برای مشاهده شکل موج به‌کار می‌رود، اسیلوسکوپ است. در شکل ۱-۵۸ یک نمونه اسیلوسکوپ را مشاهده می‌کنید.



شکل۱-۵۸ اسیلوسکوپ

میز آزمایشگاهی

در اختیار داشتن یک میز آزمایشگاهی مناسب برای انجام آزمایش‌ها، سرعت و دقت انجام کار را افزایش می‌دهد. در شکل ۱-۵۹ یک نمونه میز آزمایشگاهی نشان داده شده است.

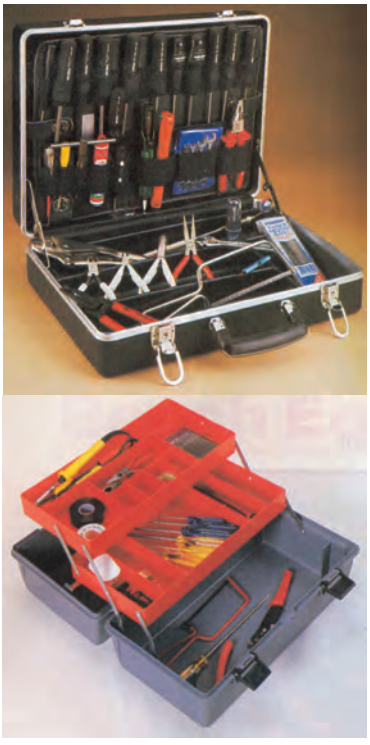
CarGeek.Live

CarGeek.Live

شکل۵۹-۱ یک نمونه میز آزمایشگاهی

جعبه ابزار

در هر میز آزمایشگاهی لازم است یک سری وسایل مانند، سیم چین، انبردست، سیم‌لخت‌کن، هویه و سیم لحیم نیز وجود داشته باشد. زیرا در بسیاری از موارد به آن‌ها نیاز داریم. در شکل ۶۰-۱ دو نمونه جعبه ابزار نشان داده شده است.



شکل ۶۰-۱ دو نمونه جعبه ابزار

۱۴-۱ آزمایش شماره (۱)

اصول بستن مدار ساده با لامپ و باتری و کلید

زمان اجرا: ۱ ساعت آموزشی

۱-۱۴-۱ هدف آزمایش:

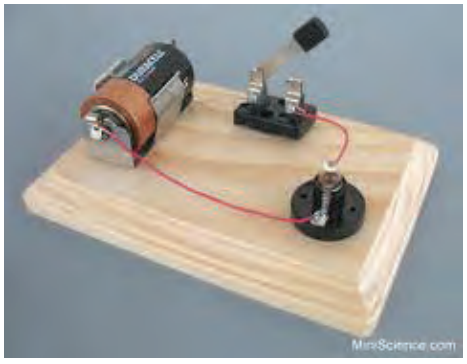
یک مدار ساده الکتریکی را با استفاده از لامپ و باتری و کلید و سیم‌های رابط ببندید.

۲-۱۴-۱ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات	تعداد/ مقدار
۱	لامپ ۶ ولت ۰/۳ آمپری	یک عدد
۲	سرپیچ لامپ	یک عدد
۳	باتری قلمی ۱/۵ ولت	چهار عدد
۴	جای باتری	یک عدد
۵	کلید یک پل	یک عدد
۶	سیم سوسماری	یک عدد
۷	سیم های رابط معمولی	سه رشته

۳-۱۴-۱ مراحل اجرای آزمایش:

- لامپ را روی سرپیچ مناسب ببندید.
- باتری‌ها را در جای باتری قرار دهید.
- مطابق شکل ۶۱-۱ با استفاده از سیم‌های رابط یک سر باتری را به کلید وصل کنید.



شکل ۶۱-۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ سـر دیگر کلید را نیز با سیم‌های رابط به سرپیچ وصل کنید.

■ سـر دیگر باتری را با اسـتفاده از سـیم رابط یا سـیم سرسوسـماری به سـر پیچ لامپ که هنوز آزاد اسـت، وصل کنید.

■ کلید یک پل را ببندید.

سوال ۱ : آیا لامپ روشن می‌شود؟ شرح دهید.

■ کلید یک پل را به حالت باز درآورید.

سوال ۲: وضعیت لامپ به چه صورت در می‌آید؟ شرح دهید.

۴-۱۴-۱ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

یادگیری بدون انگیزه و تفکر، مانع کشـف و بروز استعداد خلاقیت و نوآوری در فراگیران می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱)

۱- کدام‌یک از ذرات اتم (به ترتیب از راست به چپ) دارای بار منفی و مثبت هستند؟

الف) پروتون- الکترون ب) نوترون- الکترون

ج) نوترون- پروتون د) الکترون- پروتون

۲- جملهٔ «در حالت عادی یک اتم از نظر بار الکتریکی خنثی است» با کدام گزینه انطباق دارد؟

الف)الکترون‌ها و پروتون‌ها بدون بار هستند.

ب) الکترون‌ها و نوترون‌ها بار خود را از دست داده‌اند.

ج) بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

د) اتم در حالت عادی به یک اندازه پروتون و الکترون دارد.

۳- وزن کامل هسته اتم شامل وزن ..... است.

الف) پروتون‌ها و الکترون‌ها

ب) پروتون‌ها و نوترون‌ها

ج) نوترون‌ها و الکترون‌ها

د) نوترون‌ها

۴- هسته هر اتم از دو ذره کوچک به نام‌های پروتون و الکترون تشکیل شده است.

صحیح ☐ غلط ☐

۵- کدام‌یک از موارد زیر نیمه‌هادی است؟

الف)طلا ب)مس ج)پلاستیک

د)ژرمانیوم

۶- مقدار بار الکتریکی که در هر جسم وجود دارد برحسب ..... بیان می‌شود.

۷- واحد بار الکتریکی کدام است؟

الف) ولت ب)اهم ج)کولن د)کولن بر ثانیه

۸- بر اساس قرارداد، جهت جریان الکتریکی را در مدارها از قطب ..... به ..... در نظر می‌گیرند.

الف) مثبت- منفی ب) منفی- مثبت

۹- ایستادگی در مقابل عبور جریان الکتریکی را می‌گویند.

الف) اختلاف پتانسیل ب) مقاومت الکتریکی

ج) توان الکتریکی د) کار الکتریکی

۱۰- نیروی بین دو بار الکتریکی با اندازه بارهای الکتریکی دو جسم رابطه مستقیم دارد.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۱- کدام گزینه واحد شدت میدان الکتریکی است؟

الف) کولن بر ثانیه ب) نیوتن بر کولن

ج) ولت بر آمپرمتر د) ولت بر اهم

۱۲- به دو سر یک مقاومت ۱۰ اهمی، ولتاژی برابر با ۱۰ ولت می دهیم. جریان گذرنده از مدار چند آمپر است؟

الف) ۱۰۰ ب) ۱ ج) ۲۰ د) ۰/۱

۱۳- از یک مقاومت ۵ اهمی، جریانی برابر با ۲ آمپر عبور می‌کند، چند وات توان در مقاومت تلف می‌شود؟

الف) ۱۰ ب) ۲/۵ ج) ۵۰ د) ۲۰

۱۴- یک لامپ ۴۰ وات در مدت ۲ دقیقه چند ژول انرژی مصرف می‌کند؟

الف) ۸۰ ب) ۲۴۰۰ ج) ۴۸۰۰ د) ۲۲۰۰

۱۵- جریان ۰/۲ آمپر معادل چند میلی‌آمپر است؟

الف) ۰/۰۰۲ ب) ۲۰ ج) ۲۰۰ د) ۰/۰۰۰۲

۱۶- ولتاژ ۵ میلی‌ولت معادل چند ولت است؟

الف) ۵۰۰ ب) ۵۰ ج) ۰/۰۰۵ د) ۰/۰۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل دوم

شناخت قطعات الکتریکی و کار با آن‌ها

هدف کلی: انواع مقاومت‌ها و کاربرد آن‌ها در مدارهای الکتریکی

پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- مقاومت الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.

۲- انواع مقاومت‌های الکتریکی را نام ببرد.

۳- طرز کار هر یک از مقاومت‌های متغیر وابسته به عوامل فیزیکی را به طور مختصر شرح دهد.

۴- نحوه‌ی تقسیم‌بندی مقاومت‌ها را از نظر ساختمان آن‌ها شرح دهد.

۵- مشخصه‌های مقاومت را نام ببرد و هر یک را به اختصار توضیح دهد.

۶- مدار سری را شرح دهد.

۷- مقاومت معادل در یک مدار سری را محاسبه کند.

۸- افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در یک مدار سری را محاسبه کند.

۹- مدار موازی را شرح دهد.

۱۰- نحوه‌ی محاسبه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را محاسبه کند.

۱۱- جریان و ولتاژ در یک مدار موازی را محاسبه کند.

۱۲- نحوه‌ی اندازه‌گیری ولتاژ را شرح دهد.

۱۳- دستگاه اندازه‌گیری و چگونگی اندازه‌گیری جریان را شرح دهد.

۱۴- کاربرد اهم‌متر و طرز کار آن را شرح دهد.

۱۵- مقاومت، ولتاژ و جریان را در مدارهای سری و موازی به طور عملی اندازه بگیرد.

۱۶- قانون KVL را در مدارهای سری شرح دهد.

۱۷- قانون KVL را در مدارهای سری به طور عملی تحقیق کند.

۱۸- قانون KCL را در مدارهای موازی شرح دهد.

۱۹- قانون KCL را در مدارهای موازی عملاً تحقیق کند.

۲۰- انواع پیل‌ها را مختصراً شرح دهد.

۲۱- اتصال سری پیل‌ها را توضیح دهد.

۲۲- اتصال متقابل پیل‌ها را توضیح دهد.

۲۳- اتصال موازی پیل‌ها را توضیح دهد.

۲۴- انواع اتصال پیل‌ها را به طور عملی تجربه کند.

۲۵- کلیه‌ی اهداف رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول به آن‌ها اشاره شده‌است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
۲	۱۷	۱۸	۳۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۲)

۱- واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- تولرانس مقاومت‌های سری E۱۲ برابر ۱۰٪± است.

صحیح ❐ غلط ❐

۳- ترمیستوری را که تغییر مقاومت آن با افزایش دما نسبت مستقیم دارد ..... می‌گویند.

۴- واریستور مقاومتی وابسته به ..... است.

الف) حرارت ب) نور ج) ولتاژ د) دما

۵- مقاومت معادل در یک مدار سری، از همه‌ی مقاومت‌های موجود در مدار (بزرگ‌تر- کوچک‌تر) است.

۶- کدام‌یک از جملات زیر صحیح نیست؟

الف) در مدار موازی، جریان شاخه‌ها مساوی است.

ب) در مدار موازی، توان کل مدار برابر مجموع توان‌های مصرف کننده‌ها است.

ج) در مدار سری، ولتاژ کلیه‌ی مصرف کننده‌ها برابربا ولتاژ منبع است .

د) در مدار سری، توان کل مدار برابر مجموع توان‌های مصرف کننده‌ها است.

۷- ساختمان داخلی ولت‌متر DC را شرح دهید.

۸- برای اندازه‌گیری جریان در مدارهای الکتریکی از ..... استفاده می‌شود، که با سایر قطعات .... قرار می‌گیرد.

الف) ولت‌متر- سری ب) ولت‌متر- موازی

ج) آمپرمتر- سری د) آمپرمتر- موازی

۹- پیل‌های اولیه قابل شارژ نیستند.

صحیح ❐ غلط ❐

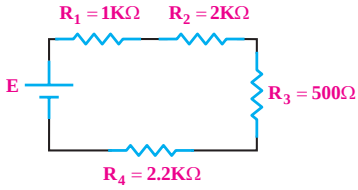
۱۰- پیل‌های قلیایی..... و نیکل- کادمیوم..... هستند .

الف) اولیه- ثانویه ب) ثانویه- اولیه

ج) اولیه- اولیه د)ثانویه- ثانویه

۱۱- پیل‌ها را سری می‌کنند تا ولتاژ کل مدار را ..... دهند.

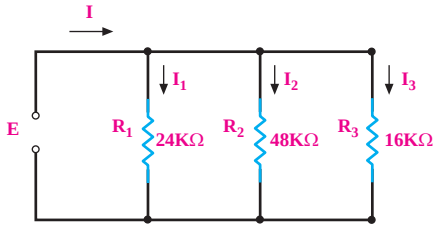
۱۲- مقاومت معادل شکل زیر را محاسبه کنید.



CarGeek.Live

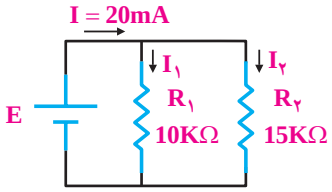
CarGeek.Live

۱۳- مقاومت معادل را در شکل زیر محاسبه کنید.



۱۴- در مدار شکل زیر مطلوب است:

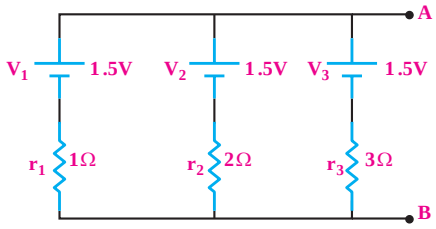
محاسبه‌ی جریان I_1 و I_2.



۱۵- در مدار شکل زیر، مطلوب است:

الف- کاربرد مدار

ب- مقاومت داخلی کل پیل‌ها از دو نقطه A و B.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۲ آشنایی با مقاومت و انواع آن

«مقاومت الکتریکی» خاصیتی است که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می‌دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط ، به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی وجود دارد و گاهی به عنوان عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار می گیرد.

۱-۱-۲ انواع مقاومت‌ها

به طور کلی مقاومت‌ها را می توان از نظر مقدار اهمی به دو دسته ثابت و متغیر تقسیم بندی کرد. منظور از مقاومت ثابت مقاومتی است که مقدار آن در اثر حرارت، نور، میدان‌های مغناطیسی و یا سایر عوامل فیزیکی تغییر نمی کند. در شکل ۱-۲ دو نمونه مقاومت ثابت نشان داده شده است.

شکل ۱-۲ دو نمونه مقاومت اهمی (R)

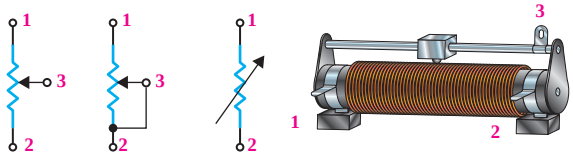
مقاومت متغیر مقاومتی است که می توان مقدار اهم آن را با عواملی مانند تغییر مکان یک اهرم، نور، حرارت و ولتاژ تغییر داد.

در شکل ۲-۲ یک نمونه مقاومت متغیر که مقدار آن با تغییر اهرم تغییر می کند را مشاهده می کنید. به این نوع مقاومت پتانسیومتر می گویند.

شکل ۲-۲ یک نمونه مقاومت متغیر

۲-۱-۲ رئوستا و پتانسیومتر

رئوستا و پتانسیومتر، هر دو مقاومت متغیر هستند که می‌توان با جابه‌جا کردن یا چرخاندن یک اهرم مکانیکی، مقدار مقاومت اهمی آن‌ها را تغییر داد. به مقاومت‌های متغیر سیمی بزرگ اصطلاحاً رئوستا گفته می‌شود. از این مقاومت‌ها در جریان‌های زیاد استفاده می کنند. در شکل ۳-۲ یک نمونه مقاومت متغیر سیمی نشان داده شده است.



شکل۳-۲یک نمونه مقاومت متغیر سیمی و نمادهای آن

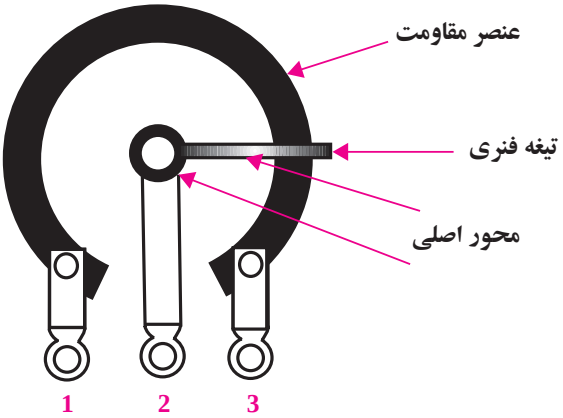
در اصطلاح به مقاومت‌های متغیر کوچک‌تر، پتانسیومتر می گویند. مقدار مقاومت اهمی این نوع مقاومت‌های متغیر را می‌توان با اهرمی که روی آن‌ها قرار دارد، تغییر داد. در شکل ۴-۲ نمونه‌هایی از پتانسیومتر نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۴-۲ دیده می‌شود، مقاومت‌های متغیر از نظر ابعاد و شکل ظاهری از تنوع نسبتاً زیادی برخوردارند و با مقدار مقاومت اهمی مختلف ساخته می‌شوند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

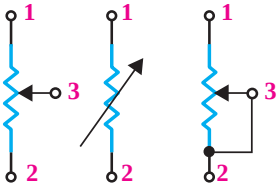
شکل۴-۲ چند نمونه پتانسیومتر پر کاربرد در الکترونیک

مقاومت متغیر سه سر دارد که مقاومت اهمی بین دو سر آن همیشه ثابت است و مقاومت اهمی سر سوم و یکی از دو سر دیگر را می‌توان با تغییر اهرم مکانیکی تغییر داد. ساختمان داخلی یک نمونه مقاومت متغیر در شکل ۵-۲ نشان داده شده است. در این شکل مقاومت اهمی بین پایه ۱ و ۳ ثابت و مقاومت بین پایه ۲ و ۱ و یا ۲ و ۳ با تغییر اهرم قابل تغییر است.



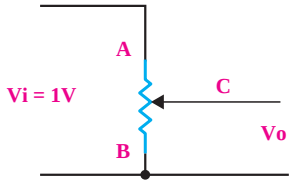
شکل۵-۲ ساختمان داخلی مقاومت متغیر

علامت قرار دادی برای نمایش یک مقاومت متغیر را در شکل ۶-۲ ملاحظه می کنید.



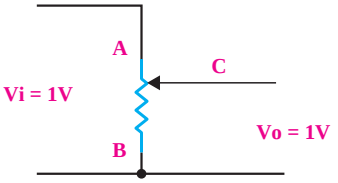
شکل۶-۲علامت قراردادی مقاومت متغیر

بیشترین کاربرد مقاومت‌های متغیر در تقسیم ولتاژ است. این روش اتصال در شکل ۶-۲ را پتانسیومتر می گویند. پتانسیومتر را برای تغییر حجم صدای یک وسیله‌ی صوتی به کار می‌برند. در شکل ۷-۲ با تغییر سر وسط مقاومت متغیر، می‌توان ولتاژ خروجی را از صفر تا یک ولت تغییر داد.



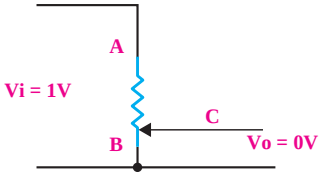
شکل۷-۲ اتصال مقاومت متغیر به صورت پتانسیومتر

اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A قرار داشته‌باشد، ولتاژ خروجی برابر با یک ولت می‌شود، شکل ۸-۲.



شکل ۸-۲ سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A

اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B قرار گیرد، ولتاژ خروجی برابر با صفر ولت می‌شود، شکل ۹-۲.



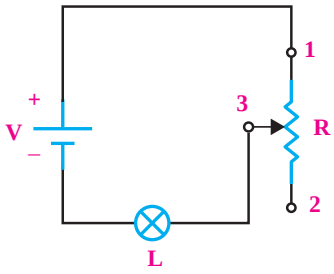
شکل ۹-۲ سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B

CarGeek.Live

CarGeek.Live

اگر سر وسط پتانسیومتر بین A و B حرکت کند، ولتاژ خروجی بین صفر تا یک ولت تغییر می‌کند.

روش دیگر اتصال مقاومت متغیر به مدار، اتصال به صورت رئوستا است. **در حالت رئوستایی جریان مدار قابل تنظیم است.** در این حالت تنها از دو پایهٔ مقاومت متغیر استفاده می‌شود، شکل ۱۰-۲.



شکل ۱۰-۲ اتصال مقاومت متغیر به صورت رئوستا

هر گاه از یک پایهٔ ثابت و پایهٔ متغیر مقاومت متغیر استفاده شود، در اصطلاح گفته‌می‌شود که مقاومت متغیر در حالت رئوستایی قرار گرفته است.

۲-۱-۳ مقاومت وابسته به حرارت «ترمیستور»

(Thermistor – Thermally sensitive Resistor)

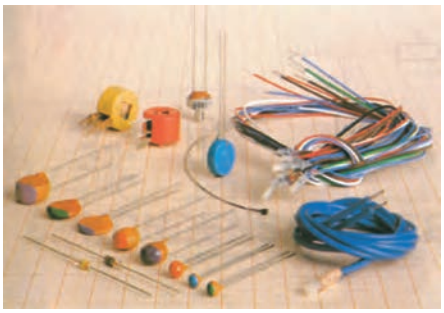
این مقاومت‌ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آن‌ها اثر می‌گذارد.

ترمیستورها در دو نوع:

NTC (Negative Temperature Coefficient) و

PTC (Positive Temperature Coefficient) وجود دارند.

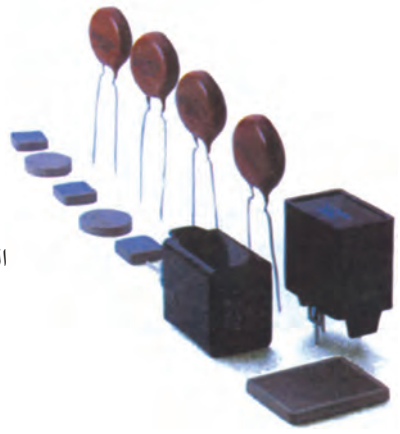
• **مقاومت حرارتی NTC:** NTC ترمیستوری است که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت آن کاهش می‌یابد. در شکل ۱۱-۲ چند نمونه مقاومت NTC و علامت اختصاری آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۱-۲ چند نمونه از مقاومت های NTC و علامت اختصاری آن

• **مقاومت حرارتی PTC:** PTC ترمیستوری است که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت آن افزایش می یابد. در شکل ۱۲-۲ چند نمونه از مقاومت‌های PTC و علامت اختصاری آن‌ها را مشاهده می‌کنید.

الف – علامت اختصاری



ب– شکل ظاهری

شکل ۱۲-۲ چند نمونه مقاومت های PTC همراه علامت اختصاری

۲-۱-۴ مقاومت وابسته به نور «فتو رزیستور»

(Photo Resistor)

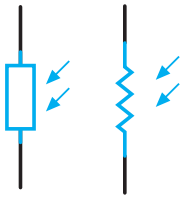
مقدار مقاومت تابع نور (LDR) وابسته به شدت نور تابیده شده به آن است. هر قدر شدت نور بیشتر شود، مقدار مقاومت فتو رزیستور کاهش می‌یابد.

در شکل ۱۳-۲ شکل ظاهری و علامت اختصاری این مقاومت‌ها نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

الف- شکل ظاهری

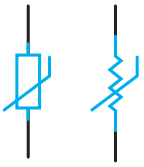


ب- علامت اختصاری

شکل ۱۳-۲ تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

۵-۱-۲ مقاومت وابسته به ولتاژ «واریستور» (Voltage Dependent Resistor)

مقاومت‌های متغیری هستند که مقدار مقاومت آن‌ها، در برابر ولتاژهای مختلف ثابت نیست و تغییر می‌کند. در این مقاومت‌ها که به VDR معروف هستند، هر قدر ولتاژ داده شده بیشتر شود، مقدار مقاومت کاهش می‌یابد، شکل ۱۴-۲.



شکل ۱۴-۲ شکل ظاهری واریستور و نماد آن

۲-۲ مشخصه‌های مقاومت

هر مقاومت ثابت یا متغیر، دارای مشخصه‌هایی است که به شرح تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم.

۱-۲-۲ مقدار مقاومت و تولرانس

هر مقاومت، دارای یک مقدار ثابت همراه با تولرانس است. درصد خطایی که مقدار یک مقاومت دارد را تولرانس می‌نامند. تولرانس قابل قبول در مقاومت به نوع کاربرد مقاومت‌ها در مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی بستگی دارد.

مقاومت‌ها را در عمل با تولرانس‌های ۲۰٪، ۱۰٪ و ۵٪ می‌سازند. برای دستگاه‌های اندازه‌گیری حساس، مقاومت‌هایی با تولرانس ۲/۵٪، ۲٪، ۱٪ و ۰/۵٪ نیز وجود دارد. یک مقاومت ۱۰Ω با تولرانس ۱۰ ٪ مقاومتی بین ۹Ω تا ۱۱Ω دارد. اگر فرض کنیم که در مدارهای الکترونیکی تولرانس ۲۰٪ (درصد خطا) قابل قبول است و ما نیاز به یک مقاومت ۹/۵Ω داشته‌باشیم، می‌توانیم از یک مقاومت ۱۰Ω ±۱۰٪ استفاده کنیم. اگر قرار باشد هر مقاومت با هر مقدار دلخواه که ما نیاز داشته باشیم را بسازند، تعداد مقاومت‌های ساخته شده بی‌نهایت زیاد می‌شوند که در عمل امکان‌پذیر نیست. ولی با پذیرش درصد خطای مجاز معینی، تعداد مقاومت‌ها از نظر مقدار به شدت کاهش می‌یابد. برای مثال اگر تولرانس ۲۰٪ را بپذیریم، در یک فاصلهٔ ده‌تایی (۱Ω تا ۱۰Ω) تعداد مقاومت‌ها به ۶ عدد کاهش می‌یابد. این ۶ مقاومت می‌توانند تمام محدودهٔ یک تا ده اهم را با ۲۰٪ خطا پوشش دهند،(جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲

۱	۱/۵	۲/۲	۳/۳	۴/۷	۶/۸

در جدول ۱-۲ هر مقاومتی که لازم داشته باشیم را می‌توانیم حداکثر با ۲۰٪ کمتر یا ۲۰٪ بیشتر از یکی از اعداد جدول انتخاب کنیم. به مقاومت‌های جدول ۱-۲ مقاومت‌های سری E۶ می‌گویند. یا به عبارت دیگر در سری مقاومت‌های E۶ تولرانس مقاومت‌ها ۲۰٪ است.

اگر تولرانس را ۱۰٪ در نظر بگیریم، تعداد مقاومت‌ها مطابق سطر دوم جدول ۲-۲ در فاصله یک ده تایی(۱Ω تا

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰Ω) برابر با ۱۲ عدد می‌شود. در جدول ۲-۲ هر مقاومتی را که در یک دهه لازم داشته باشیم می‌توانیم حداکثر با ۱۰٪ کمتر یا ۱۰٪ بیشتر انتخاب کنیم. به مقاومت‌های سطر دوم جدول ۲-۲ سری E۱۲ می‌گویند.

به عبارت دیگر در سری مقاومت‌های E۱۲، تولرانس ۱۰٪ است. این سری مقاومت‌ها پرکاربردترین مقاومت‌ها در الکترونیک هستند. اگر تولرانس را ۵٪ در نظر بگیریم تعداد مقاومت‌ها در فاصله یک ده‌تایی (۱Ω تا ۱۰Ω) مطابق سطر سوم جدول ۲-۲ برابر با ۲۴ عدد می شود. به اعداد سطر سوم جدول ۲-۲ مقاومت‌های سری E۲۴ می‌گویند.

جدول ۲-۲ جدول سری های استانداردی مقاومت

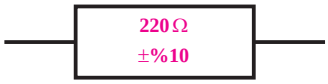
IEC-Series	E6	1.0				1.5				2.2				3.3				4.7				6.8			
	E12	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.8		6.8		8.2	
	E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

اعداد جدول ۱-۲ و ۲-۲ را اعداد پایه می گویند.

با تقسیم کردن این اعداد بر ۱۰، ۱۰۰ یا ضرب کردن آن‌ها در ۱۰، ۱۰۰، ۱K، ۱۰K، ۱۰۰K و یا ۱M مقاومت‌های جدیدی به دست می‌آید. مثلا برای عدد ۲/۲ مقاومت‌هایی مانند ۰/۰۲۲Ω، ۰/۲۲ Ω، ۲/۲ Ω، ۲۲Ω، ۲۲۰Ω، ۲/۲K، ۲۲K، ۲۲۰K، ۲/۲M و ۲۲M ساخته می‌شود.

مقدار اهمی و تولرانس یک مقاومت را معمولا به سه صورت مشخص می کنند.

الف: مقدار مقاومت و تولرانس را مستقیما روی مقاومت می‌نویسند. شکل ۱۵-۲ یک نمونه این نوع مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-۲ مقدار مقاومت و تولرانس آن مستقیماً روی مقاومت نوشته می‌شود .

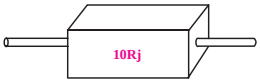
ب: مقدار مقاومت را مستقیماً می‌نویسند و به جای واحد اهم از حرف Rو به جای تولرانس طبق جدول ۳-۲ از حروف J، K، M استفاده می کنند. در ضمن حروف R اهم، K(کیلو اهم) و M(مگا اهم)، علاوه بر نمایش مقدار مقاومت، به جای ممیز نیز به کار می‌رود.

جدول ۳-۲ حروف اختصاری تولرانس برای مقاومت‌های سیمی

حروف اختصاری	J	K	M
مقدار تولرانس	±٪۵	±٪۱۰	±٪۲۰

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می‌پردازیم.

مثال ۱: مقدار مقاومت و تولرانس مقاومت‌های نشان داده شده در شکل ۱۶-۲ چه قدر است؟



الف ۱۰Rj = ۱۰Ω ± %۵

ب ۳۳KK = ۳۳KΩ ± %۱۰

ج ۴K۷M = ۴/۷KΩ ± %۲۰

شکل ۱۶-۲ سه نمونه مقاومت

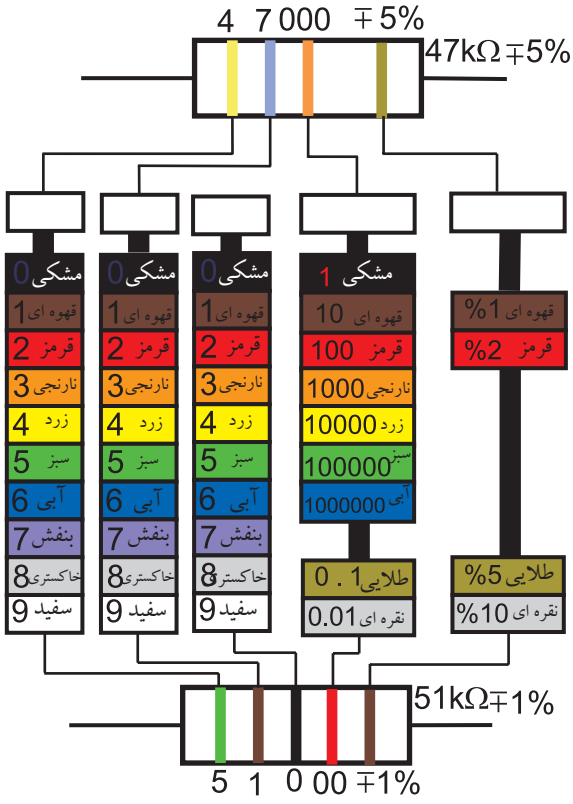
ج: مقدار مقاومت و تولرانس آن را با استفاده از نوارهای رنگی روی بدنهٔ مقاومت مشخص می کنند. نوارهای رنگی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

را معمولاً برای مقاومت‌های کوچک که امکان نوشتن و خواندن مقاومت به طور مستقیم بر روی آن وجود ندارد به کار می‌برند. تعداد نوارهای رنگی چهار یا پنج عدد است. در مقاومت‌های با چهار نوار رنگی ، مطابق شکل ۱۷-۲، رنگ نوار اول و دوم نماد اعداد صحیح و رنگ نوار سوم نماد ضریب و رنگ نوار چهارم نماد تولرانس مقاومت است. در مقاومت‌های با ۵ نوار رنگی، رنگ نوار اول و دوم و سوم نماد اعداد صحیح، رنگ نوار چهارم نماد ضریب و رنگ نوار پنجم نماد تولرانس است.

در شکل ۱۷-۲ چگونگی خواندن مقاومت‌های با چهار نوار رنگی و پنج نوار رنگی نشان داده شده است.



شکل۱۷-۲ تعیین مقدار و تولرانس مقاومت ها با کد ۴ نوار رنگی و ۵ نوار رنگی

توجه

در مقاومت‌هایی که دارای چهار نوار رنگی هستند:

۱- اگر حلقه‌ی رنگی چهارم وجود نداشته باشد(بدون رنگ)، مقدار تولرانس ۲۰٪ است.

۲- نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه‌ی اول و حلقه‌ی چهارم به‌کار نمی‌رود.

توجه

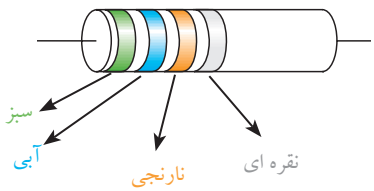
در مقاومت‌هایی که دارای پنج نوار رنگی هستند:

۱- اگر حلقه‌ی رنگی پنجم وجود نداشته باشد(بدون رنگ)، مقدار تولرانس ۲۰٪ است.

۲- نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه‌ی اول و حلقه‌ی پنجم به کار نمی‌رود.

برای آشنایی بیشتر با روش خواندن کد رنگی مقاومت‌ها به ذکر چند مثال می پردازیم.

مثال ۲: در شکل ۱۸-۲ مقدار مقاومت و تولرانس آن چقدر است؟



شکل ۱۸-۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

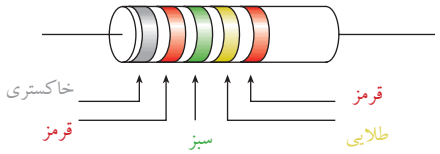
حل:

نقره ای – نارنجی – آبی – سبز

R= ۵ ۶ ۰۰۰ ٪۱۰

R= ۵۶۰۰۰ Ω±٪۱۰

مثال۳: در شکل ۱۹-۲ مقدار مقاومت اهمی و تولرانس آن چقدر است؟



شکل ۱۹-۲

حل:

قرمز– طلایی –سبز – قرمز – خاکستری

R= ۸ ۲ ۵ ۰/۱ ٪۲

R= ۸۲۵×۰/۱=۸۲/۵ Ω±٪۲

۲-۲-۲ توان مجاز مقاومت

وقتی از یک مقاومت جریانی عبور می کند ، مقاومت گرم می‌شود . به عبارت دیگر مقداری توان در آن تلف می‌شود. هر مقاومت با توجه به ابعاد فیزیکی خود می‌تواند توان معینی را تحمل کند. به عبارت دیگر یک مقاومت را برای تحمل توان معینی می‌سازند. بنابر این توان تلف شده در یک مقاومت نباید از مقدار تعیین شده توسط کارخانهٔ سازنده بیشتر شود. در غیر این صورت ممکن است مقاومت آسیب ببیند. مقاومت‌ها را با توان‌های($\frac{۱}{۴}$W) ، ۰/۲۵W ($\frac{۱}{۲}$W) ، ۰/۵W، ۱W، ۲W ، ۵W و ۱۰W و بالاتر می‌سازند.

ماکزیمم مقدار توان مجاز به عوامل گوناگونی مانندولتاژ، جریان و دمای محیط بستگی دارد.

۲-۲-۳ ضریب حرارتی

آن چه که در مورد مشخصات مقاومت گفته شد، در دمای اتاق صادق است. اما در دماهای کم‌تر یا بیش‌تر، معمولاً مقدار مقاومت کلیهٔ اجسام تغییر می کند. تغییر مقاومت بر اثر حرارت اجسام مختلف متفاوت است.

بنابراین باید برای هر جسم ضریبی را تعریف کرد که آن را «ضریب حرارتی» می‌نامند. تغییرات مقاومت در برابر تغییر یک درجه سانتی گراد را ، **ضریب حرارتی** می‌نامند و آن را با «α» نمایش می‌دهند.

برای مثال اگر α =۰/۰۰۴ باشد، یعنی این که مقاومت این جسم در برابر تغییر یک درجه سانتی گراد، ۰/۰۰۴ اهم افزایش یا کاهش می یابد.

اگر مقاومت الکتریکی جسمی بر اثر حرارت افزایش یابد، ضریب حرارتی «α» مثبت است. در صورتی که در اثر حرارت مقدار مقاومت کاهش یابد، ضریب حرارتی «α» منفی است.

۲-۳ اهم‌متر

برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی، از دستگاهی به نام اهم‌متر (مقاومت سنج) استفاده می‌شود. در شکل ۲۰-۲ یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی نشان داده شده است. این نوع اهم‌مترها، معمولا در دسترس همگان قرار ندارد و بیش‌تر به صورت آزمایشگاهی ساخته می‌شود.

برای اندازه‌گیری مقاومت با اهم‌متر، کافی است که ابتدا به کمک سیم رابط، دو پایانهٔ (ترمینال) محل اتصال مقاومت اهمی را به هم اتصال کوتاه کنیم و ولوم تنظیم صفر را طوری تنظیم کنیم که عقربه روی عدد صفر قرار گیرد. سپس سیم‌های رابط را جدا و مقاومت اهمی را به دو سر آن وصل

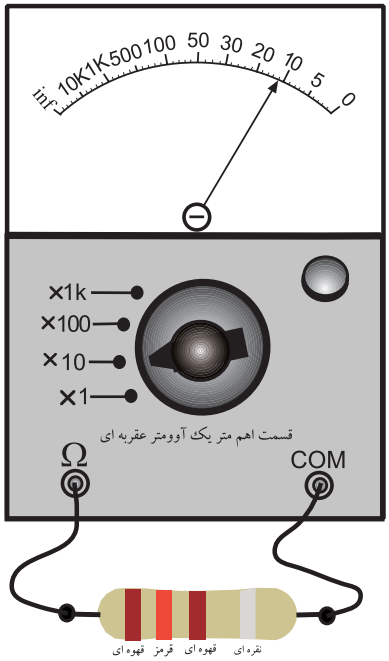
CarGeek.Live

CarGeek.Live

کنیم. عقربه مقداری را نشـان می‌دهـد، آن مقدار را در عدد کلید رنـج حوزهٔ کار ضرب می‌کنیم و مقـدار مقاومت را به دست می‌آوریم.

شکل ۲۰-۲ یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی

در شـکل ۲۱-۲ کلید رنج اهم‌متر روی ۱۰× قرار دارد و عقربه عدد ۱۲ را نشان می‌دهد. بنابراین مقدار مقاومت برابر با ۱۲۰Ω است. ۱۲×۱۰=۱۲۰Ω



شکل ۲۱-۲ اهم‌متر مقدار مقاومت را ۱۲۰Ω نشان می دهد.

اهم‌مترهایی که در دسـترس همگان قرار دارد به صورت فقط اهم‌متر نیسـت بلکه ترکیبی از میلی‌آمپرمتر و ولت‌متر و اهم‌متر اسـت. به این دسـتگاه مولتی‌متر یا آوومتر می‌گویند. بعضـی از مولتی‌مترها علاوه بر اندازه‌گیـری ولتاژ، جریان و مقاومت اهمی، کمیت‌هـای دیگری مانند فرکانس و ظرفیت خازن را نیز اندازه می‌گیرند.

در شکل ۲۲-۲ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای نشان داده شده است.

شکل ۲۲-۲ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای (آنالوگ)

هـر مولتی‌متـر دارای تعـدادی کلید سـلکتور دورانی یا کشویی است. با تنظیم این کلیدها می‌توان از دستگاه به عنوان ولت‌متر، آمپرمتر یا اهم‌متر مستقل استفاده کرد.

بـرای خواندن مقادیر ولتاژ و جریـان می‌توانیم از ضریب ثابـت سـنجش اسـتفاده کنیم. در شـکل ۲۳-۲ یـک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای را مشاهده می‌کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

شکل ۲۳-۲ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای (آنالوگ)

نوع دیگری از مولتی‌مترها که امروزه به فراوانی در دسترس عموم قرار دارد، مولتی‌متر دیجیتالی است. در مولتی‌متر دیجیتالی به جای حرکت عقربه، مقادیر به صورت رقم و عدد روی صفحهٔ نمایش نوشته می‌شود و علاوه بر عدد معمولاً واحد کمیت نیز قابل مشاهده است. در شکل ۲۴-۲ دو نمونه مولتی‌متر دیجیتالی نشان داده شده است.

شکل ۲۴-۲ دو نمونه مولتی متر دیجیتالی

اکثر مولتی‌مترهای دیجیتالی دارای حوزه کار(رنج خودکار اتوماتیک) برای ولتاژ و مقاومت اهمی هستند. به این معنی که برای اندازه‌گیری ولتاژ یا مقاومت اهمی ، نیاز به انتخاب رنج ندارند. برای اندازه‌گیری ولتاژ، کلید سلکتور اصلی را روی رنج ولتاژ (V) قرار می‌دهیم و ولتاژ را بدون توجه به مقدار آن به پایانه‌های مربوط به ولتاژ وصل می‌کنیم. برای اندازه‌گیری مقاومت، کلید سلکتور اصلی را روی حوزهٔ کار (رنج) اهم (Ω) قرار می‌دهیم و پایانه‌های مولتی‌متر را به مقاومت اتصال می‌دهیم. در این حالت، مقاومت همراه با واحد آن روی صفحه نمایش (Display) مولتی‌متر نشان داده می‌شود. در شکل ۲۵-۲ یک نمونه دیگر مولتی‌متر دیجیتالی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۵-۲ یک نمونه دیگر از مولتی‌متر دیجیتالی

نکته : هنگام اندازه‌گیری ولتاژ توسط مولتی‌متر دیجیتالی باید به مقدار مجاز ولتاژ که توسط کارخانه‌ی سازنده داده می‌شود توجه کنید.

مثلاً چنان‌چه مقدار ماکزیمم قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه ۱۰۰۰ ولت است، نباید آن را به ولتاژ بیش‌تر از ۱۰۰۰ ولت متصل نمایید.

حفاظت از دستگاه‌های اندازه‌گیری و استفادهٔ بهینه از آن‌ها، عامل مؤثر در حفاظت از ثروت ملی است.

CarGeek.Live

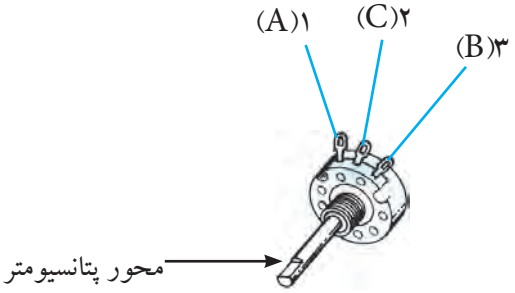
CarGeek.Live

۲-۴ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۲-۴-۱ هدف آزمایش:

تحلیل عملی رفتار مقاومت‌های متغیر، وابسته به نور و وابسته به حرارت در فضای آزمایشگاهی



شکل ۲۶-۲ یک نمونه مقاومت متغیر

۲-۴-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۲	مولتی متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	هویه قلمی	یک دستگاه
۴	مقاومت متغیر ۱۰kΩ	یک عدد
۵	مقاومت وابسته به نور (LDR)	یک عدد
۶	مقاومت وابسته به حرارت (NTC یا PTC)	یک عدد
۷	سیم رابط یک سر گیره دار	شش رشته
۸	سیم رابط تلفنی	دو رشته

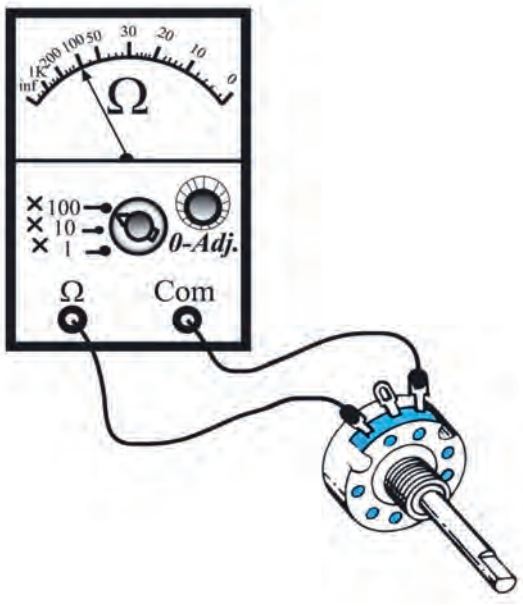
۲-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف- بررسی تغییرات مقاومت اهمی مقاومت متغیر

وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مقدار مقاومت بین دو پایه‌ی ۱ و ۳ را مطابق شکل ۲۷-۲ با اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R_{AB} =.....KΩ



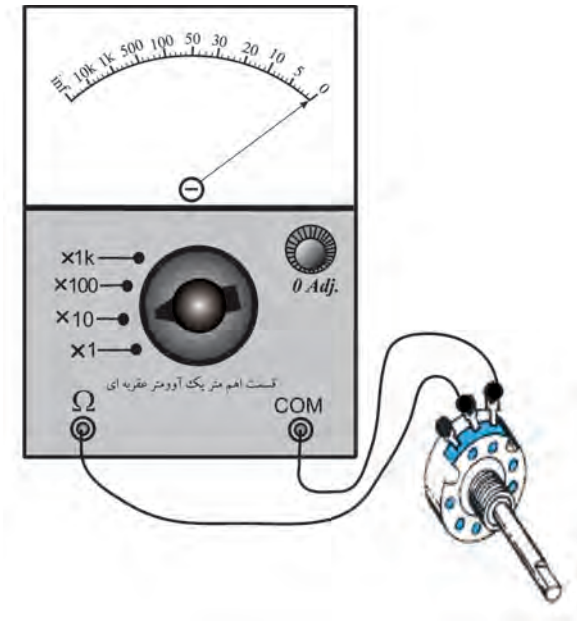
شکل ۲۷-۲ اندازه‌گیری مقاومت متغیر

سوال ۱ : هنگامی که مقاومت بین پایه‌ی ۱ و ۳ را با اهم‌متر اندازه می‌گیرید، محور مقاومت متغیر را بچرخانید؛ آیا مقاومت اهمی در این حالات تغییر می‌کند؟ چرا؟ توضیح دهید.

■ پایه‌ی ۲ و ۳ مقاومت متغیر را مطابق شکل ۲۸-۲ به اهم متر وصل کنید. محور مقاومت متغیر را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید. مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد، بخوانید و مقدار آن را یادداشت کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۲۸-۲ اندازه‌گیری مقاومت پایه‌های ۲ و ۳ مقاومت متغیر

مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ در حالتی که محور مقاومت متغیر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به طور کامل چرخیده است .	R= ..... Ω

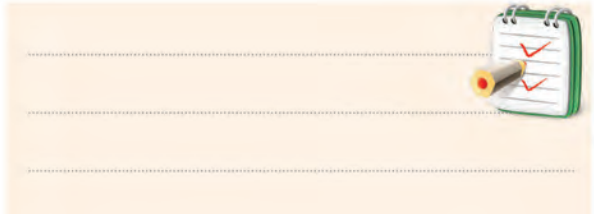
■ محور پتانسیومتر را تقریبا تا وسط بچرخانید و مقدار مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد، بخوانید و یادداشت کنید.

مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ در حالتی که محور مقاومت متغیر تا وسط چرخیده است .	R= ..... Ω

■ مقاومت متغیر را در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ هنگامی که محور مقاومت متغیر در خلاف جهت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخیده است .	R= ..... Ω

سوال ۲ : آیا مقدار اهمی مقاومت متغیر با تغییر محور مقاومت متغیر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت تفاوت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.



توجه

در این آزمایش نوع مقاومت‌های وابسته‌ی PTC، LDR ، VDRو NTC تعیین نشده است. نوع قطعات با توجه به امکانات هنرستان و بازار تعیین می‌شود.

موضوع ب- بررسی اثر تغییرات حرارت روی مقاومت اهمی وابسته به حرارت (PTC یا NTC)

■ یک هویه قلمی را در اختیار بگیرید.

■ مقاومت آن را در حالی که سرد است با استفاده از اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

هویه سرد R= ..... Ω

CarGeek.Live

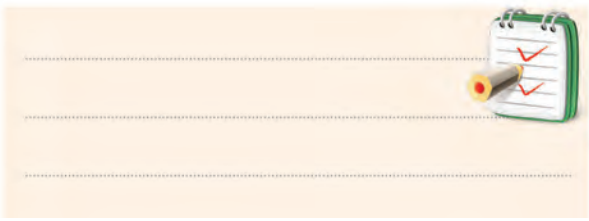
CarGeek.Live

■ هویه را به برق وصل کنیـد و مدتی صبر کنید تا گرم شود.

■ مقدار مقاومت هویه را در حالت گرم با کمک اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R= ..... Ω هویه گرم

سوال ۳ : مقدار مقاومت‌ها را با هم مقایسه کنید . آیا در اثر گرما مقدار مقاومت زیاد شده است ؟ شرح دهید .



■ یک مقاومت NTC را انتخاب کنید .

■ اهم‌متر را به دو سر مقاومت NTC وصل کنید.

■ مقدار مقاومت اهمی NTC سـرد را انـدازه بگیرید و یادداشت کنید .

R_{NTC} (سرد) =..... Ω

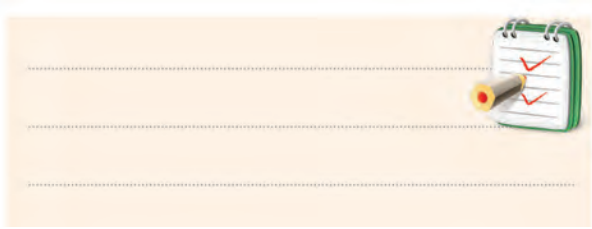
■ هویه را به برق وصل کنیـد و مدتی صبر کنید تا گرم شود.

■ هویـه را به مقاومت NTC نزدیـک نمایید ولی به آن نچسبانید.

■ با اسـتفاده از اهم‌متـر مقدار مقاومـت NTC را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R_{NTC} (گرم) =..... Ω

سوال ٤: مقادیر مقاومت NTC در دو حالت گرم و سرد را با هم مقایسه کنید و درباره‌ی آن توضیح دهید.



موضـوع ج- اثر تغییر نـور روی مقدار اهمی مقاومت وابسته به نور(LDR)

■ اهم‌متر را به دو سـر یک نمونه مقاومت وابسـته به نور (LDR) وصل کنید.

■ مقدار اهمی مقاومت را بخوانید و یادداشت کنید.

R_{LDR} =..... Ω در نور زیاد

■ سطح LDR را کمی بپوشانید و مقدار نور تابیده شده به LDR را کاهش دهید.

■ اهم متر را مجدداً به دو سـر LDR وصل کنید و مقدار مقاومت را بخوانید و یادداشت کنید.

R_{LDR}=..... Ω در نور کم

■ سطح LDR را کاملاً بپوشانید.

■ نور تابیده به LDR را کاملاً قطع کنید.

■ مقدار مقاومـت LDR را در حالـت تاریکی کامل با وصل کردن اهم متر به آن بخوانید و یادداشت کنید.

R_{LDR} =..... Ω در تاریکی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۵: مقدار مقاومت LDR با تغییر شرایط نوری چه تغییری می‌کند؟ شرح دهید.

۲-۴-۴ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف-

ب-

ج-

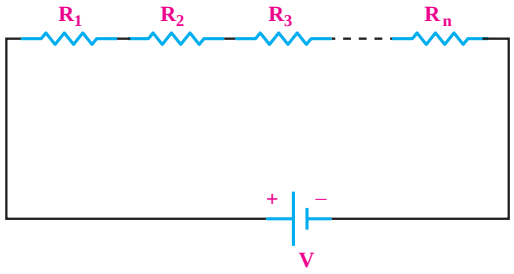
۲-۵ اتصال مقاومت‌ها به یکدیگر

۲-۵-۱ سری بستن مقاومت‌ها:

اگر در یک مدار الکتریکی دو یا چند مصرف کننده به گونه‌ای به هم بسته شوند که جریان عبوری از هر یک از آن‌ها یکسان باشد، می‌گوییم مصرف کننده‌ها با هم سری بسته شده‌اند. مصرف کننده‌ها می‌توانند مقاومت‌های مساوی یا غیر مساوی نیز باشند. در شکل ۲-۲۹ دو عدد لامپ با یکدیگر به صورت سری بسته شده‌اند.

شکل ۲-۲۹ مدار واقعی دو لامپ به صورت سری

در یک مدار سری، مقاومت‌ها (مصرف کننده‌ها) طوری به هم متصل می‌شوند که انتهای مقاومت اول به ابتدای مقاومت دوم و انتهای مقاومت دوم به ابتدای مقاومت سوم وصل می‌شود و به همین ترتیب تا آخرین مقاومت ادامه می‌یابد، شکل ۲-۳۰.



شکل ۲-۳۰ نقشه‌ی فنی مدار سری

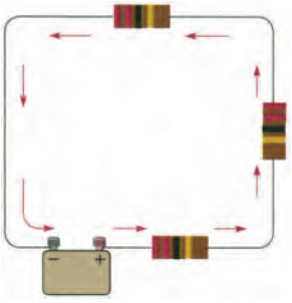
CarGeek.Live

CarGeek.Live

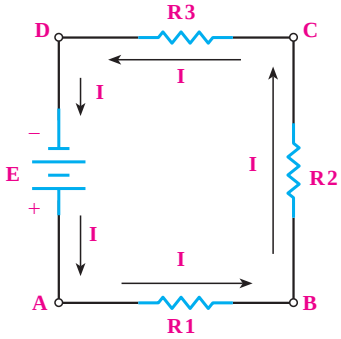
توجه

ابتدا و انتهـــای مقاومت انتخابی است و توسط ما انتخاب می‌شود.

در مدار سری فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد، شکل ۳۱-۲.



الف - شکل واقعی



ب- نقشه‌ی فنی مدار

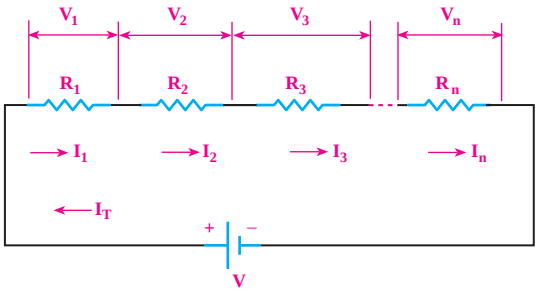
شکل ۳۱-۲

مقاومت معادل در مدار سری:

- مقاومت کل در مدار سری برابر با مجموع مقاومت‌های مدار است، شکل ۳۲-۲.

$$R_T=R_1+R_2+R_3+.....+R_n$$

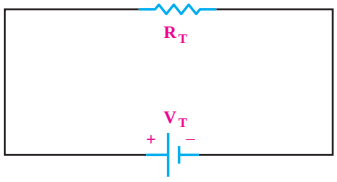
$$I_T=I_1=I_2=I_3=.....=I_n$$



شکل ۳۲-۲ جریان‌ها و ولتاژها در مدار سری

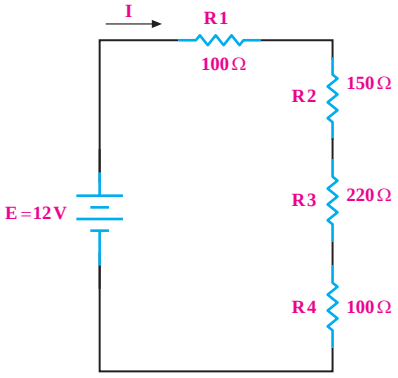
همیشـــه می‌توانیم مقاومت معادل R_T را جایگزین کلیه‌ی مقاومت‌های سری موجود در مدار نماییم.

شکل ۳۳-۲ مدار معادل شکل ۳۲-۲ را نشان می‌دهد.



شکل۳۳-۲ مدار معادل شکل ۳۲-۲

مثال٤: مقاومت معادل در شکل ۳۴-۲ چند اهم است؟



شکل۳۴-۲

حل:

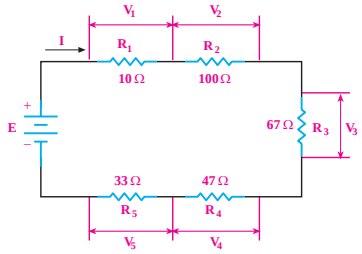
رابطهٔ مقاومت‌ها را می‌نویسیم:

$$R_T=R_1+R_2+R_3+R_4$$

اعداد را جایگزین می کنیم:

$$R_T=100+150+220+100 \qquad R_T=570\ \Omega$$

مثال ٥ : مقاومت معادل در شکل ۳۵-۲ چند اهم است؟



شکل ۳۵-۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل:

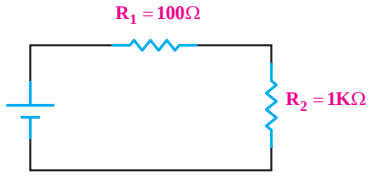
رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار سری را می‌نویسیم:

$R_T=R_1+R_2+R_3+R_4+R_5$

اعداد را جایگزین می‌کنیم:

$R_T=10+100+67+47+33$ $\qquad R_T=257\ \Omega$

مثال ۶: مقاومت معادل دو مقاومت سری شکل ۲-۳۶ چند اهم است؟



شکل ۲-۳۶

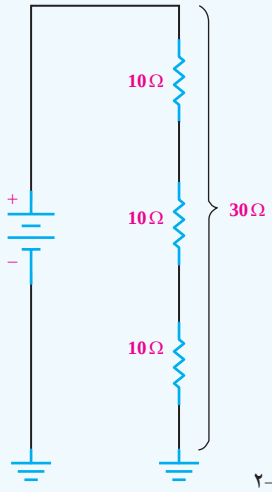
حل:

$R_T=R_1+R_2$

$R_T=100(\Omega)+(1\times1000)(\Omega)\Longrightarrow R_T=1100\ \Omega$

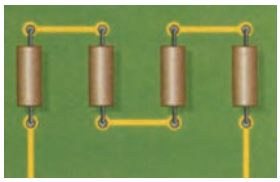
نکته: هرگاه چند مقاومت مساوی به صورت سری به یکدیگر اتصال یابند، مقدار مقاومت معادل از حاصل ضرب تعداد مقاومت‌ها در مقدار یک مقاومت به دست می‌آید، شکل ۲-۳۷.

$R_1=R_2=R_3=R\Longrightarrow R_T=n.R$



شکل ۲-۳۷

مثال ۷: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مانند شکل ۲-۳۸ به هم اتصال یابند، مقاومت معادل مدار چند اهم است؟



شکل ۲-۳۸ اتصال چهار مقاومت مساوی به صورت سری روی برد مدار چاپی

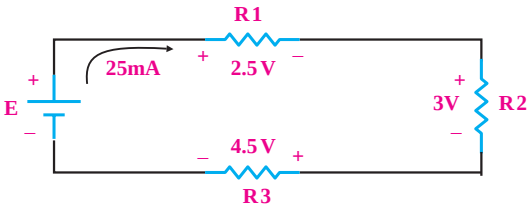
حل:

با توجه به شکل ۲-۳۸ مدار به صورت سری است و مقاومت‌ها از نظر مقدار با هم برابر هستند پس می‌توانیم بنویسیم:

$R_T=n.R$

$R_T=4\times33\Longrightarrow R_T=132\ \Omega$

مثال ۸: با توجه به شکل ۲-۳۹ مقدار مقاومت هر یک از مقاومت‌های R_1، R_2، R_3 را حساب کنید.



شکل ۲-۳۹ محاسبه مقادیر مجهول در مدار سری و تحقیق قانون اهم

حل:

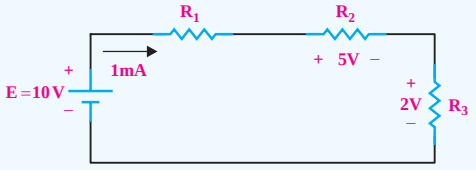
در این مدار، جریان کل و ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌ها را داریم. با استفاده از قانون اهم، مقدار هر مقاومت را محاسبه می‌کنیم.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{2/5v}{25mA} \Rightarrow R_1 = 100\Omega$$
$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{3v}{25mA} \Rightarrow R_2 = 120\Omega$$
$$R_3 = \frac{V_3}{I} = \frac{4/5v}{25mA} \Rightarrow R_3 = 180\Omega$$

تمرین کلاسی ۱ : مقدار مقاومت هر یک از مقاومت‌های R_1، R_2، R_3 را در شکل ۲-۴۰ به دست آورید.

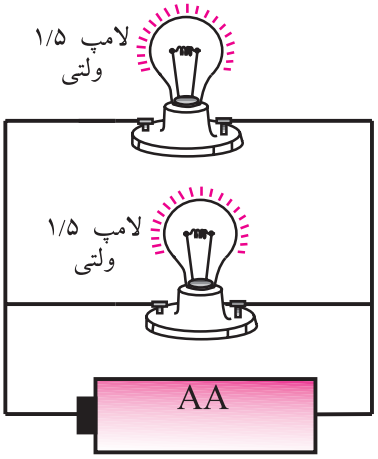


شکل ۲-۴۰

۲-۵- موازی بستن مقاومت‌ها

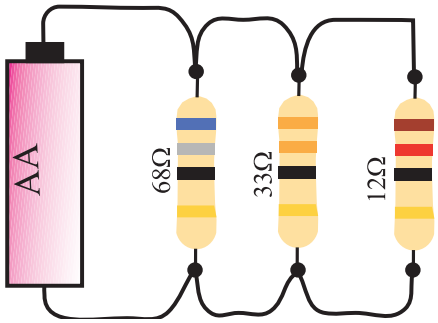
تعریف مدار موازی

اگر در یک مدار الکتریکی، دو یا چند مصرف‌کننده طوری به هم متصل شوند که ولتاژ دو سر آن‌ها با هم برابر باشد، می‌گوییم مصرف‌کننده‌ها با هم به صورت موازی بسته شده اند. شکل ۲-۴۱ دو عدد لامپ ۱/۵ ولتی را نشان می‌دهد که با یکدیگر موازی بسته شده‌اند.

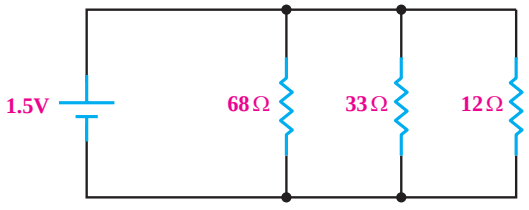


شکل ۲-۴۱ مدار موازی

شکل ۲-۴۲، سه عدد مقاومت را که به صورت موازی بسته شده اند نشان می‌دهد. برای بیان محاسبات مدار، به جای استفاده از تصاویر واقعی از نقشه‌ی فنی استفاده می‌کنند. در نقشه‌ی فنی به جای هر قطعه، از علامت قرار دادی یا نماد آن قطعه استفاده می‌کنند. در شکل ۲-۴۳ نقشه‌ی فنی مدار شکل ۲-۴۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴۲ سه عدد مقاومت با یکدیگر موازی شده‌اند



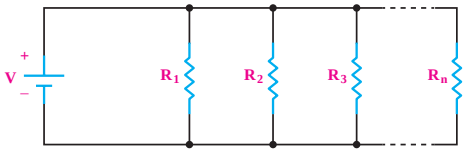
شکل ۲-۴۳ نقشه‌ی فنی مدار شکل ۲-۴۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقاومت معادل در یک مدار موازی

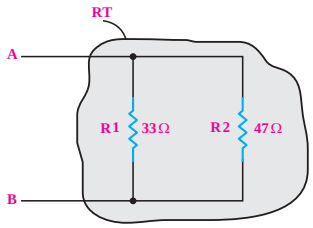
برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی نشان داده شده در شکل ۴۴-۲ از رابطه‌ی R_T که در زیر آمده است، استفاده می کنیم.



شکل ۴۴-۲ بررسی معادل در مدار موازی

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+....+\frac{1}{R_n}$$

مثال ۹: مقاومت معادل R_T را در مدار شکل ۴۵-۲ به دست آورید.



شکل ۴۵-۲

حل:

رابطه‌ی مقاومت معادل موازی را می‌نویسیم:

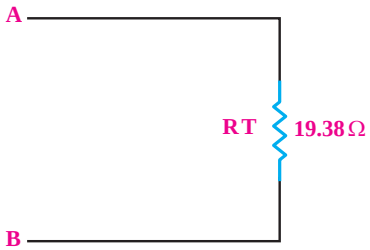
$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$$

اعداد را جایگزین می کنیم و مقدار R_T را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{33}+\frac{1}{47}=\frac{47+33}{33\times47}=\frac{80}{1551}$$

$$R_T=\frac{1551}{80}=19/38\Omega$$

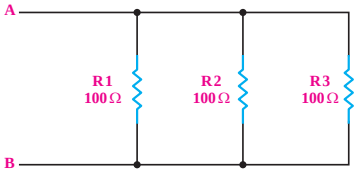
در شکل ۴۶-۲ مقاومت معادل R_1 و R_2 آمده است.



شکل ۴۶-۲

مقاومت‌های موازی را با «||» نشان می‌دهند، مثلاً مقاومت‌های R_1 و R_2 که موازی هستند را به صورت $R_1||R_2$ می‌نویسند.

مثال ۱۰: مقاومت کل R_T را از دو نقطه‌ی A و B در مدار شکل ۴۷-۲ به دست آورید.



شکل ۴۷-۲

حل:

رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را می‌نویسیم:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

اعداد را جایگزین می کنیم و مقدار R_T را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{100}+\frac{1}{100}+\frac{1}{100}=\frac{1+1+1}{100}=\frac{3}{100}$$

$$R_T=\frac{100}{3}=33/33\Omega$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه

اگر n مقاومت مساوی با یکدیگر به صورت موازی بسته شده باشند، برای به دست آوردن مقاومت معادل R_T، مقدار یک مقاومت را به n تقسیم می‌کنیم.

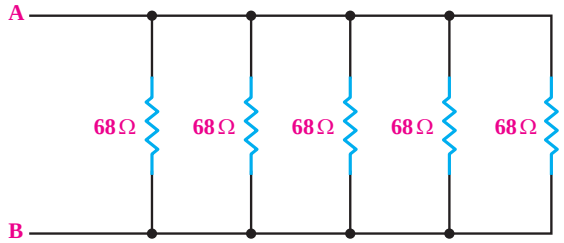
$$R_T = \frac{R}{n}$$

توجه

اگر در مدار موازی، فقط دو عدد مقاومت اهمی وجود داشته باشد، برای به دست آوردن مقاومت معادل آن، از رابطه‌ی زیر نیز می‌توانیم استفاده کنیم.

$$R_T = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

مثال ۱۱: در شکل ۴۸-۲، پنج عدد مقاومت ۶۸Ω با یکدیگر به صورت موازی بسته شده‌اند. مقاومت معادل را در این مدار به دست آورید.

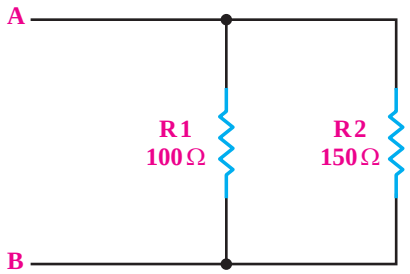


شکل ۴۸-۲

حل:

$$R_T = \frac{R}{n} = \frac{۶۸}{۵} = ۱۳/۶\Omega$$
$$R_T = ۱۳/۶\Omega$$

مثال ۱۲: مقاومت معادل R_T را در مدار شکل ۴۹-۲ به‌دست آورید.

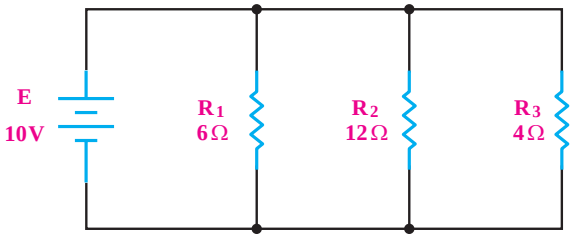


شکل ۴۹-۲

حل:

$$R_T = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۱۰۰ \times ۱۵۰}{۱۰۰ + ۱۵۰} = \frac{۱۵۰۰۰}{۲۵۰} = ۶۰\Omega$$

مثال ۱۳: مقاومت معادل را در مدار شکل ۵۰-۲ به دست آورید.



شکل ۵۰-۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل:

مقاومت‌ها موازی هستند، رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را می‌نویسیم:

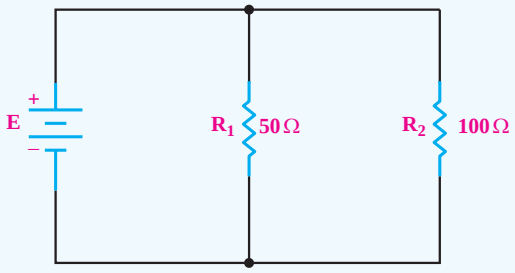
$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$$

اعداد را جایگزین می کنیم و مقدار R_T را به‌دست‌می آوریم:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۴}=\frac{۲+۱+۳}{۱۲}=\frac{۶}{۱۲}$$

$$R_T=\frac{۱۲}{۶}=۲\Omega$$

تمرین کلاسی ۲ : مقدار مقاومت معادل را در شکل ۵۱-۲ به دست آورید.



شکل ۵۱-۲

نکته : مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی از کوچک‌ترین مقاومت موجود در مدار، کوچک‌تر است.

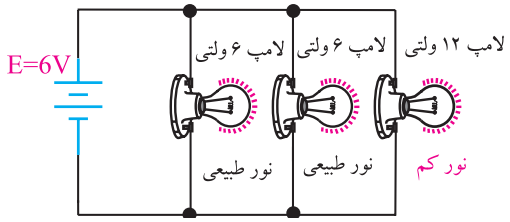
تحقیق کنید: اتصال مصرف کننده ها به برق در سیم‌کشی داخل خانه، سری است یا موازی؟ با ذکر دلیل نتایج را به کلاس ارائه دهید.

۳-۵-۲ به هم بستن مقاومت‌ها به صورت ترکیبی «سری- موازی»

تعریف مدار سری- موازی

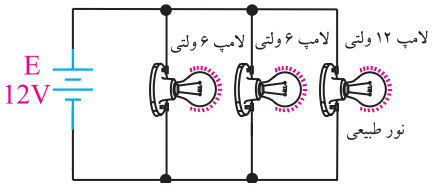
فرض کنید دو عدد لامپ ۶ ولتی یک وات و یک عدد لامپ ۱۲ ولتی یک واتی داریم، می‌خواهیم هر سه لامپ را با یک منبع تغذیه روشن کنیم.حالات زیر اتفاق می‌افتد:

- هر سه لامپ را به صورت موازی ببندیم و به منبع ۶ ولت وصل کنیم. در این صورت لامپ‌های ۶ ولتی نور طبیعی دارند ولی لامپ ۱۲ ولت، نور طبیعی ندارد زیرا ولتاژ تغذیه‌ی آن کم‌تر از ۱۲ ولت است، شکل ۵۲-۲.



شکل ۵۲-۲ نور لامپ ۱۲ ولتی کم است

- هر سه لامپ را به صورت موازی ببندیم و به منبع ۱۲ ولت وصل کنیم. در این صورت لامپ ۱۲ ولتی دارای نور طبیعی است، ولی لامپ‌های ۶ ولتی هر دو می‌سوزند. زیرا به دو سر آن‌ها ولتاژ ۱۲ ولت، بیش‌تر از ولتاژ تغذیه وصل شده است، شکل ۵۳-۲.



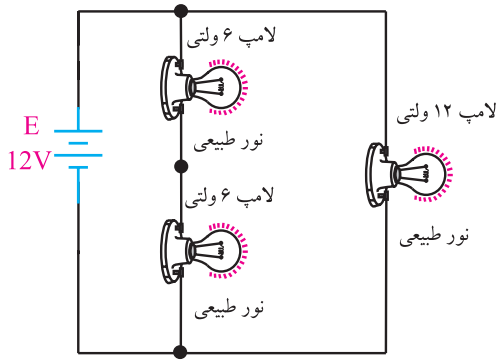
شکل۵۳-۲ در این مدار لامپ‌های ۶ ولتی می‌سوزند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

– دو لامپ ۶ ولتی یک وات را با یکدیگر سری می‌کنیم و به ولتاژ ۱۲ ولت اتصال می‌دهیم. در این صورت به هر لامپ ۶ ولتی، ولتاژی برابر با ۶ ولت می‌رسد و لامپ‌ها با نور طبیعی خود کار می‌کنند.

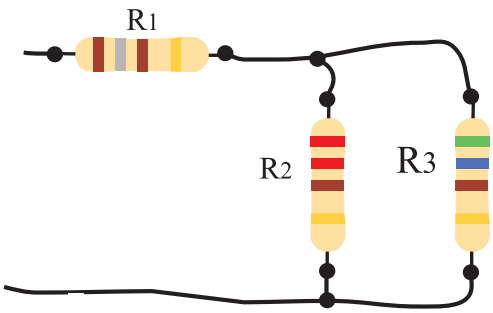
لامپ ۱۲ ولتی را نیز مطابق شکل ۵۴-۲ به مجموعه اضافه می‌کنیم. در این مدار، لامپ ۱۲ ولت نیز با نور طبیعی خود کار خواهد کرد.



شکل ۵۴-۲ هر سه لامپ نور طبیعی دارند.

به مدار الکتریکی شکل ۵۴-۲ مدار «**سری- موازی**» می‌گویند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در مدارهای سری- موازی تعدادی از عناصر با یکدیگر سری و تعدادی دیگر با هم موازی یا با مجموعه‌های سری عناصر، موازی می‌شوند.

در شکل ۵۵-۲ مقاومت‌های R_2، R_3 با یکدیگر موازی هستند و مجموعهٔ این مقاومت‌ها با R_1 به‌صورت سری بسته‌شده‌است. برای تحلیل مقاومت‌ها «سری- موازی» معمولاً باید مدار را به صورت سری یا موازی درآورد. در مدارهای ترکیبی «سری- موازی» قسمت‌هایی از مدار که به صورت سری بسته شده‌اند تمام ویژگی‌های مدار سری را دارند و قسمت‌هایی از مدار که به‌صورت موازی است، تمام خواص مدار موازی را دارد.



شکل ۵۵-۲ یک نمونه مدار مقاومتی سری- موازی

برای محاسبهٔ مقاومت معادل این گونه مدارها به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

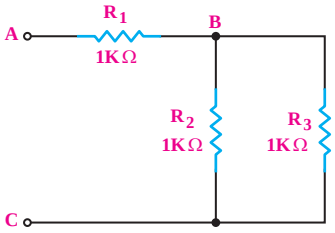
۱- برای ساده کردن مدار از قسمتی شروع می‌کنیم که منبع تغذیه وجود ندارد یا نقاط باز مشخص شده در مدار هستند.

۲- ابتدا مقاومت‌هایی که به صورت سری یا موازی بسته شده‌اند و در یک مجموعه قراردارند را باید با هم ترکیب و ساده کنیم.

۳- برای محاسبهٔ R_T (مجموع=Total) یا R_{eq} (معادل=equivalent) در هر قسمت، از روابط مقاومت معادل در مدارهای سری و موازی استفاده می‌کنیم.

۴- بهتر است از نقطه‌ای شروع کنیم که مدار به تدریج ساده شود و به یک مقاومت معادل برسیم. برای این منظور لازم است قبل از شروع کار، مدار را به‌طور دقیق بررسی کنیم.

مثال ۱۴: مقاومت معادل مدار شکل ۵۶-۲ را به‌دست آورید.



شکل ۵۶-۲

CarGeek.Live

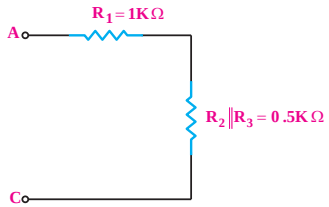
CarGeek.Live

حل:

چون مقاومت‌های R_2، R_3 موازی هستند و منبع تغذیه‌ای به آن وصل نیست و در انتهای مدار قرار دارند از این مقاومت‌ها شروع می‌کنیم:

$$R_2 \parallel R_3 = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{1 \times 1}{1+1} = \frac{1}{2} = 0/5\,k\Omega$$

حال مدار ساده‌تر شده را رسم می‌کنیم و به جای دو مقاومت R_2، R_3 مقاومت معادل موازی آن یعنی $R_2 \| R_3$ را می‌گذاریم، شکل ۲-۵۷.

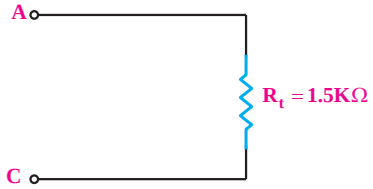


شکل ۲-۵۷

در مدار شکل ۲-۵۷ مقاومت ۰/۵ کیلو اهم و R_1 با هم سری هستند. مقاومت معادل R_T را به‌دست‌می‌آوریم.

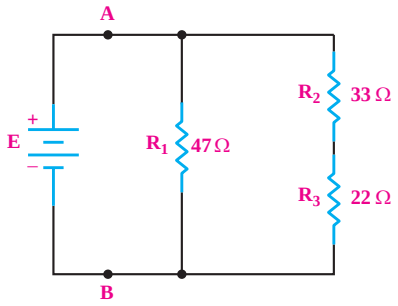
$$R_T = R_1 + (R_2 \parallel R_3)$$
$$R_T = 1 + 0/5 \Rightarrow R_T = 1/5\,k\Omega$$

مدار معادل شکل ۲-۵۷ به‌صورت شکل ۲-۵۸ درمی‌آید:



شکل ۲-۵۸

مثال ۱۵: مقاومت معادل از دو نقطه A و B در مدار شکل ۲-۵۹ را به‌دست‌آورید.



شکل ۲-۵۹

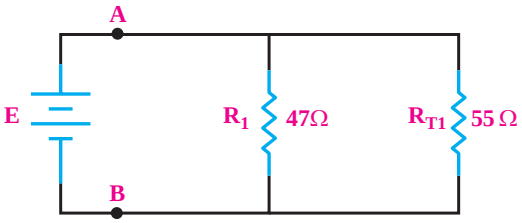
حل:

چون دو مقاومت R_2، R_3 به‌صورت مستقل با هم سری بسته‌شده‌اند و در بیرونی‌ترین نقطهٔ مدار قرار دارند از آن‌ها شروع می‌کنیم.

ابتدا دو مقاومت R_2، R_3 را تبدیل به یک مقاومت معادل $R_{2,3}$ (می‌خوانیم آرِ دو و سه) می‌کنیم:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 33 + 22 = 55\Omega$$

مدار ساده شده را ترسیم می‌کنیم:



شکل ۲-۶۰

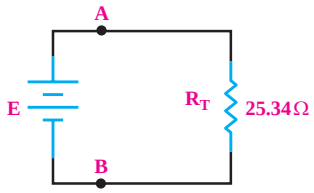
با توجه به شکل ۲-۶۰ مقاومت معادل $R_{2,3}$ با مقاومت R_1 به صورت موازی قرار دارند. مقاومت معادل را به‌دست‌می‌آوریم:

$$R_T = R_1 \parallel R_{2,3} = \frac{R_1 \times R_{2,3}}{R_1 + R_{2,3}} = \frac{47 \times 55}{47 + 55} = 25/34\Omega$$

CarGeek.Live

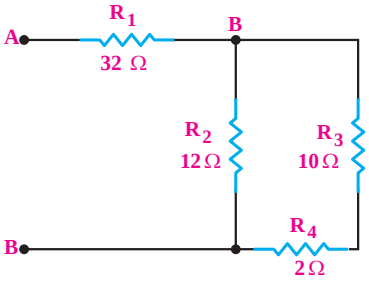
CarGeek.Live

مدار شکل ۵۹-۲ به صورت شکل ۶۱-۲ درمی‌آید:



شکل ۶۱-۲

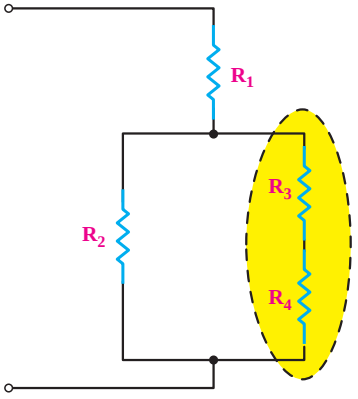
مثال ۱۶: مقدار مقاومت معادل شکل ۶۲-۲ را به دست آورید.



شکل ۶۲-۲

حل:

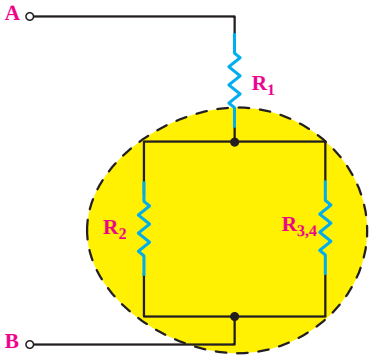
ابتدا مدار را به صورت شکل ساده شدهٔ ۶۳-۲ درمی‌آوریم و معادل دو مقاومت سری شده‌ی R_3 و R_4 را محاسبه می‌کنیم.



شکل ۶۳-۲

$$R_{3,4} = R_3 + R_4 = 10 + 2 = 12\Omega$$

به جای دو مقاومت R_3 و R_4 مقدار معادل آن‌ها را که $R_{3,4}$ (می‌خوانیم آرِ سه و چهار) می‌باشد، قرار می‌دهیم و به شکل ۶۴-۲ می‌رسیم:

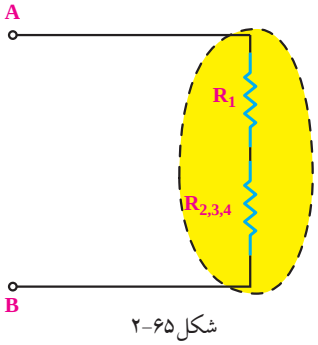


شکل ۶۴-۲

مقاومت معادل مقاومت‌های R_2 و $R_{3,4}$ را که به صورت موازی هستند و مقدار آن‌ها نیز مساوی است، به‌دست‌می‌آوریم. این مقاومت‌ها را $R_{2,3,4}$ (می‌خوانیم آرِ ۲ و ۳ و ۴) می‌نامیم:

$$R_{2,3,4} = R_2 \,||\, R_{3,4} = \frac{12}{2} = 6\Omega$$

با قرار دادن $R_{2,3,4}$ به جای مقاومت R_2 و $R_{3,4}$ به شکل ۶۵-۲ خواهیم رسید:



شکل ۶۵-۲

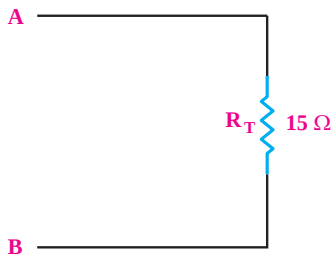
چون مقاومت معادل به‌دست‌آمده در مرحله‌ی قبل $R_{2,3,4}$ با مقاومت R_1 به‌صورت سری بسته شده است، مقاومت معادل R_T از مجموع آن‌ها به‌دست‌می‌آید.

$$R_T = R_1 + R_{2,3,4} = 3 + 12 = 15\Omega$$

CarGeek.Live

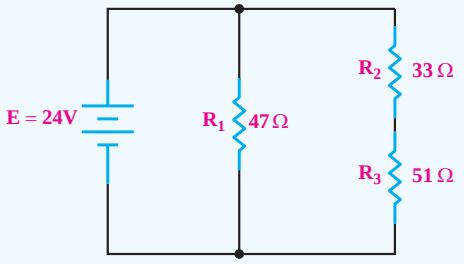
CarGeek.Live

مقاومت به دســت‌آمده برابر با مقاومت کل مدار اســت و مدار معادل شکل ۶۲-۲ به‌صورت شکل ۶۶-۲ در می‌آید:



شکل ۶۶-۲

تمرین کلاســی ۳: مقاومت معادل مدار شکل ۶۷-۲ را به دست‌آورید.



شکل ۶۷-۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶-۲ آزمایش شمارهٔ (۲)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۶-۲ هدف آزمایش:

اندازه‌گیری مقاومت‌ها به‌صورت سری و موازی.

۲-۶-۲ تجهیزات ، ابزار، قطعات و موارد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات (برای هر گروه کلاسی)	تعداد / مقدار
۱	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۲	بِردبُرد	یک قطعه
۳	مقاومت یک کیلو اهم یک وات	پنج عدد
۴	مقاومت ۱۸۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۵	مقاومت ۵۶۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۶	سیم‌های رابط معمولی (تلفنی)	به مقدار کافی
۷	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	به مقدار کافی

۳-۶-۲ مراحل اجرای آزمایش :

الف – به دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار سری

■ مقدار و درصد خطای مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω و ۱KΩ را با توجه به نوارهای رنگی بخوانید و در جدول ۴-۲ بنویسید.

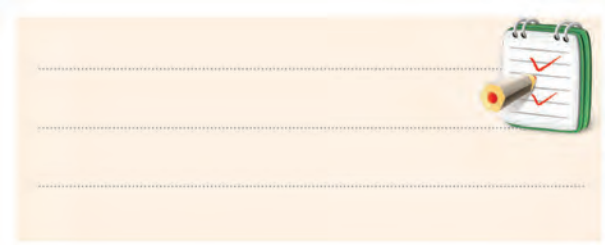
■ اگر نوع مولتی‌متر شما عقربه‌ای(آنالوگ) است، قبل از هر اندازه‌گیری ابتدا صفر آن را تنظیم کنید.

■ به کمک مولتی‌متر مقدار دقیق مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω و ۱KΩ را اندازه‌بگیرید. مقاومت ۱۸۰ اهم را با R_1 و مقاومت ۵۶۰Ω را با R_2 و مقاومت ۱KΩ را با R_3 نام‌گذاری و در جدول ۴-۲ یادداشت کنید.

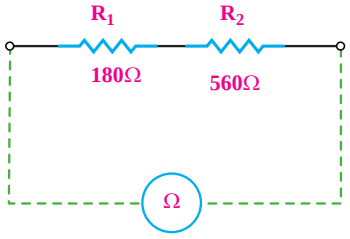
جدول ۴-۲

مقدار اندازه‌گیری شده	مقدار اهم و تولرانس خوانده شود	نوارهای رنگی	مقاومت
			R_1
			R_2
			R_3

سؤال ٦ : آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر خوانده شده انطباق دارد؟ شرح دهید.



■ مقاومت‌های R_1 و R_2 را به صورت سری ببندید و سپس مقاومت اهمی مجموعهٔ سری را به کمک اهم‌متر مطابق شکل ۶۸-۲ اندازه گرفته و یادداشت کنید.



شکل ۶۸-۲

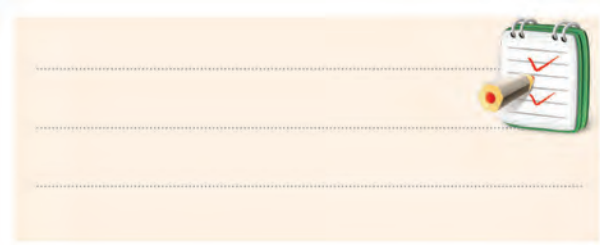
R_T= ..... Ω

سؤال ۷ : آیا R_T اندازه‌گیری شده به کمک اهم‌متر با $R_T=R_1+R_2$ که از طریق محاسبه به‌دست می‌آید یکی است؟ توضیح دهید.

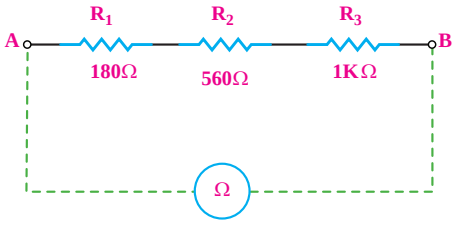
محاسبه: $R_T = R_1 + R_2$ =.....Ω

CarGeek.Live

CarGeek.Live



■ یک مقاومت یک کیلو اهم را مطابق شـکل ۲-۶۹ به مدار سری اضافه کنید.



شکل ۲-۶۹

■ مقدار R_T در مدار شـکل ۲-۶۹ را با استفاده از رابطهٔ $R_T=R_1+R_2+R_3$ به‌دست‌آورید و یادداشت کنید.

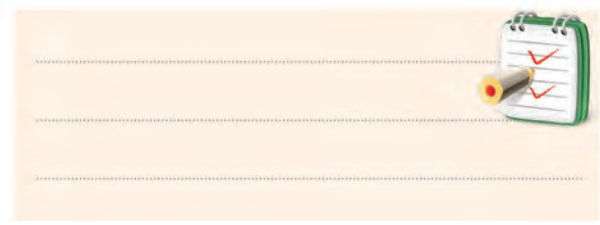
R_T=..... Ω

■ حوزهٔ کار مولتی‌متر را روی R × ۱KΩ قرار دهید.

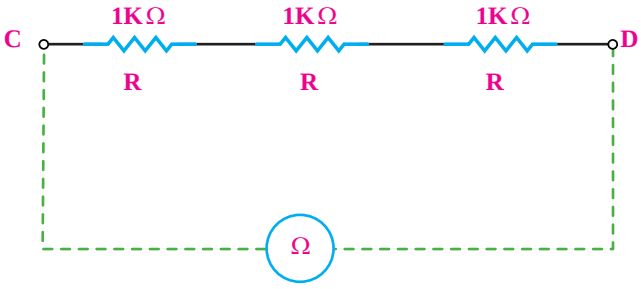
■ مقاومـت بیـن دو نقطـهٔ A و B در شـکل ۲-۶۹ را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

R_T=.....Ω اندازه‌گیری

سؤال ۸: آیا R_T اندازه‌گیری شـده بـه کمک مولتی‌متر با R_T به‌دست‌آمده از طریق محاسبه برابر است؟ توضیح دهید.



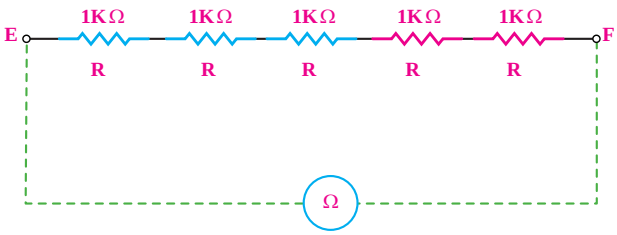
■ سـه مقاومت ۱KΩ را مطابق شـکل ۲-۷۰ به صورت سـری اتصال دهید و توسـط مولتی‌متر مقاومت معادل بین دو نقطهٔ C و D را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.



شکل ۲-۷۰

$R_T=R_{CD}$=..... Ω

■ دو مقاومت یک کیلواهم دیگر را مطابق شـکل ۲-۷۱ به صورت سری به مدار قبل اضافه کنید.

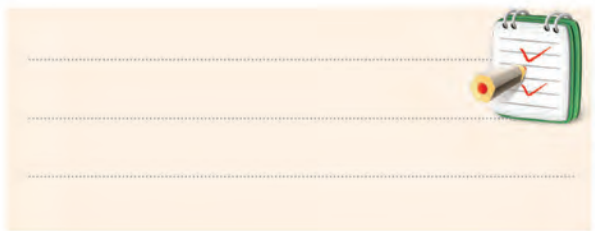


شکل ۲-۷۱

■ با اسـتفاده از مولتی‌متر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ E و F را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$R_T=R_{EF}$=..... KΩ

سـؤال ۹: آیـا می‌تـوان نتیجـه گرفـت که اگـر مقدار مقاومت‌های سـری مساوی باشـند، مقاومت معادل از رابطهٔ $R_T=n.R$ قابل محاسبه است؟



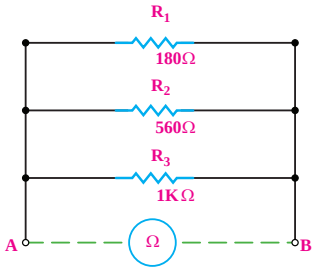
CarGeek.Live

CarGeek.Live

موضوع ب- به دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار موازی.

■ قبل از هر اندازه‌گیری، صفر اهم‌متر عقربه‌ای را تنظیم کنید.

■ مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل ۷۲-۲ به صورت موازی روی بردبرد ببندید.



شکل ۷۲-۲

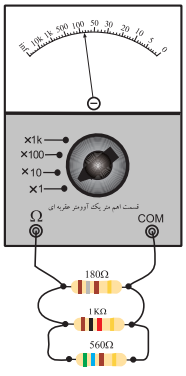
■ مقاومت معادل شکل ۷۲-۲ را از رابطه‌ی:

$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$ به دست‌آورید و یادداشت کنید.

R_T=.....Ω

■ با توجه به مقدار محاسبه شده، رنج مناسبی را برای اهم‌متر انتخاب کنید.

■ مقاومت اهمی مجموعه‌ی اتصال موازی را مطابق شکل ۷۳-۲ به کمک مولتی‌متر اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

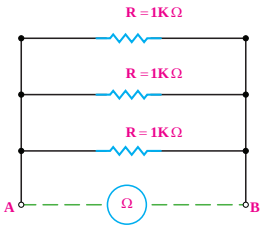


شکل ۷۳-۲

R_T=.....Ω

سوال ۱۰: آیا R_T اندازه‌گیری شده به کمک مولتی‌متر با R_T محاسبه شده یکی است؟ توضیح دهید.

■ سه مقاومت ۱KΩ را مطابق شکل ۷۴-۲ و به صورت موازی اتصال دهید.



شکل ۷۴-۲

■ مقاومت معادل را از رابطه‌ی $R_T=\frac{R}{n}$ به دست آورید.

R_T= ..... KΩ

■ با توجه به مقدار مقاومت بدست‌آمده، رنج مناسبی برای مولتی‌متر انتخاب کنید.

■ مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B را با استفاده از مولتی‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

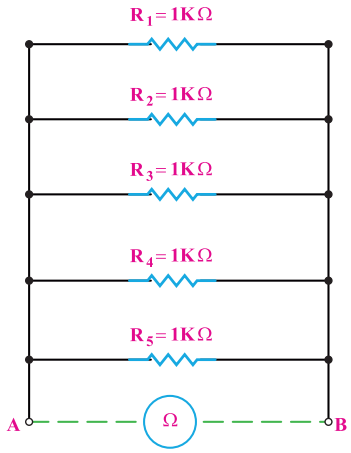
R_T =..... KΩ

سوال ۱۱: آیا مقادیر به‌دست‌آمده از طریق محاسبه با مقادیر اندازه‌گیری شده انطباق دارد؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ پنج مقاومت ۱KΩ را مطابق شکل ۷۵-۲ به‌صورت موازی روی بردبرد ببندید.



شکل ۷۵-۲

■ مقاومت معادل را از طریق رابطه‌ی $R_T = \frac{R}{n}$ به‌دست آورید.

R_{T_1} =..... Ω

■ مقدار مقاومت معادل را از رابطه‌ی $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ...$ محاسبه و یادداشت کنید.

R_{T_2} =..... Ω

سؤال ۱۲: آیا مقادیر به‌دست‌آمده از این دو رابطه (R_{T_1} و R_{T_2}) با هم برابر است؟ توضیح دهید.

■ با توجه به مقدار به‌دست‌آمده رنج مناسبی برای مولتی‌متر انتخاب کنید.

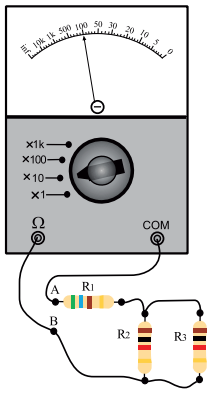
■ مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B در شکل ۷۵-۲ را با استفاده از مولتی‌متر اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

R_T =.....KΩ

سؤال ۱۳: آیا مقادیر به‌دست‌آمده از طریق محاسبه و اندازه‌گیری با مولتی‌متر یکی است؟ توضیح دهید.

موضوع ج- اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار ترکیبی سری- موازی با مولتی‌متر

■ مداری مطابق شکل ۷۶-۲ روی بردبرد ببندید.



شکل ۷۶-۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■مقدار مقاومت معادل شـکل ۷۶-۲ را از طریق محاسبه به‌دست‌آورید.

$R_۲$ و $R_۳$ موازی هستند:

$$R_{T_۱} = R_۲ \| R_۳$$

$R_۱$ با $R_{T_۱}$ سری است.

$$R_T = R_۱ + R_{T_۱}$$

$$R_T = \text{..... } K\Omega$$

■با توجه به مقدار مقاومت به‌دسـت‌آمده، رنج مناسبی را برای مولتی‌متر انتخاب کنید.

■اگر بـرای اندازه‌گیـری مقاومت اهمـی از مولتی‌متر عقربه‌ای استفاده می‌کنید قبل از اندازه‌گیری صفر آن را تنظیم کنید.

■به کمک مولتی‌متر مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R_{AB}=.....Ω

سوال ۱۴ : آیا مقدار مقاومت معادل محاسبه شده با مقدار مقاومت معادل اندازه‌گیری شده توسط مولتی‌متر برابر است؟

۴-۶-۲ نتایج آزمایش :

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف -

ب -

ج -

استفاده‌ی بهینه از وسـایل و تجهیـزات، مهارت الگـوی صحیح مصرف را در فرد ایجـاد می‌کند و طول عمر وسایل را افزایش می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

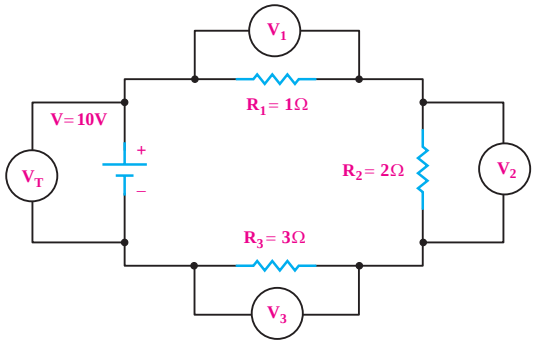
۲–۷ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدارهای سری و موازی

بر اثر عبور جریان الکتریکی از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژ به‌وجود می‌آید. مقدار این ولتاژ بر اساس قانون اهم از رابطه‌ی $V=R\,.\,I$ محاسبه می‌شود.

۲–۷–۱ محاسبه افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار سری:

چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهمی مقاومت رابطه‌ی مستقیم دارد، یعنی در صورت افزایش مقدار مقاومت (R)، مقدار ولتاژ (V) نیز افزایش می‌یابد.

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل ۲–۷۷ ببندیم، ولت‌مترها مقادیر ولتاژهای متفاوتی را در دو سر مقاومت‌ها نشان می دهند. ولت‌مترهای $V_۱$ ، $V_۲$ و $V_۳$ مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ و ولت‌متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می‌دهد.



شکل ۲–۷۷ بررسی ولتاژها در مدار سری

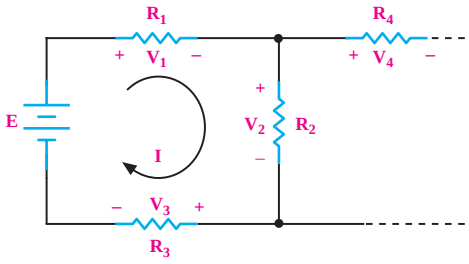
با توجه به شکل ۲–۷۷ نتیجه می‌گیریم که در یک مدار سری :

$$V_T = V_۱ + V_۲ + V_۳$$
$$V_{R_T} = V_{R_۱} + V_{R_۲} + V_{R_۳}$$

۲–۷–۲ قانون ولتاژ کریشهف(KVL)

طبق قانون ولتاژ کریشهف یا به اختصار (KVL) جمع جبری ولتاژهای اعمال شده (نیروی محرکه) و افت ولتاژها در یک مدار بسته برابر صفر است. به عبارت دیگر در یک مدار بسته جمع جبری ولتاژها برابر صفر است. علامت جبری نیروی محرکه را معمولاً مثبت(+) و علامت افت ولتاژها را منفی(–) در نظر می‌گیریم. با توجه به شکل ۲–۷۸ در حلقه‌ی یک ، موارد زیر وجود دارد.

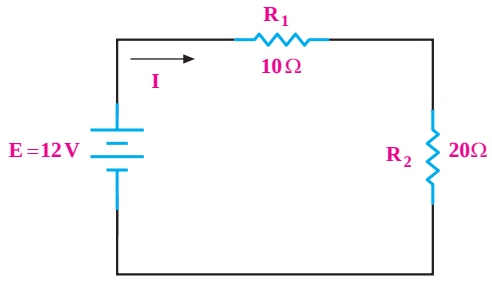
$-V_۳=۰$	$-V_۲$	$-V_۱$	$+E$
افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۳$	افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۲$	افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$	نیروی محرکه



شکل ۲–۷۸

مثال ۱۷:

در شکل ۲–۷۹ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ را به‌دست آورید.



شکل ۲–۷۹

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل:

با توجه به قانون اهم، رابطهٔ مقدار افت ولتاژ را در دو سر هر مقاومت می‌نویسیم:

$$V_۱ = R_۱.I = ۱۰I$$
$$V_۲ = R_۲.I = ۲۰I$$

طبق قانون KVL داریم:

$$E - V_۱ - V_۲ = ۰$$

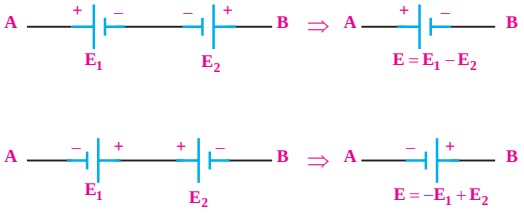
در رابطهٔ بالا به‌جای E و $V_۱$ و $V_۲$ مقادیر معادل را می‌نویسیم و مقدار I را محاسبه می‌کنیم:

$$۱۲ - ۱۰I - ۲۰I = ۰$$
$$۱۲ - ۳۰I = ۰$$
$$۱۲ = ۳۰I$$
$$I = \frac{۱۲}{۳۰} = ۰/۴A \Rightarrow I = ۰/۴A$$

در رابطهٔ $V_۱$ و $V_۲$ به جای I عدد می‌گذاریم:

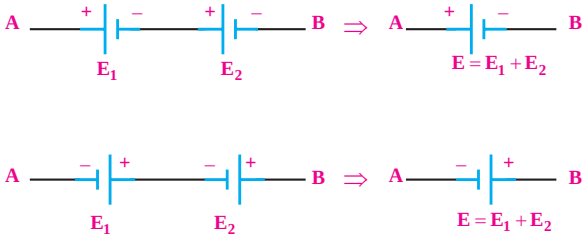
$$V_۱ = ۱۰I = ۱۰ \times ۰/۴ = ۴V \Rightarrow V_۱ = ۴(V)$$
$$V_۲ = ۲۰I = ۲۰ \times ۰/۴ = ۸V \Rightarrow V_۲ = ۸(V)$$

اگر دو منبع را به صورت شکل ۸۰-۲ با یکدیگر سری کنیم، منبع معادل برابر با جمع ولتاژهای دو منبع با قطب‌های نشان داده شده در شکل ۸۰-۲ است.



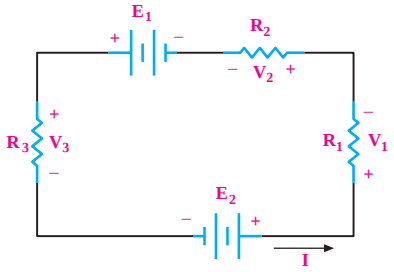
شکل ۸۰-۲

و اگر دو منبع را مطابق شکل ۸۱-۲ با یکدیگر سری کنیم، مقدار ولتاژ منبع معادل از تفاضل ولتاژ دو منبع با قطب‌های نشان داده شده در شکل ۸۱-۲ به دست می‌آید.



شکل ۸۱-۲ نحوه‌ی جمع جبری دو منبع ولتاژ (نیروی محرکه)

در مداری که بیش از یک منبع وجود دارد، به جای n منبع می‌توان **منبع معادل منابع موجود** را براساس رابطهٔ قانون KVL قرار داد. در شکل ۸۲-۲ قانون KVL به صورت زیر نوشته‌می‌شود:



شکل ۸۲-۲

$$E_۲ + E_۱ - V_۱ - V_۲ - V_۳ = ۰$$

$E_۲ + E_۱ = V_۱ + V_۲ + V_۳$ (معادل منبع $E_۱$ و $E_۲$)

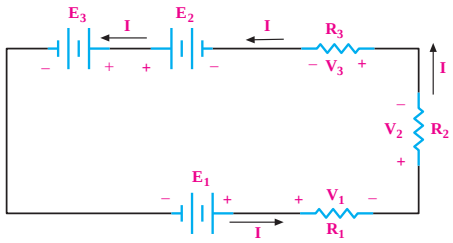
هنگام نوشتن قانون KVL در یک حلقهٔ بسته به نکات زیر توجه کنید:

- برای حلقه، جریان I را در یک جهت دلخواه انتخاب می‌کنیم.
- KVL را در جهت جریان انتخابی می‌نویسیم.
- اگر جریان مثبت از قطب مثبت منبع خارج می‌شود، علامت منبع را مثبت (+) و اگر به قطب مثبت(+) وارد شود علامت آن را منفی (−) در نظر بگیرید.
- علامت مثبت(+) برای ولتاژ دو سر یک مقاومت، محلی است که جریان به آن نقطه وارد می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال۱۸: رابطهKVL را برای مدار شکل ۸۳-۲ بنویسید.



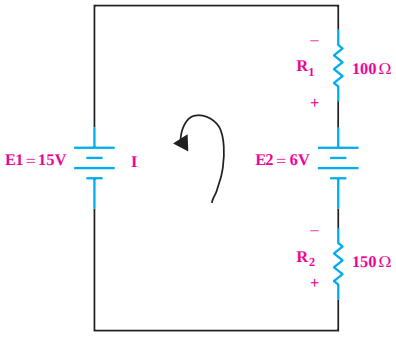
شکل۸۳-۲

حل:

$-V_1-V_2-V_3=0$	$-E_3$	$+E_2$	$+E_1$
جریان به پایه‌ای که برای مقاومت، مثبت در نظر گرفته‌ایم وارد می‌شود	جریان به قطب مثبت وارد می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود

توجه داشته باشید که جهت انتخاب جریان(I) در شروع کار برای حل مسئله اختیاری است.

مثال۱۹: در شکل ۸۴-۲ ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های مدار را به دست آورید.



شکل ۸۴-۲

حل:

ابتدا یک جهت جریان دلخواه برای مدار در نظر می گیریم و سپس رابطه‌ی KVL را در آن می‌نویسیم:

$$-E_2+E_1+V_1+V_2=0$$

مقادیر را در رابطه جایگزین می کنیم و مقدار I را به دست می آوریم:

$$-6+15+R_1.I+R_2.I=0$$
$$-6+15+100I+150I=0$$
$$+9=-250I$$
$$I=\frac{9}{-250}=-0/036A \Rightarrow I=-0/036A$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جهت اصلی جریان برخلاف جهت جریان انتخابی است، لذا جهت جریان باید اصلاح شود.

$$V_1=R_1.I=100\times(-0/036)=-3/6V$$
$$V_2=R_2.I=150\times(-0/036)=-5/4V$$

علامت منفی V_1 و V_2 به این معنی است که قطب‌های انتخاب شده‌ی مثبت(+) و منفی(-) باید معکوس شوند.

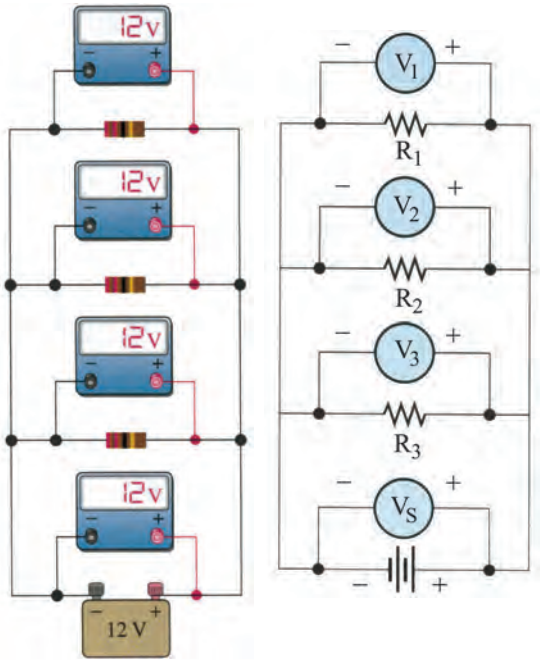
۳-۷-۲ محاسبه ی افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار موازی

در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است، بنابراین ولتاژ دو سر همه‌ی مقاومت‌ها با هم مساوی است.

ولت‌متر V_1، V_2 و V_3 افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را در شکل ۸۵-۲ نشان می‌دهد و ولت‌متر V_S مقدار ولتاژ دو سر منبع تغذیه را مشخص می کند. در مدار موازی تمام این ولتاژها مساوی هستند و همه‌ی ولت‌مترها در این شکل یک عدد را نشان می‌دهند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸۵-۲ مدار با چهار مقاومت موازی

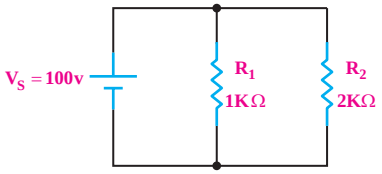
بنابراین بـرای مدارهای موازی می‌توانیـم رابطه‌ی زیر را بنویسیم:

$$V_1=V_2=V_3=.....=V_S$$

یعنی:

$$V_{R1}=V_{R2}=V_{R3}=.....=V_S$$

مثـال ۲۰: ولتاژ دو سـر مقاومت‌هـای R_1، R_2 در مدار شکل ۸۶-۲ را به دست آورید.



شکل ۸۶-۲

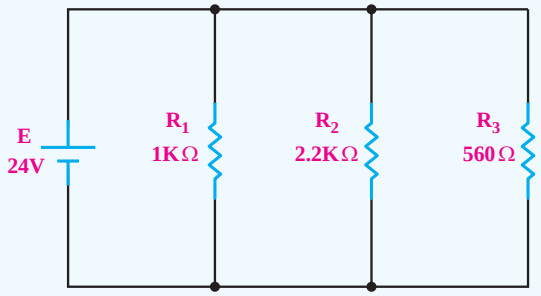
حل:

مقاومت‌های R_1، R_2 موازی هستند، پس افت ولتاژ دو سر این دو مقاومت با هم برابر و مساوی ولتاژ تغذیه است:

$$V_S=V_{R1}=V_{R2}=100V$$

همان‌گونه که قبلاً نیز اشـاره شـد، برای اندازه‌گیری افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها از دستگاه اندازه‌گیری ولت‌متر استفاده می‌شـود. قبل از بـه کارگیری عملـی دسـتگاه اندازه‌گیری ولت‌متر، آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

تمرین کلاسی ٤: در مدار شکل ۸۷-۲ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را به دست آورید.



۸۷-۲

۲-۸ منبع تغذیه DC

۲-۸-۱ آشنایی با منبع تغذیه

منبع تغذیه یک دستگاه الکترونیکی است که ولتاژ موجود (معمولاً ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شـهر) را دریافت و آن را تبدیل به ولتاژ DC مـورد نیاز برای مدارهـای الکترونیکی می‌کند. خروجی منبع تغذیه می‌تواند ثابت یا متغیر باشـد. در صورتی کـه منبع تغذیه دارای ولتـاژ خروجی متغیر باشـد روی پانل دسـتگاه، یک ولوم قرار می‌دهند. با تغییـر این ولوم می‌توان ولتاژ خروجی را به مقدار دلخواه تنظیم کرد. در شـکل ۸۸-۲

CarGeek.Live

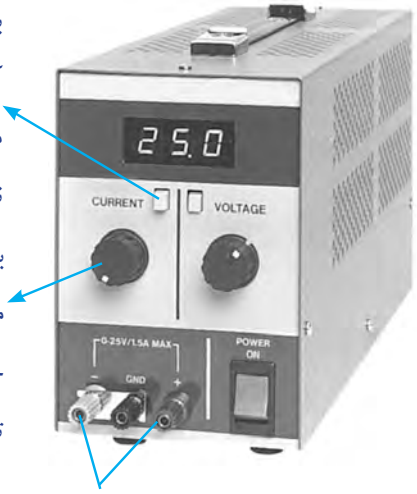
CarGeek.Live

دو نمونه منبع تغذیه آزمایشگاهی با خروجی متغیر نشان داده شده است. خروجی این منابع تغذیه‌ی متغیر ولتاژ DC متغیر است.

شکل۸۸-۲ دو نمونه منبع تغذیه آزمایشگاهی

بیشتر منابع تغذیه‌ی آزمایشگاهی، دارای یک ولت‌متر و یک آمپرمتر هستند تا ولتاژ دو سر خروجی منبع تغذیه و جریان مصرف کننده را بدون نیاز به یک ولت‌متر و آمپرمتر دیگر، نشان دهند. از طرفی برای محدود کردن جریان خروجی در مقابل اتصال کوتاه و یا به هر دلیل دیگر، یک ولوم به نام«Current» روی دستگاه نصب شده است با تنظیم این ولوم می‌توان جریان خروجی منبع تغذیه را به هر مقدار دلخواه تنظیم کرد.

در منابع تغذیه‌ای که سیستم حفاظت در مقابل اتصال کوتاه دارند، برای تنظیم حداکثر جریان خروجی، دو ترمینال ولتاژ خروجی را با یکدیگر اتصال کوتاه می‌کنند و با تغییر ولوم «Current» مقدار ماکزیمم جریان خروجی منبع تغذیه را تنظیم می‌کنند، شکل ۸۹-۲. توجه داشته‌باشید هنگام اتصال کوتاه ولتاژ دو سر ترمینال خروجی منبع تغذیه نزدیک به صفر می‌شود.



شکل۸۹-۲ نحوه‌ی تنظیم جریان خروجی یک منبع تغذیه

صفحه‌ی هر دستگاه الکترونیکی را پانل آن دستگاه می‌نامند.

۲-۸-۲ دستگاه‌اندازه‌گیری ولتاژ یا «ولت‌متر»

ولت‌متر در دو نوع عقربه‌ای و دیجیتالی ساخته می‌شود. علائمی روی این دستگاه‌ها وجود دارد که نشان‌دهنده‌ی توانایی‌های دستگاه در اندازه‌گیری کمیت‌های AC، DC (موج متناوب که بعداً به آن اشاره خواهد شد)، وضعیت باتری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

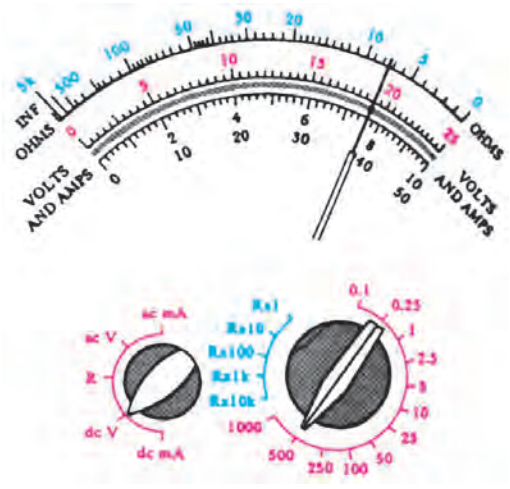
داخلی دستگاه و مواردی دیگر است. این علائم با توجه به توانایی‌های دستگاه‌های مختلف، متفاوت است. ولت‌متر یکی از حوزه‌های کار مولتی‌متر است. در مولتی‌مترهای عقربه‌ای برای خواندن دقیق ولتاژ، باید به کلید سلکتور اصلی مولتی‌متر، که ماکزیمم مقدار ولتاژ را روی صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد، توجه کنیم و همچنین باید تعداد تقسیمات آن کمیت را روی صفحه‌ی مدرج در نظر بگیریم.

برای به دست‌آوردن مقدار کمیت ولتاژ اندازه‌گیری شده، ابتدا باید ببینیم که عقربه چند قسمت منحرف شده است. سپس تعداد تقسیمات را در ماکزیمم مقدار رنج روی صفحه(بزرگ‌ترین عدد روی صفحه‌ی مندرج) ضرب کنیم. در نهایت مقدار به‌دست‌آمده را بر تعداد تقسیمات صفحه‌ی مدرج تقسیم می‌کنیم. به طور مثال اگر کلید سلکتور روی ۵۰۰ ولت قرار دارد و از طرفی درجه بندی صفحه‌ی مدرج، ۵۰ قسمت است، ضریب صفحه ۱۰ می‌شود زیرا:

$$\text{ضریب صفحه} = \frac{۵۰۰}{۵۰} = ۱۰$$

حال اگر عقربه به اندازه‌ی ۳۸ قسمت منحرف شده باشد، باید این عدد را در ده ضرب کنیم تا مقدار اندازه‌گیری شده به دست آید.

$$۳۸ \times \frac{۵۰۰}{۵۰} \quad \frac{(\text{رنج ولت‌متر})}{(\text{حداکثر درجه بندی})} = ۳۸۰(\text{V})$$



شکل ۹۰-۲ صفحه مولتی‌متر عقربه‌ای

ولت‌متر دیجیتالی نوع دیگری از ولت‌متر است. بزرگ‌ترین مزیت این دستگاه، نشان دادن کمیت به همراه واحد آن به صورت عدد و رقم است. به منظور داشتن دقت بیشتر ، همیشه رنجی را انتخاب می‌کنیم که تقریبا ارقام روی صفحه‌ی نمایش بتواند مقدار کمیت را نشان دهد. شکل ۹۱-۲ یک نمونه ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

این ولت‌متر گران است. برای اندازه‌گیری از مولتی‌متر استفاده کنید.

شکل ۹۱-۲ ولت‌متر عقربه‌ای

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۲ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

۱-۹-۲ هدف آزمایش :

آشنایی با منبع تغذیه و اندازه‌گیری ولتاژها در مدار سری و موازی و تحقیق عملی قانون ولتاژ KVL

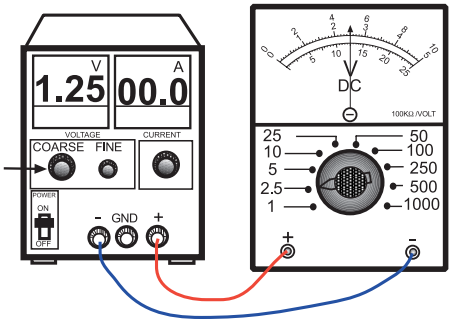
۲-۹-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و موارد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A، ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک یا دودستگاه
۳	مقاومت ۱۸۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۴	مقاومت ۵۶۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۵	سیم‌های یک سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	دو رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۹-۲ مراحل اجرای آزمایش :

موضوع الف - آشنایی با منبع تغذیه

- منبع تغذیه را با احتیاط به برق شهر وصل کنید.
- مدار شکل ۹۲-۲ را ببندید. حتی اگر منبع تغذیه شما ولت متر داشت باز هم ، خروجی آن را حتما به ولت متر جداگانه وصل کنید.

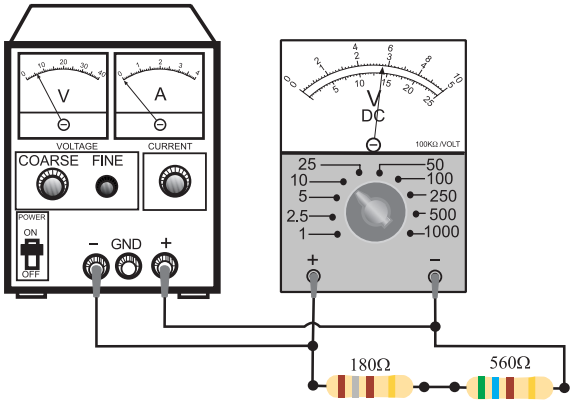


شکل ۹۲-۲

- منبع تغذیه را روشن کنید.
- سعی کنید به کمک ولت‌متر جداگانه‌ای که به منبع تغذیه وصل کرده‌اید، ولتاژ خروجی را روی ۱/۲۵V، ۳/۸۵ V، ۴/۵ V، ۵/۱ V، ۶/۸۵ V ولت تنظیم کنید.
- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، رنج کلید ولت‌متر را طوری انتخاب کنید که انحراف عقربه، بیشترین مقدار ممکن را داشته باشد به عنوان مثال اگر می‌خواهید ولتاژ ۴/۵ ولت را اندازه‌بگیرید رنج ولت‌متر را روی ۵V قرار دهید.
- بر روی اکثر منابع تغذیه، علاوه بر ولوم تنظیم ولتاژ، یک ولوم دیگر به نام FINE وجود دارد که با تغییر این ولوم می توان ولتاژ خروجی را در حد دهم ولت تنظیم کرد.

موضوع ب- ولتاژ در مدار سری و قانون KVL

- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مداری مطابق شکل ۹۳-۲ ببندید.



شکل ۹۳-۲

- رنج مولتی‌متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.
- منبع تغذیه را طوری تنظیم کنید که ولت‌متری که مانند شکل ۹۳-۲ در مدار قرار دارد، مقدار ۶ ولت را نشان دهد.
- ولت متر را یک بار به دو سر مقاومت ۱۸۰ اهم و یک

CarGeek.Live

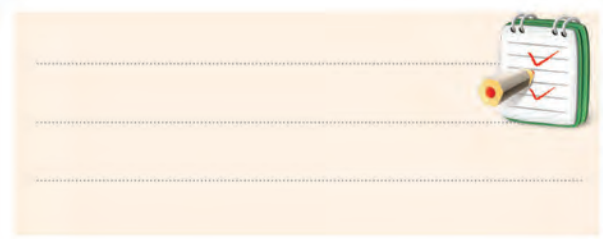
CarGeek.Live

بار به دو سر مقاومت ۵۶۰ اهم وصل کنید . مقدار ولتاژ دو سر این مقاومت‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

■ مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در هر یک از حالت‌های زیر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید:

V_1=۶ V	مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر برای کل مدار نشان می‌دهد.
V_2= V	مقدار ولتاژی را که ولت‌متر در دو سر مقاومت ۱۸۰ اهم نشان می‌دهد.
V_3= V	مقدار ولتاژی را که ولت‌متر در دو سر مقاومت ۵۶۰ اهم نشان می‌دهد.

سوال ۱۵: آیا مقدار $V_1=V_2+V_3$ است؟چرا؟ توضیح دهید.



توجه

استفاده از مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی تفاوتی ندارد، هر کدام را که در اختیار دارید، استفاده کنید.

■ در شکل ۹۳-۲ حوزه‌ی کار مولتی‌متر را روی ۲۵ ولت قرار دهید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را به آرامی زیاد کنید.

■ مولتی‌متر را به قسمت ورودی مدار وصل کنید.

■ افزایش ولتاژ منبع تغذیه را تا وقتی که مولتی‌متر ولتاژ ورودی را ۱۲ ولت نشان می‌دهد، ادامه دهید.

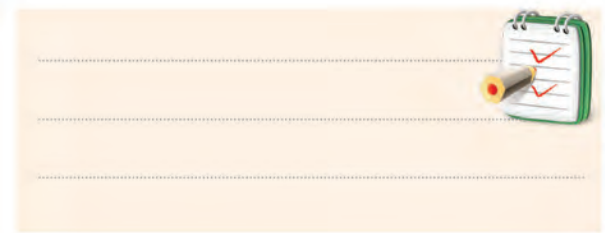
■ در این حالت ولتاژ دو سر مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω را با مولتی‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

توجه

برای اندازه‌گیری ولتاژ در هر قسمت، مولتی‌متر را جابه‌جا کنید.

V_2= V	مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در دو سر مقاومت ۱۸۰Ω نشان می‌دهد.
V_3= V	مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در دو سر مقاومت ۵۶۰Ω نشان می‌دهد.

سوال ۱۶ : مقادیر V_2 و V_3 را به ازای V_1=۶V و V_1=۱۲V با یکدیگر مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ دقیقاً توضیح دهید.



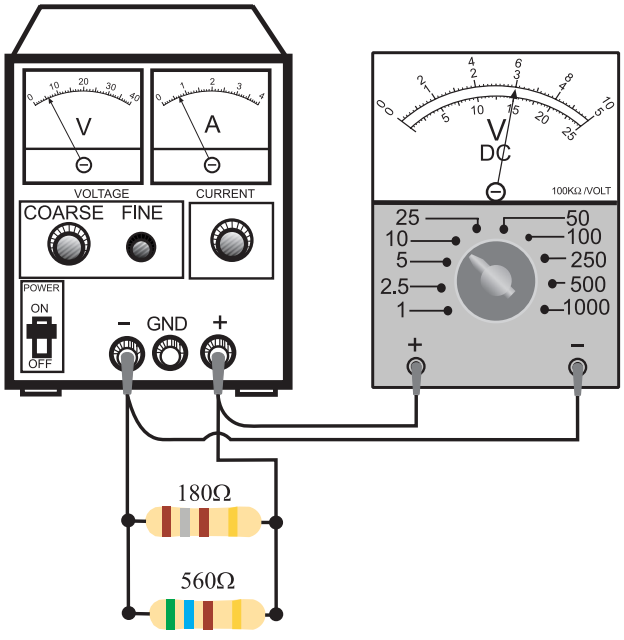
CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۱۷ : آیا می‌توان نتیجه گرفت که در هر دو مرحله‌ی آزمایش که انجام شد، رابطه‌ی $V_1=V_2+V_3$ برقرار است؟ به عبارتی دیگر آیا جمع جبری افت ولتاژها در حلقه‌ی بسته‌ی مدار سری، صفر است، $V_1-V_2-V_3=0$ توضیح دهید.

موضوع ج- اندازه‌گیری ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار موازی

- منبع تغذیه را روی صفر ولت بگذارید.
- مدار را مطابق شکل ۹۴-۲ ببندید.



شکل ۹۴-۲

- رنج مولتی‌متر را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید .

در این مدار، اندازه‌گیری ها توسط یک مولتی‌متر انجام می‌شود . شکل نشان داده شده مشخص کننده‌ی حالت‌های اندازه‌گیری است. برای هر اندازه‌گیری باید سیم‌های رابط مولتی‌متر را جابه‌جا کنید.

- مولتی‌متر در شکل ۹۴-۲ چه عددی را نشان می‌دهد؟ یادداشت کنید.

V_1=.....(v)	ولتاژی را که مولتی‌متر در حالت (۱) نشان می‌دهد.

- مولتی‌متر را در حالت (۲) در شکل ۹۵-۲ قرار دهید و به دو سر مقاومت ۱۸۰ Ω وصل کنید و مقدار ولتاژ نشان داده شده را بخوانید و یادداشت کنید.

V_2=.....(v)	ولتاژی را که مولتی‌متر در حالت (۲) نشان می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

$V_۳$=.....(v)	ولتاژی را کـه مولتی‌متر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۱۸ : آیا هر سه ولتاژ اندازه‌گیری شده‌ی $V_۱$ و $V_۲$ و $V_۳$ یکسان هستند؟ چرا؟ توضیح دهید.

۴-۹-۲ نتایج آزمایش :

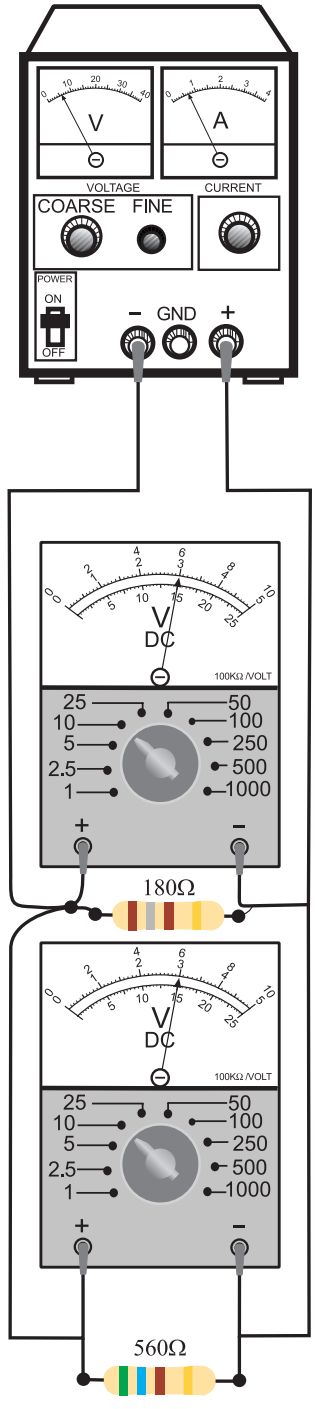
آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف-

ب-

ج-

حفاظت از وسـایل، مهارت ارزش‌گذاری بر ثروت عمومـی را ایجـاد می‌کند و میـزان هزینه‌هایـی که برای تحصیل هر فرد از طرف خانواده و دولت صرف می شـود را کاهش می‌دهد.



شکل ۹۵-۲

■ مولتـی متر را در حالت(۳) به دو سـر مقاومت ۵۶۰Ω اهـم به صـورت موازی وصـل کنیـد و ولتـاژ را بخوانید و یادداشت کنید.

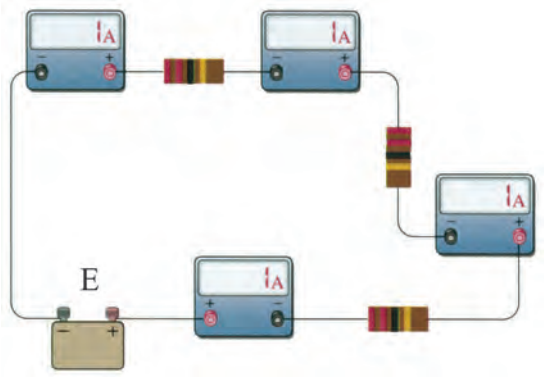
CarGeek.Live

CarGeek.Live

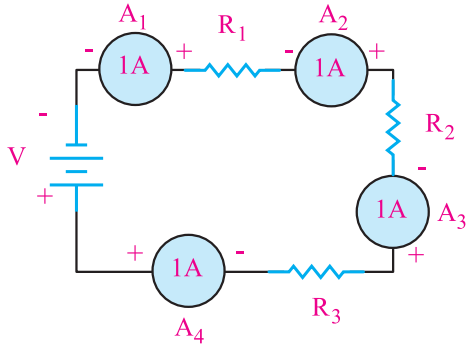
۲-۱۰ محاسبه‌ی جریان و توان در مدار سری و مدار موازی

۲-۱۰-۱ محاسبه‌ی جریان و توان در یک مدار سری

چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد در نتیجه جریان عبوری از تمام مقاومت‌ها ثابت است. مطابق شکل ۹۶-۲ در یک مدار سری هر یک از آمپرمترها جریان‌های مساوی را نشان می‌دهند.



الف - مدار واقعی



ب- نقشه‌ی فنی

شکل ۹۶-۲ جریان مدار سری همواره ثابت

نکته :

ولتاژ منابع تغذیه‌ی DC را در مدارها با حروف E یا V نمایش می‌دهند.

برای جریان در مدار سری می‌توانیم رابطه‌ی زیر را بنویسیم:

$$I_{A_1} = I_{A_2} = I_{A_3} = I_{A_4} = I_T$$

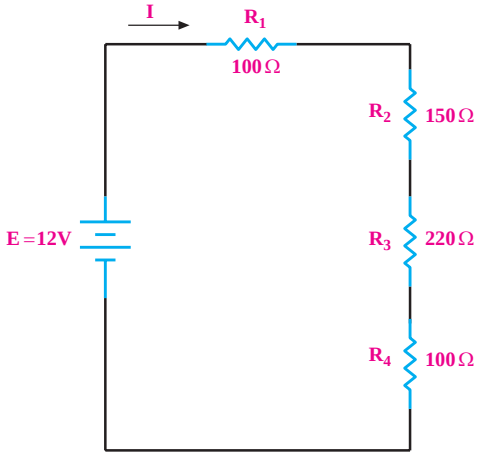
یعنی :

$$I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_T$$

طبق قانون اهم، جریان کل در مدار سری شکل ۹۶-۲ برابر است با:

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$$

مثال ۲۱: در شکل ۹۷-۲ جریان هر یک از مقاومت‌های مدار و جریان کل مدار چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۹۷-۲ محاسبه‌ی جریان در مدار سری

حل:

مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$
$$R_T = ۱۰۰ + ۱۵۰ + ۲۲۰ + ۱۰۰ = ۵۷۰\Omega$$

با استفاده از قانون اهم، جریان مدار را محاسبه می‌کنیم:

CarGeek.Live

CarGeek.Live

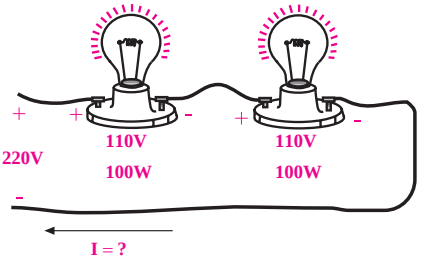
$$I = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \frac{E}{R_T}$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{۱۲}{۵۷۰} = ۰/۰۲۱A \Rightarrow I = ۰/۰۲۱A$$

برای تبدیل جریان بر حسب میلی‌آمپر، مقدار جریان بر حسب آمپر را در عدد ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم:

$$۱A = ۱۰۰۰mA = ۱۰^۳ mA$$
$$I = ۰/۰۲۱ \times ۱۰۰۰ = ۲۱mA \Rightarrow I = ۲۱mA$$

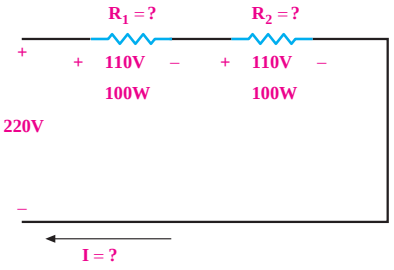
مثال ۲۲: در شکل ۹۸-۲ دو عدد لامپ ۱۱۰ ولت، ۱۰۰ وات با هم سری شده‌اند و به ولتاژ ۲۲۰ ولت اتصال دارند. جریان عبوری از هر لامپ چند آمپر است؟



شکل ۹۸-۲

حل:

می‌توانیم به جای دو عدد لامپ، دو عدد مقاومت در نظر بگیریم و به جای مدار عملی شکل ۹۸-۲ از نقشه‌ی فنی مدار شکل ۹۹-۲ برای محاسبات استفاده کنیم.



شکل ۹۹-۲

برای حل مسئله سه روش وجود دارد، روش اول استفاده از رابطه‌ی P=EI است.

توجه

در یک مدار سری، توان کل مصرفی برابر با مجموع توان‌های مصرفی دو سر هر مصرف کننده است.

$P_T = P_۱ + P_۲$

راه حل اول: ابتدا توان کل را به دست می‌آوریم:

$$P_T = ۱۰۰ + ۱۰۰ = ۲۰۰W$$

رابطه‌ی توان را بر حسب ولتاژ و جریان می‌نویسیم و جریان مدار را با استفاده از مقادیر توان و ولتاژ محاسبه می‌کنیم:

$$P_T = I.V$$
$$I = \frac{P_T}{V} = \frac{۲۰۰}{۲۲۰} = ۰/۹۱A \Rightarrow I = ۰/۹۱A$$

راه حل دوم: استفاده از رابطه‌ی : $P = \frac{V^۲}{R}$ ابتدا مقاومت اهمی هر یک از مصرف کننده‌ها را با استفاده از رابطه‌ی توان محاسبه می‌کنیم:

$$P_۱ = \frac{V_۱^۲}{R_۱}$$
$$R_۱ = \frac{V_۱^۲}{P_۱} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۱۰۰} = ۱۲۱\Omega$$

برای مقاومت $R_۲$ نیز با همین روش عمل می‌کنیم:

$$R_۲ = \frac{V_۲^۲}{P_۲} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۱۰۰} = ۱۲۱\Omega$$

مقدار مقاومت کل را محاسبه می‌کنیم:

$$R = R_۱ + R_۲ = ۱۲۱ + ۱۲۱ = ۲۴۲\Omega$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$I=\frac{V}{R_T}=\frac{۲۲۰}{۲۴۲}=۰/۹۱A \Rightarrow I=۰/۹۱A$$

راه حل سوم: می‌دانیم جریان در مدار سری یکسان است :

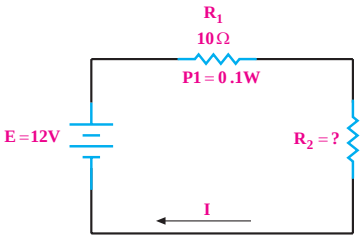
$$I=I_۱=I_۲$$

با استفاده از رابطه‌ی $I=\frac{P}{V}$ مقدار I را محاسبه می‌کنیم:

$$I=\frac{P_۱}{V_۱}=\frac{۱۰۰}{۱۱۰}=۰/۹۱A \Rightarrow I=۰/۹۱A$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار جریان از سه روش یکسان است.

مثال ۲۳: در شکل ۱۰۰-۲ مقاومت $R_۲$ چند اهم است؟



شکل ۱۰۰-۲

حل:

رابطه‌ی توان را برای $R_۱$ می‌نویسیم:

$$P_۱=V_۱.I_۱=R_۱.I^۲$$

مقادیر $R_۱$ و P را در رابطه قرار می‌دهیم و مقدار I را محاسبه می‌کنیم:

$$۰/۱=۱۰I^۲ \Rightarrow I^۲=\frac{۰/۱}{۱۰}=۰/۰۱$$
$$I=۰/۱A$$

ولتاژ دو سر $R_۱$ را به دست می‌آوریم:

$$V_۱=R_۱.I=۱۰\times۰/۱=۱V$$

با استفاده از قانون حلقه‌ی KVL مقدار ولتاژ $V_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$E-V_۱-V_۲=۰$$
$$۱۲-۱-V_۲=۰ \Rightarrow V_۲=۱۱(V)$$

با استفاده از قانون اهم مقدار $R_۲$ را به دست می‌آوریم:

$$V_۲=R_۲.I \Rightarrow ۱۱=R_۲\times۰/۱$$
$$R_۲=\frac{۱۱}{۰/۱}=۱۱۰\Omega \Rightarrow R_۲=۱۱۰\Omega$$

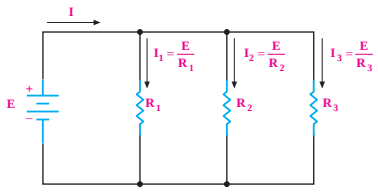
۲-۱۰-۲ محاسبه جریان و توان در مدار موازی

جریان در هر شاخه‌ی یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت‌های هر شاخه تقسیم می‌شود، زیرا طبق قانون اهم، $I=\frac{V}{R}$ است.

در مدار موازی جریانی که از منبع کشیده می‌شود، بین مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. یا به عبارت دیگر داریم:

$+I_n$	$+I_۲$	$I_۱$	$I=$
جریان	جریان	جریان	جریانی که از منبع
عنصر n ام	عنصر دوم	عنصر اول	کشیده می‌شود

جریان در مدار موازی بین عناصر به نسبت عکس مقدار اهمی مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، شکل ۱۰۱-۲ .



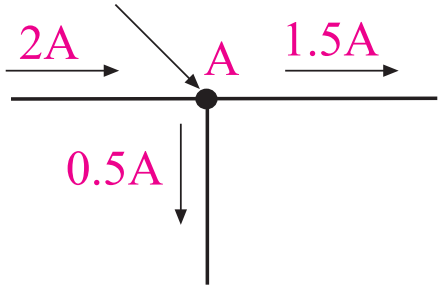
شکل ۱۰۱-۲ جریان I به نسبت عکس مقدار اهمی مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۱۰-۲- قانون جریان کریشهف(KCL)

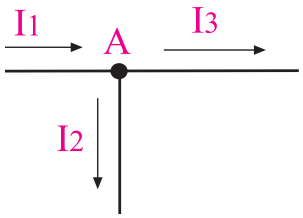
طبـق این قانون (KCL) جمع جبـری جریان‌هایی که در یک مدار الکتریکی به یک نقطه وارد می‌شـوند برابر با صفر است، یا به معنی دیگر، جمع جریان‌هایی که به یک نقطه وارد می‌شـوند برابر جمع جریان‌هایی اسـت که از آن نقطه خارج می‌شوند، شکل ۲-۱۰۲.



شکل ۲-۱۰۲

در شـکل ۲-۱۰۲ جریانی برابـر ۲ آمپر به نقطه‌ی A وارد می‌شـودو جریان‌های ۰/۵ و ۱/۵ آمپـری (۰/۵ A + ۱/۵ A) از آن نقطه خارج می‌شـود. جریان‌هـای وارده به نقطه یا گره (NODE) را معمـولاً با علامت مثبت(+) و جریان‌هایی که از نقطه یا گره خارج می‌شوند با علامت منفی(-) نشان می‌دهند.

همان‌طور که در شـکل ۲-۱۰۳ مشاهده می‌شود، مجموع جریان‌هـای ورودی به گره ۲A و جریان خارج شـده از گره نیز ۲A است.



شکل ۲-۱۰۳

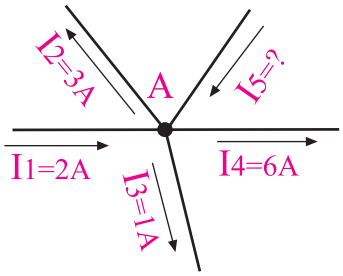
$$I_1-I_2-I_3=0$$

رابطه‌ی بالا را به صورت زیر نیز می‌توانیم بنویسیم:

$$\sum I=0$$

می‌خوانیم: زیگمای I برابر صفر است.

مثال ۲۴: در شکل ۲-۱۰۴ جریان I۵ چند آمپر است؟



شکل ۲-۱۰۴

حل:

قانون KCL را در گره A می‌نویسیم:

$$I_1-I_2-I_3-I_4+I_5=0$$

به جای جریان‌ها مقدار عددی می‌گذاریم:

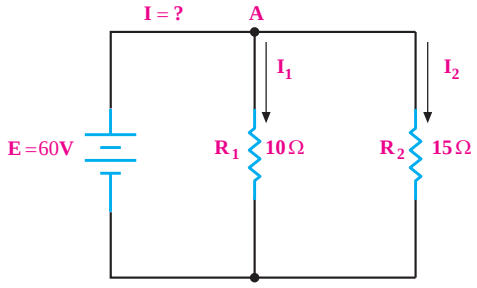
$$2-3-1-6+I_5=0$$

جریان I۵ را به دست می‌آوریم:

$$2-10+I_5=0$$

$$I_5=8\ A$$

مثال ۲۵: در شکل ۲-۱۰۵ جریان I چند آمپر است؟



شکل ۲-۱۰۵

حل:

قانون KCL را در گره A می‌نویسیم:

$$I-I_1-I_2=0$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدار جریان I_1 و I_2 را با استفاده از قانون اهم محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{۶۰}{۱۰} = ۶A \Rightarrow I_1 = ۶A$$

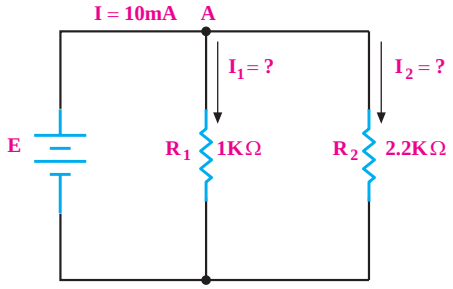
$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{۶۰}{۱۵} = ۴A \Rightarrow I_1 = ۴A$$

مقادیر I_1 و I_2 را در رابطه‌ی KCL قرار می‌دهیم و مقدار I را حساب می‌کنیم:

$$I-۶-۴=۰$$

$$I-۱۰=۰ \Rightarrow I=۱۰A$$

مثال۲۶: در شکل ۱۰۶-۲ مقدار جریان‌های I_1 و I_2 را به دست آورید.



شکل ۱۰۶-۲

راه حل اول:

با توجه به مقادیر R_1 و R_2، مقدار R_T را محاسبه می‌کنیم:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۱۰۰۰ \times ۲۲۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۶۸۷/۵\Omega$$

ولتاژ E را محاسبه می‌کنیم:

$$E = ۶۸۷/۵ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۶/۸۷۵V$$

با توجه به این که مدار موازی است و ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 برابر با E است، مقادیر I_1 و I_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{۶/۸۷۵}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۶۸۷۵\,A = ۶/۸۷۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_1 = ۶/۸۷۵\,mA$$
$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{۶/۸۷۵}{۲۲۰۰} = ۰/۰۰۳۱۲۵\,A = ۳/۱۲۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_2 == ۳/۱۲۵\,mA$$

راه حل دوم: با استفاده از روابط زیر که به تقسیم جریان بین دو شاخه‌ی موازی مشهور است می‌توانیم جریان‌های I_1 و I_2 را محاسبه کنیم:

$$I_1 = I\frac{R_2}{R_1+R_2} \quad \text{و} \quad I_2 = I\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

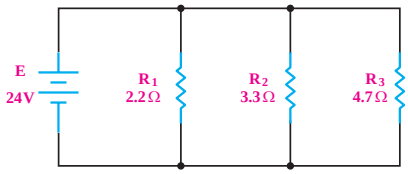
ابتدا مقدار I_1 را محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = ۱۰mA\frac{۲۲۰۰}{۱۰۰۰+۲۲۰۰} = ۶/۸۷۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_1 = ۶/۸۷۵\,mA$$

مقدار جریان I_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$I_2 = ۱۰mA\frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰+۲۲۰۰} = ۳/۱۲۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_2 = ۳/۱۲۵\,mA$$

مثال۲۷: توان تلف شده در هر مقاومت شکل ۱۰۷-۲ و توان مصرفی کل مدار چند وات است؟



شکل ۱۰۷-۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل:

بـا اسـتفاده از رابطـه‌ی مقـدار تـوان را در هـر یک از مقاومت‌ها محاسبه می‌کنیم:

$$P_1 = \frac{E^2}{R_1} = \frac{(24)^2}{2/2} = 261/8W \Rightarrow P_1 = 261/8W$$

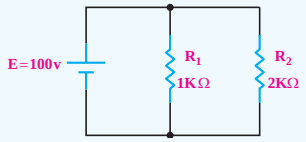
$$P_2 = \frac{E^2}{R_2} = \frac{(24)^2}{3/3} = 174/5W \Rightarrow P_2 = 174/5W$$

$$P_3 = \frac{E^2}{R_3} = \frac{(24)^2}{4/7} = 122/5W \Rightarrow P_3 = 122/5W$$

توان کل برابر اسـت با مجموع توان‌هـای مصرفی در هر مقاومت:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$
$$P_T = 261/8 + 174/5 + 122/5 = 558/8W$$
$$R_T = 558/8W$$

تمرین کلاسـی ۵ : توان تلف شـده در هر مقاومت در شکل ۱۰۸-۲ و توان مصرفی کل مدار چند وات است؟



شکل ۱۰۸-۲

نکتـه ۱ : بـرای اندازه‌گیـری جریان در مدارهای الکتریکی از آمپرمتر استفاده می‌شود.

نکتـه ۲ : در مدارهـای الکتریکـی و الکترونیکی آمپرمتر به صورت سـری با مقاومت و سایر قطعات قرار می‌گیرد.

۱۱-۲ دستگاه اندازه‌گیری جریان «میلی‌آمپرمتر»

برای اندازه‌گیری جریان، ابتدا کلید سـلکتور اصلی را در حالت DC قرار می‌دهیم، اگر حدود جریان مورد اندازه‌گیری از قبل مشـخص باشد، رنج مناسـب را انتخاب می‌کنیم. مثلاً اگر جریان مورد اندازه‌گیری حدود ۲ mA باشـد، رنج را در حالت ۳ mA یا ۵ mA قرار می‌دهیم و مقدار جریان را اندازه می‌گیریم. چنان‌چه مقدار تقریبی جریان از قبل مشخص نباشد، ابتدا رنج میلی‌آمپرمتر را در بیش‌ترین مقدار خود می‌گذاریم و به تدریـج مقدار رنج را کم‌تر می‌کنیم تا انحراف عقربه در حد مناسب باشد.

هنگام تغییـر رنج آمپرمتر، حتمـاً آمپرمتر را از مدار جدا کنید.

هـر آمپرمتر مقـداری مقاومت داخلـی دارد که به علت وجود مقاومت، ممکن اسـت مقدار جریان اندازه‌گیری شده در دو رنج مختلف، تفاوت داشته‌باشد.

انتخاب رنج مناسب در اندازه‌گیری جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

اندازه‌گیری جریان در مولتی‌مترهای دیجیتالی، معمولاً به صورت اتوماتیک نیسـت. در هنگام اندازه‌گیری جریان باید تغییر رنج(حوزه‌ی کار) به صورت دسـتی انجام شـود. برای اندازه‌گیـری جریان در این دسـتگاه‌ها، ابتدا سـلکتور را در

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدار ماکزیمم قرار دهید. اگر مقدار جریان توسط تمامی ارقام صفحه‌ی نمایش نشان داده نشد، مولتی‌متر را از مدار جدا کنید سپس رنج مولتی‌متر را به تدریج کم کنید.

درضمن در بسیاری از مولتی‌مترها، ترمینال جریان از ترمینال ولتاژ جدا است. در این دستگاه‌ها باید جریان را به ترمینال mA و com اعمال کرد.

اگر حدود جریان مورد اندازه‌گیری از قبل مشخص باشد، رنج مناسب را انتخاب کنید. چنان‌چه مقدار تقریبی جریان از قبل مشخص نبود، ابتدا رنج آمپرمتر را در بیش‌ترین مقدار خود قراردهید.

در شکل ۱۰۹-۲ یک نمونه میلی‌آمپرمتر مالتی رنج با ۱۰ رنج مختلف نشان داده شده است.

شکل ۱۰۹-۲ یک نمونه میلی‌آمپرمتر آزمایشگاهی

این نمونه میلی‌آمپرمتر آزمایشگاهی است و گران قیمت است. برای اندازه‌گیری از مولتی‌متر استفاده کنید.

۱۲-۲ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۱-۱۲-۲ هدف آزمایش:

اندازه‌گیری جریان در مدارهای سری و موازی و تحقیق عملی قانون KCL، تأثیر تغییر ولتاژ روی مقاومت VDR

۲-۱۲-۲ تجهیزات ، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۰-۱۵V-۱A	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	مقاومت‌های ۲۲۰Ω، ۵۶۰Ω از هر کدام	یک عدد
۴	مقاومت وابسته به ولتاژ (VDR)	یک عدد
۵	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم‌های یک سرگیره سوسماری	چهار رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۲-۲ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف- اندازه گیری جریان در مدار سری

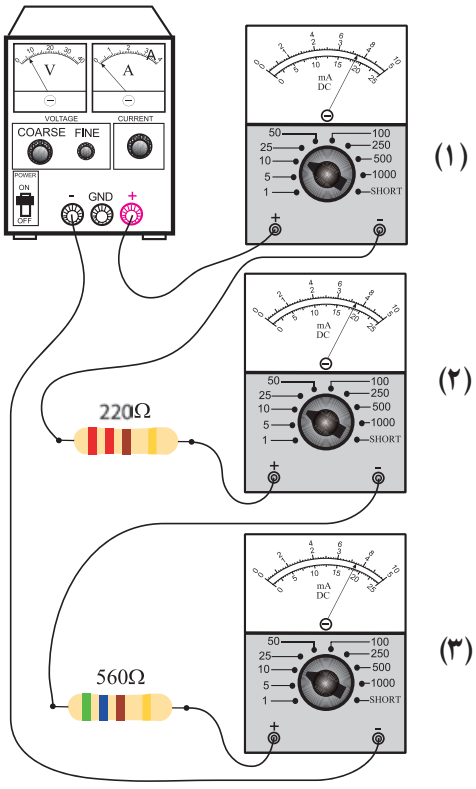
- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مداری مطابق شکل ۱۱۰-۲ را روی بردبرد ببندید.

توجه

برای اندازه‌گیری جریان، فقط از یک مولتی‌متر و به صورت مرحله‌ای استفاده کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

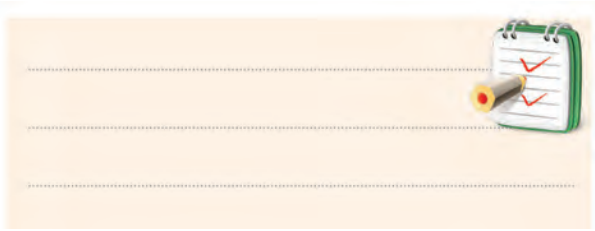


شکل ۲ـ۱۱۰

- رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۱۰mA بگذارید.
- منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.
- جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت‌های مختلف نشان می‌دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{کل}=I_۱=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپر در حالت (۱) نشان می‌دهد.
$I_۲=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپر در حالت (۲) نشان می‌دهد.
$I_۳=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۱۹ : آیا هر سه جریان یکسان هستند ؟ چرا ؟ توضیح دهید؟



توجه

آمپرمتر در مدار به صورت سری به قطعات وصل می‌شود.

توجه

هنگام تغییر رنج آمپرمتر حتما آن را از مدار جدا کنید، یا جریان برق را قطع کنید.

موضوع ب- تحقیق روی قانون KCL و اندازه‌گیری جریان در مدار موازی

- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مداری مطابق شکل ۱۱۱-۲ ببندید.
- میلی‌آمپر متر را ابتدا مطابق شکل ۱۱۱-۲به صورت سری به ورودی منبع تغذیه‌ی حالت (۱) اتصال دهید و مقدار جریان مدار را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

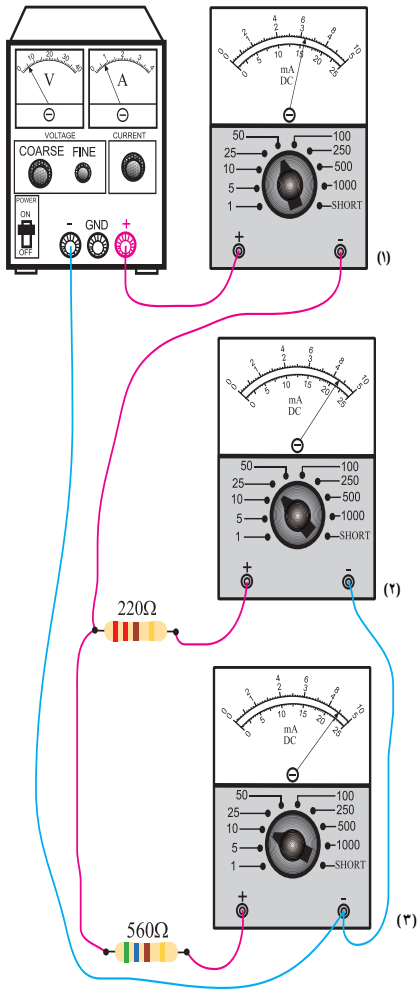
$I_{کل}=I_۱=$ ..... mA

CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه

در هر مرحله که مولتی‌متر (میلی‌آمپرمتر) را از مدار جدا می‌کنید، محل اتصال دو سیم مولتی متر را با یک قطعه سیم، اتصال کوتاه کنید.



شکل ۱۱۱-۲

■ طبق شکل ۱۱۱-۲ (حالت ۲)، میلی‌آمپرمتر را به طور سری به مقاومت ۲۲۰ Ω وصل کنید و جریان را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$I_۲$= ..... mA

طبق شکل ۱۱۱-۲ (حالت۳) میلی‌آمپرمتر را به طور سری به مقاومت ۵۶۰ Ω وصل کنید و جریان را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$I_۳$= ..... mA

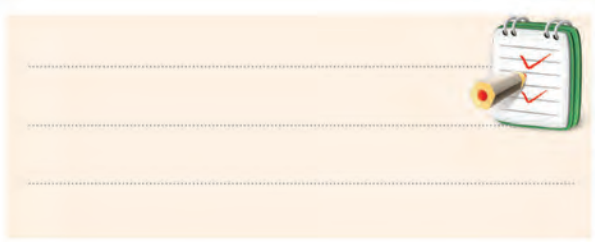
■ رنج میلی‌آمپرمتر حالت (۱) را روی ۵۰ mA قرار دهید.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید.

■ مقادیری که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{کل}=I_۱$= ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۱) نشان می‌دهد.
$I_۲$= ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۲) نشان می‌دهد.
$I_۳$= ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سؤال ۲۰: با توجه به نتایج آزمایش بالا، رابطهٔ $I_۱=I_۲+I_۳$ تأیید می‌شود؟چرا؟ توضیح دهید.



■ ولتاژ منبع تغذیه را کمی کم کنید تا میلی‌آمپرمتر در حالت (۱) جریان ۱۰ mA را نشان دهد.

■ جریان‌های مقاومت ۲۲۰ Ω (حالت۲) و ۵۶۰ Ω را (حالت۳) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

$I_{کل}=I_۱=$ ۱۰ mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۱) نشان می‌دهد.
$I_۲=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۲) نشان می‌دهد.
$I_۳=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۲۱: آیا رابطه‌ی $I_۱-I_۲-I_۳=۰$ (قانون KCL) با توجه به مقادیر به دست‌آمده در مدار شکل ۱۱۱-۲ صادق است؟ توضیح دهید.

سوال ۲۲: آیا رابطه‌ی تقسیم جریان به دو شاخه‌ی موازی در مدار شکل ۱۱۱-۲ صادق است؟توضیح دهید.

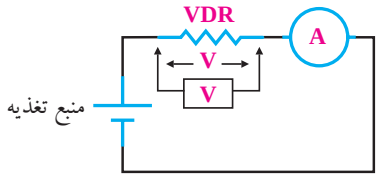
روابط تقسیم جریان بین دو شاخه‌ی موازی

$$\begin{cases} I_۲ = I_۱ \dfrac{R_۱}{R_۲ + R_۱} \\ I_۳ = I_۱ \dfrac{R_۲}{R_۲ + R_۱} \end{cases}$$

موضوع ج- بررسی اثر تغییرات ولتاژ روی مقاومت اهمی وابسته به ولتاژ(VDR)

در صورت موجود بودن مقاومت VDR و نیز دسترسی به منبع ولتاژ Dc با رنج بالا، این آزمایش را می‌توانید انجام دهید.

- مقدار ولتاژ ورودی منبع تغذیه را روی ۳۰ ولت تنظیم کنید.
- مدار شکل ۱۱۲-۲ را روی بردبرد ببندید.



۱۱۲-۲

- یک ولت‌متر به طور موازی به دو سر مقاومت VDR وصل کنید و ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{VDR}=$ ..... (V)

- با تغییر ولتاژ منبع تغذیه مطابق جدول زیر، در هر مرحله مقدار ولتاژ دو سر مقاومت و نیز جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید و در جدول ۵-۲ یادداشت کنید.

جدول ۵-۲

مرحله	$E_{(volt)}$	$V_{VDR(V)}$	$I_{(A)}$	$R_{VDR(\Omega)}$
۱	۳۰			
۲	۵۰			
۳	۱۰۰			
۴	۱۵۰			

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با استفاده از رابطه‌ی $R = \frac{V}{I}$ مقدار مقاومت VDR را در هر مرحله محاسبه کنید و در جدول ۵-۲ بنویسید.

سوال ۲۳: مقادیری را که برای مقاومت VDR در هر مرحله به دست آورده اید، مقایسه کنید و درباره‌ی نتیجه توضیح دهید.

۴-۱۲-۲ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

الف -

ب-

ج-

۱۳-۲ پیل‌ها و باتری‌ها

پیل وسیله‌ای است که انرژی را به صورت انرژی شیمیایی ذخیره و هنگام تحویل به مصرف کننده، آن را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. از اتصال چند پیل الکتروشیمیایی، یک باتری تشکیل می‌شود. در بین عامه به اشتباه از اصطلاح باتری به جای پیل استفاده می‌شود.

۱-۱۳-۲ انواع پیل

در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان پیل‌ها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرد.

پیل‌های اولیه پیل‌هایی هستند که قابل شارژ مجدد نیستند و پس از اتمام عمر مفید، باید آن‌ها را دور انداخت. از پیل‌های اولیه که به صورت پیل یا باتری ساخته می‌شود می‌توان انواع باتری‌های ساعت مچی یا باتری‌های چراغ قوه را نام برد.

پیل‌های ثانویه پیل‌های قابل شارژ هستند. پس از خالی شدن، مجددا می‌توان آن‌ها را با جریان DC شارژ کرد.

پیل‌های ثانویه را به صورت باتری می‌سازند. از انواع باتری‌های ثانویه می‌توان به باتری خودرو اشاره کرد که در انواع مختلف ساخته‌می‌شود.

۲-۱۳-۲ پیل‌های اولیه

پیل‌های اولیه در صنعت اصطلاحا تحت عنوان «پیل‌های خشک» معروف هستند. و مهم ترین آن‌ها به شرح زیر است:

الف: پیل روی- کربن

پیل روی- کربن یکی از رایج ترین پیل‌ها و از انواع پیل اولیه و غیر قابل شارژ است. این پیل‌ها که در اندازه‌های قلمی، متوسط و بزرگ با کاربردهای گوناگون تولید و به بازار عرضه می‌شود. ولتاژ پیل روی- کربن ۱/۵ ولت است و به ابعاد پیل بستگی ندارد. به پیل روی- کربن پیل لکلانشه نیز

CarGeek.Live

CarGeek.Live

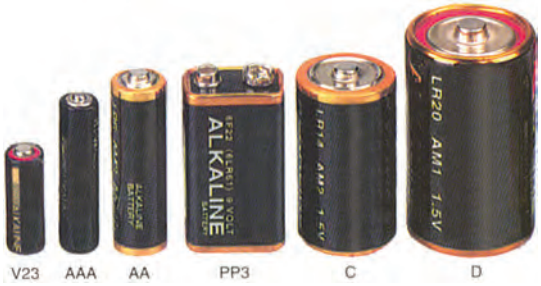
می گویند. شـکل ۱۱۳-۲ نمونه‌هایی از پیل‌های روی- کربن را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۳-۲ پیل‌های روی - کربن

در بازار به این نوع پیل‌ها به غلط باتری می‌گویند.

ب: پیل قلیایی (آلکالین)

ولتاژ پیل قلیایی مانند پیل روی- کربن ۱/۵ ولت اسـت. با ابعاد مشابه، پیل قلیایی می‌تواند گنجایش جریانی دو تا پنج برابر پیل روی- کربن را داشته باشد. همچنین در اثر کشیدن جریان، ولتاژ پیل قلیایی افت کم‌تری نسـبت به پیل روی- کربن دارد(زیـرا مقاومت داخلی کوچک‌تری دارد). بنابراین در جایی که جریان بیشـتر، همراه با عمر بیش‌تر، مورد نظر باشد می‌توان از باتری قلیایی به جای باتری روی- کربن اسـتفاده کرد. شـکل ۱۱۴-۲ چند نمونه از باتری قلیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱۴-۲ چند نمونه پیل قلیایی

ج: پیل‌های لیتیوم(Lithium)

نوع دیگری از پیل‌های یک بـار مصرف، پیل‌های لیتیوم هسـتند که اخیرا نوع قابل شارژ آن نیز سـاخته شده است. از ویژگی این نوع پیل‌ها، ولتـاژ خروجی زیاد(۲/۹ تا ۳/۷ ولت بسـتگی به الکترولیت آن)، طول عمر زیاد(۵ تا ۷ سال)، وزن کم و حجم کم آن است. از این رو از این باتری در ساعت‌های مچی و کاربردهای ویژه‌ی مشـابه اسـتفاده می‌شـود. شـکل ۱۱۵-۲ نمونه‌هایی از انواع پیل و باتری لیتیوم را نشان می‌دهد.

شکل۱۱۵-۲ انواع پیل و باتری لیتیوم

پیل‌های لیتیوم را به صورت باتری نیز می‌سازند .

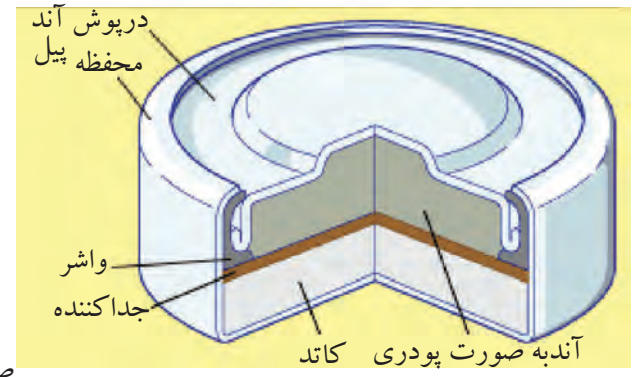
د: پیل اکسید نقره

این نوع پیل از تولیدات دهه‌ی اخیر است که ولتاژی برابر ۱/۵ ولت دارد. پیل اکسـید نقره در ابعاد بسیار کوچک تولید می‌شـود، به همین جهت در سـاعت‌های مچی یا دستگاه‌های مشـابه کوچک کـه با باتـری ۱/۵ ولـت کار می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پیل‌های اکسید نقره در وسایل الکترونیک با ابعاد کوچک مانند ماشین حساب جیبی نیز کاربرد دارد. شکل ۱۱۶-۲ شکل ظاهری چند نمونه پیل و ساختمان داخل آن را نشان می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱۱۶-۲ شکل ظاهری چند نمونه پیل اکسید نقره و ساختمان داخلی آن

الساندرو ولتا(۱۸۲۷-۱۷۴۵) واحد اختلاف پتانسیل (ولتاژ) به نام اوست و پیل روی- کربن (ولتا) را ساخته است.

۳-۱۳-۲ پیل‌های ثانویه

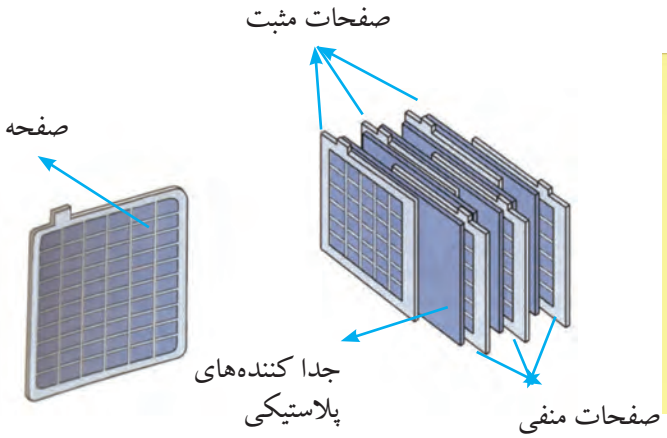
پیل‌های ثانویه، قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند.

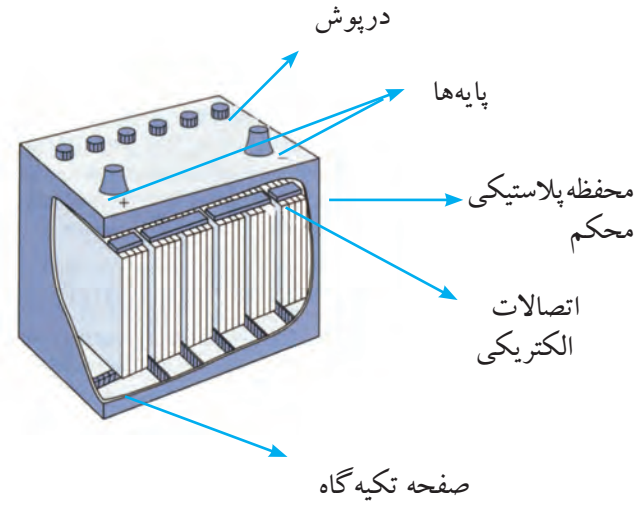
از انواع این نوع پیل‌ها می‌توان پیل‌های سرب- اسید و نیکل- کادمیوم را نام برد.

پیل سرب- اسید

پیل سرب- اسید یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین پیل‌ها و از نوع ثانویه و قابل شارژ شدن است. در باتری های به کار رفته در اکثر اتومبیل‌ها از این نوع پیل استفاده می‌شود.

در شکل ۱۱۷-۲ ساختمان داخلی باتری سرب- اسید را مشاهده می‌کنید که معمولا در اتومبیل به کار می‌رود.





شکل ۱۱۷-۲ ساختمان باتری سرب - اسید

پیل‌های نیکل- کادمیوم

این پیل نیز از انواع پیل‌های ثانویه است و قابلیت شارژ شدن را دارد. ولتاژ نامی این پیل دربار کامل ۱/۲ ولت و در حالت بی‌باری ۱/۳ تا ۱/۳۸ ولت است. میزان جریان دهی لحظه‌ای

CarGeek.Live

CarGeek.Live

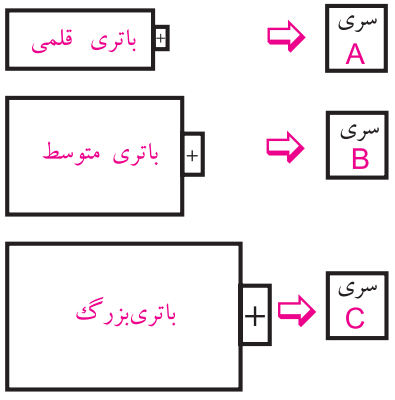
این پیل خیلی زیاد است به دفعات بسیار زیاد می‌تواند شارژ شود. این پیل را می‌توان به‌طور کامل تخلیه و مجددا شارژ کرد. باتری بسیاری از اتومبیل‌های جدید و همچنین بعضی از تلفن‌های همراه از ترکیب پیل‌های نیکل- کادمیوم است.

معمولا بر روی پیل‌های نیکل - کادمیوم واژه «RECHARGABLE» به معنی قابل شارژ شدن را می‌نویسند. در شکل ۱۱۸-۲ نمونه‌هایی از پیل‌های نیکل - کادمیوم نشان داده شده است.

شکل ۱۱۸-۲ بیل نیکل کادمیوم

اندازه‌ی باتری‌های کوچک که مصرف خانگی دارند مانند رادیوهای کوچک، ساعت و غیره را با حروف مشخص می‌کنند.

مثلاً باتری AA بزرگ‌تر از AAA است. در شکل ۱۱۹-۲ نام انواع باتری‌های خانگی در زیر هر یک نوشته شده است.

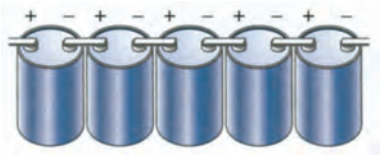


شکل ۱۱۹-۲ نمادهای انواع پیل های قلمی ، متوسط و بزرگ

۲-۱۴ اتصال پیل‌ها

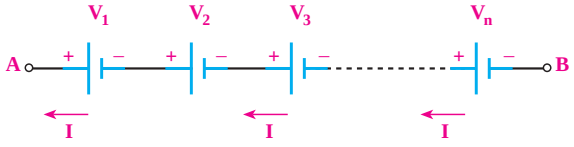
۲-۱۴-۱ اتصال سری پیل‌ها

اگر پیل‌ها را طوری به هم وصل کنیم که قطب منفی هریک به قطب مثبت‌دیگری اتصال داشته باشد و این روش اتصال تا آخرین پیل ادامه یابد، این نوع اتصال را «**اتصال سری**» موافق پیل‌ها می‌نامند، شکل ۱۲۰-۲ .



شکل ۱۲۰-۲ اتصال سری پیل‌ها

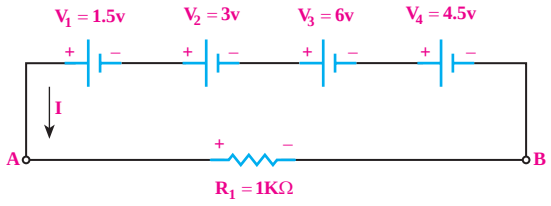
جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم سری شده‌اند، برای همه‌ی پیل‌ها مساوی است. ولتاژ کل پیل‌های سری در شکل ۱۲۱-۲ از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:



شکل ۱۲۱-۲ جریان عبوری از اتصال سری پیل‌ها

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots + V_n$$

مثال۲۸: هرگاه چهار باتری مانند شکل ۱۲۲-۲ به صورت سری موافق به هم وصل شوند، ولتاژ کل مدار چه مقدار است؟



شکل ۱۲۲-۲ اتصال چهار باتری به صورت سری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل:

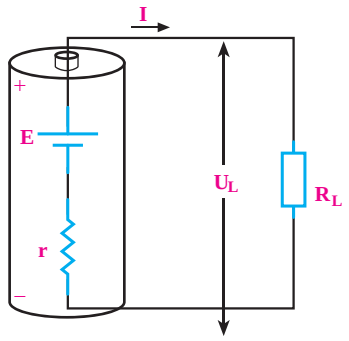
برای محاسبه‌ی ولتاژ کل باید ولتاژ هر یک از پیل‌ها را با هم جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_۱ + V_۲ + V_۳ + V_۴$$
$$V_{AB} = ۱/۵ + ۳ + ۶ + ۴/۵$$
$$V_{AB} = V_T = ۱۵\,V$$

۲-۱۴-۲ مقاومت داخلی پیل‌ها

یک پیل را در نظر می‌گیریم و ابتدا به کمک ولت‌متر، ولتاژ دو سر پیل را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس این پیل را به دو سر مقاومت وصل می‌کنیم و مجددا ولتاژ دو سر پیل را اندازه می‌گیریم. از مقایسه‌ی ولتاژها در می یابیم که ولتاژ اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی دوم از مرحله‌ی اول کم‌تر است. در صورتی که انتظار داشتیم ولتاژ اندازه‌گیری شده در هر دو مرحله یکسان باشد.

اختلاف ولتاژ حاصل شده در دو مرحله‌ی اندازه‌گیری را این گونه تعبیر می‌کنیم که باید حتما در داخل پیل، مقاومتی وجود داشته باشد که با عبور جریان، مقداری از ولتاژ پیل در دو سر آن افت کرده است و باعث کاهش ولتاژ خروجی پیل در مرحله‌ی دوم شده است. این مقاومت را «**مقاومت داخلی پیل**» می‌نامند، شکل ۲-۱۲۳. مقاومت داخلی پیل را با حرف r نمایش می‌دهند. این مقاومت همیشه با مصرف کننده به صورت سری قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۱۲۳ مقاومت داخلی باتری

توجه

در صورتی که بخواهیم ولتاژ کل را افزایش دهیم، پیل‌ها را به طور سری با هم می‌بندیم.

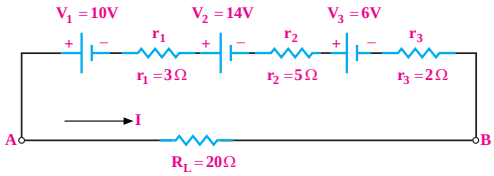
اگر پیل‌های سری شده را به صورت واقعی یعنی با مقاومت داخلی r، در نظر بگیریم، اثر مقاومت پیل‌ها در مدار مانند چند مقاومت ظاهر می شود.

مثال ۲۹: در شکل ۲-۱۲۴ سه باتری به صورت سری، یک مقاومت را تغذیه می‌کند، مطلوب است:

الف- ولتاژ کل مدار

ب- مقاومت داخلی کل باتری‌ها

ج- جریان عبوری از مقاومت R_L



شکل ۲-۱۲۴

حل:

ولتاژ کل را بدون در نظر گرفتن مقاومت‌های داخلی پیل‌ها محاسبه می‌کنیم:

الف)
$$V_T = V_۱ + V_۲ + V_۳$$
$$V_T = ۱۰ + ۱۴ + ۶ = ۳۰V$$

ب) چون مقاومت داخلی پیل‌ها به صورت سری با هم بسته‌شده اند، مقاومت معادل آن را به دست می‌آوریم.

$$r_T = r_۱ + r_۲ + r_۳$$
$$r_T = ۳ + ۵ + ۲ = ۱۰\Omega$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ج) طبق قانون اهم جریان از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

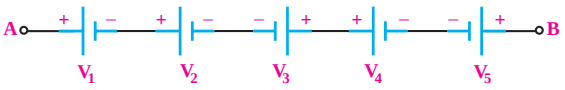
$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L + r_T} = \frac{۳۰}{۲۰+۱۰}$$
$$\Rightarrow I_L = ۱A$$

توجه

اگر ولتاژ پیل‌های سری شده با هم برابر باشند، ولتاژ کل آن‌ها از رابطه‌ی $V_T=n.V$ محاسبه می‌شود.

۲-۱۴-۳ اتصال متقابل(سری مخالف) پیل‌ها

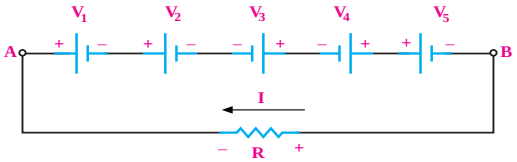
یکی دیگر از روش‌هایی که می‌توان پیل‌ها را به صورت سری به هم اتصال داد، حالت اتصال سری مخالف است. در این روش نحوهٔ اتصال قطب‌های مثبت و منفی پیل‌ها، ترتیب خاصی ندارد و ممکن است قطب‌های هم نام به هم وصل شوند و یا قطب‌های غیر هم نام به یکدیگر اتصال داده شوند. به عبارت دیگر در این نوع اتصال، تعدادی از پیل‌ها به صورت سری مخالف (منفی به منفی و مثبت به مثبت) بسته می‌شوند، شکل ۲-۱۲۵.



شکل ۲-۱۲۵

چنان‌چه بخواهیم برای افزایش ولتاژ یا افزایش جریان چند پیل را به صورت سری یا موازی ببندیم، باید مشخصات پیل‌ها، کاملا با هم مشابه باشد.

برای محاسبهٔ ولتاژ کل مدار،باید قطب‌های مثبت و منفی پیل‌ها و قطب‌های مثبت ومنفی افت ولتاژ دو سر مقاومت ها مشخص باشد.معمولاً قطب های مولد یامنابع از ابتدامشخص است.یک جهت قراردادی رابرای جریان مدار درنظر می گیریم و براساس جهت قراردادی جریان،قطب های افت ولتاژرادر مصرف کننده ها تعیین می کنیم.درنقطه‌ای که جریان وارد مصرف کننده می‌شود براساس جهت قراردادی جریان ،آن نقطه مثبت است.درحلقه بسته حرکت می کنیم وkvL رامی‌نویسیم،شکل ۲-۱۲۶.



شکل ۲-۱۲۶ پنج باتری به صورت متقابل وصل شده اند.

اگر جهت فلش جریان به قطب مثبت پیل وارد شود آن را مثبت و اگر به قطب منفی پیل وارد شود آن را منفی در نظر می‌گیریم. در مدار شکل ۲-۱۲۶ معادله‌ی KVL به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$V_۱ + V_۲ - V_۳ - V_۴ + V_۵ + RI = ۰$$

توجه

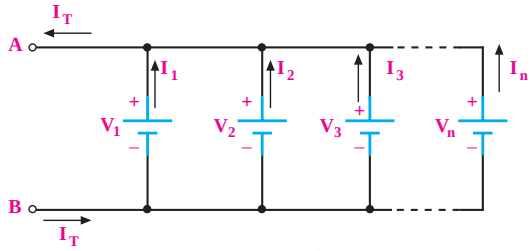
در این مدار نیز به جهت قرار دادی جریان برای نوشتن KVL توجه شده است.

۲-۱۴-۴ اتصال موازی پیل‌ها

هر گاه تعدادی پیل را طوری به هم اتصال دهیم که قطب مثبت همهٔ پیل‌ها به یکدیگر و قطب منفی آن‌ها نیز به هم متصل شوند، این نوع اتصال را «**اتصال موازی**» می‌گویند، شکل ۲-۱۲۷ .

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۲-۱۲۷

از اتصال موازی پیل‌ها زمانی استفاده می‌شود که جریان مورد نیاز بیشتر از میزان جریان دهی یک پیل باشد.

در اتصال موازی پیل‌ها، ولتاژ دو سر مدار ثابت است.

در اتصال موازی پیل‌ها داریم:

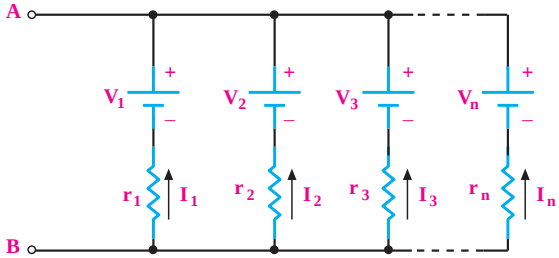
ولتاژ مدار= $V_{AB} = V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots = V_n$

جریان دهی کل پیل‌ها= $I = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots = I_n$

از طرفی چون پیل‌ها از نظر ولتاژ یکسان هستند پس می‌توانیم بنویسیم:

$$I_1 = I_2 = I_3 = \ldots = I_n \Rightarrow I_T = nI$$

اگر مقاومت داخلی هر پیل را نیز برابر در نظر بگیریم، مداری مطابق شکل ۲-۱۲۸ به دست می‌آید. در این مدار، مقاومت معادل پیل‌ها، مشابه مقاومت‌های موازی قابل محاسبه است و از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود:



شکل ۲-۱۲۸

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \ldots + \frac{1}{r_n}$$

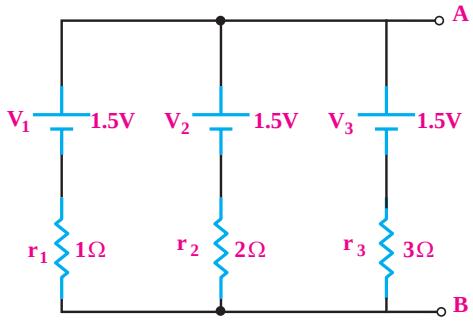
از طرفی چون پیل‌ها مساوی هستند، می‌توانیم از رابطه‌ی زیر نیز استفاده کنیم:

$$r_{AB} = r_T = \frac{r}{n}$$

مثال ۳۰: در مدار شکل ۲-۱۲۹ مطلوب است:

الف) کاربرد مدار

ب) مقاومت داخلی کل پیل‌ها از دو نقطه‌ی A و B



شکل ۲-۱۲۹

حل:

الف)چون پیل‌ها موازی هستند، جریانی بیشتر از جریان یک پیل به بار می‌رسد.

ب) مقاومت داخلی از رابطه‌ی مقاومت‌های موازی به دست می‌آید:

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

مقادیر مقاومت‌های داخلی پیل‌ها را در رابطه جایگزین می‌کنیم:

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$$

$$\frac{1}{r_T} = \frac{6+3+2}{6} = \frac{11}{6}$$

$$r_T = 0/54\Omega$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۵-۲ آزمایش شماره(۴)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۵-۲ هدف آزمایش:

اتصال سری و موازی پیل‌ها به صورت عملی.

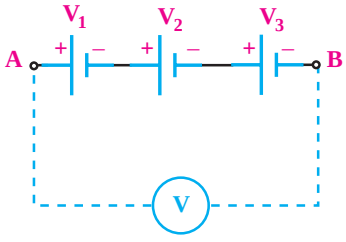
۲-۱۵-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و موارد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	ولت متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	پیل قلمی ۱/۵ ولتی	سه عدد
۳	مقاومت ۱KΩ ، ۱W	یک عدد
۴	بردبرد	یک قطعه
۵	سیم های دو سرگیره سوسماری	پنج رشته
۶	سیم رابط تلفنی	به مقدار لازم
۷	سیم چین	یک عدد
۸	سیم لخت کن	یک عدد

۳-۱۵-۲ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف- به هم بستن سری پیل‌ها

■ با استفاده از ولت‌متر دیجیتالی، ولتاژ DC پیل‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید، شکل ۱۳۰-۲.



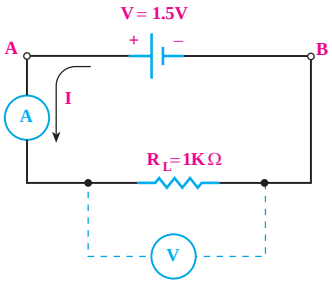
شکل ۱۳۰-۲

$V_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots V$

$V_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots V$

$V_3 = \ldots\ldots\ldots\ldots V$

■ مدار شکل ۱۳۱-۲ را روی برد برد ببندید.



شکل ۱۳۱-۲

■ ابتدا به کمک مولتی متر دیجیتالی، ولتاژ دو سر مقاومت R_L را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{R_L} = \ldots\ldots\ldots\ldots V$

■ رنج دستگاه اندازه‌گیری را جهت اندازه‌گیری جریان آماده کنید.

■ مولتی‌متر دیجیتالی را در حوزه‌ی کار آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار دهید و جریان را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I_{R_L} = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

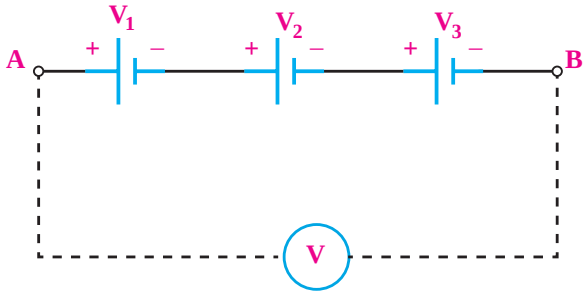
سؤال ۲۴ : آیا ولتاژ اندازه‌گیری شدهٔ دو سر پیل با ولتاژ اندازه‌گیری شدهٔ دو سر مقاومت یکی است؟

در هر صورت پاسخ خود را شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ سه پیل را به صورت مدار شکل ۱۳۲-۲ اتصال دهید.



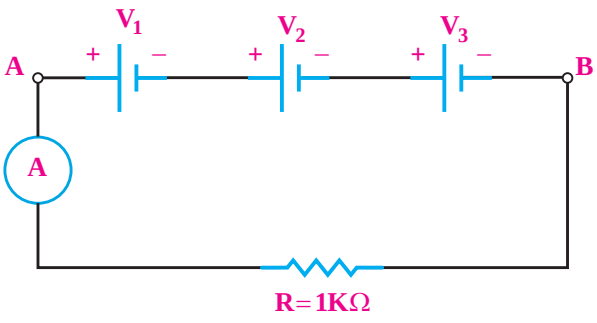
شکل ۱۳۲-۲

■ با ولت‌متر dc، ولتاژ دو نقطه‌ی A و B را اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

V_{AB} = ...V

سؤال ۲۵: از مقدار ولتاژ به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟

■ یک مقاومت ۱KΩ را مانند شکل ۱۳۳-۲ به مدار اضافه کنید.



شکل ۱۳۳-۲

■ با مولتی‌متر دیجیتالی، ولتاژ دو سر مقاومت را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{R_L} = ...V

سؤال ۲۶: آیا بین مقدار این ولتاژ و V_{AB} که قبلاً اندازه‌گیری کردید، تفاوتی وجود دارد؟ چرا؟

■ مولتی‌متر دیجیتالی را برای اندازه‌گیری جریان در حوزهٔ کار آمپرمتر قرار دهید.

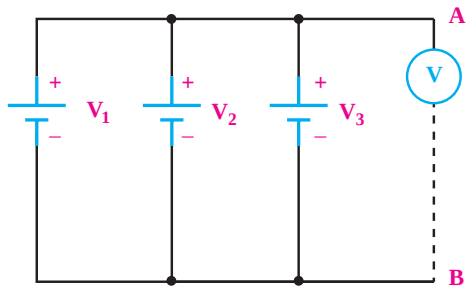
■ جریان مدار شکل ۱۳۳-۲ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

I_{AB} = ...A

سؤال ۲۷: جریان در این مرحله که سه پیل در مدار وجود دارد نسبت به مرحله‌ای که فقط یک پیل در مدار وجود داشت، چه تغییری کرده‌است؟ شرح دهید.

موضوع ب- اتصال موازی پیل‌ها و اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان

■ مدار شکل ۱۳۴-۲ را ببندید.



شکل ۱۳۴-۲

CarGeek.Live

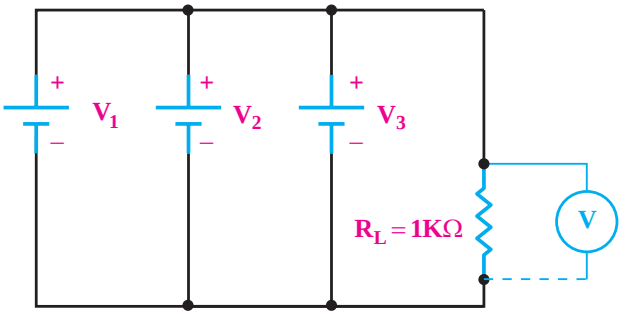
CarGeek.Live

■ با مولتی‌متری که در حوزه‌ی کار ولت DC قرار دارد، ولتاژ دو نقطه‌ی A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{AB} = ...V

■ یک مقاومت ۱KΩ را با پیل‌ها موازی کنید.

■ ولتاژ دو سر مقاومت R_L را با استفاده از مولتی‌متر DC اندازه بگیرید و یادداشت کنید، شکل ۱۳۵-۲.



شکل ۱۳۵-۲

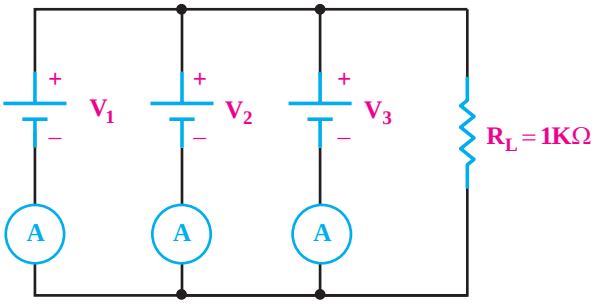
V_{R_L} = ...V

سوال ۲۸: ولتاژ اندازه‌گیری شده در این دو مرحله یکی هستند؟ چرا؟ توضیح دهید.

■ با استفاده از مولتی‌متر در حوزه‌ی کار آمپرمتر dc، جریان جاری شده در مقاومت R_L را اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

I_L = ...A

■ مولتی‌متر را در حوزه‌ی کار آمپرمتر به تفکیک در مسیر پیل‌ها قرار دهید و مانند شکل ۱۳۶-۲، جریان هر یک از پیل‌ها را یادداشت کنید.



شکل ۱۳۶-۲

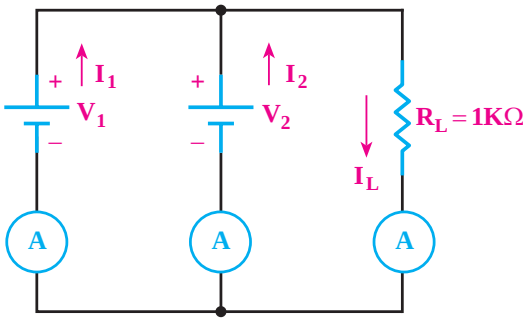
I_1 = ...

I_2 = ...

I_3 = ...A

سوال ۲۹: از مقایسه‌ی جریان‌ها در این دو مرحله چه نتیجه‌ای می گیرید؟ توضیح دهید.

■ مدار شکل ۱۳۷-۲ را با دو پیل و یک مقاومت ببندید.



شکل ۱۳۷-۲

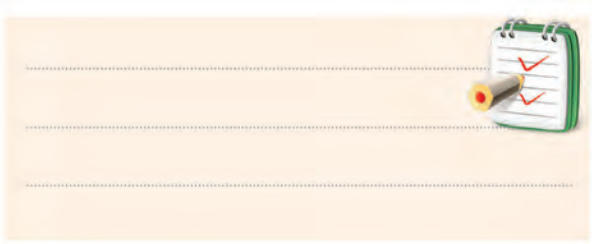
■ با استفاده از مولتی‌متر که در حوزه‌ی کار ولت‌متر DC قرار دارد، ولتاژ دو سر مقاومت R_L را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{R_L} = ...V

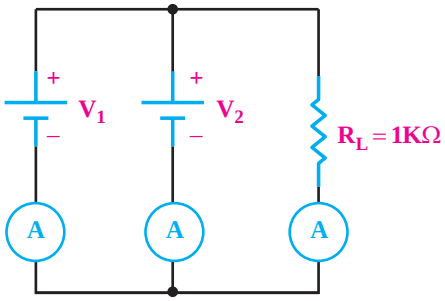
CarGeek.Live

CarGeek.Live

سوال ۳۰: آیا این ولتاژ با ولتاژ دو سر مقاومت R_L در حالی که سه پیل با هم موازی شده بودند، یکی است؟ چرا؟ توضیح دهید.



■ با استفاده از آمپرمتر dc جریان هر یک از شاخه‌ها را مانند شکل ۱۳۸-۲ اندازه بگیرید و یاداشت کنید.



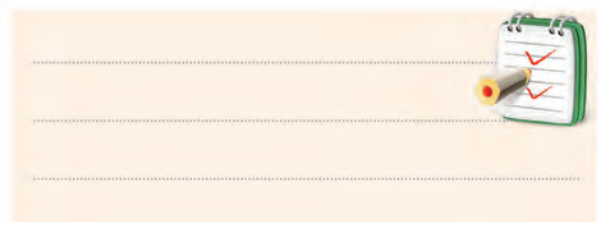
شکل ۱۳۸-۲

$I_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

$I_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

$I_{R_L} = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

سوال ۳۱: جریان‌های هر یک از پیل‌ها و جریان عبوری مقاومت بار در این مرحله چه تفاوتی با جریان‌های اندازه‌گیری شده‌ی مرحله‌ی قبل دارد؟ توضیح دهید.



۴-۱۵-۲ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به طور اختصار شرح دهید.

الف –

ب–

ج–

صاحب نظران علم مدیریت معتقدند: اگر ۲۰ درصد زمان خود را صرف برنامه‌ریزی کنیم، با اطمینان بیش‌تری در مورد ۸۰ درصد زمان باقی‌مانده قدم برمی‌داریم.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۲)

۱- پیل‌های لیتیوم چند ولتی هستند؟

الف) ۱/۲ ب) ۱/۵

ج) ۳ د) ۶

۲- پیل‌های ۱/۵ ولت کوچک (مخصوص ساعت مچی) معمولا از کدام نوع پیل ساخته‌می‌شوند؟

الف) آلکالین ب) روی- کربن

ج) لیتیوم د) اکسید نقره

۳- پیل‌های اولیه‌ی قابل شارژ ..... و پیل‌های ثانویه قابل شارژ..... .

الف) هستند- نیستند ب) هستند- هستند

ج) نیستند- نیستند د) نیستند- هستند

۴- مزیت باتری‌های آلکالین بر باتری‌های روی- کربن کدام است؟

الف) حجم کم‌تر ب) ولتاژ بیش‌تر

ج) جریان دو تا ۵ برابر د) جریان دهی تا صد برابر

۵- مقدار مقاومت شکل ۱۳۸-۲ کدام است؟

شکل ۱۳۹-۲

الف) ۴۷۰Ω±٪۲۰ ب) ۴۷۰Ω±٪۱۰

ج) ۴۷۰MΩ±٪۲۰ د) ۴۷۰MΩ±٪۱۰

۶- مقاومت معادل شکل ۱۴۰-۲ چند اهم است؟

شکل ۱۴۰-۲

الف) ۲۲۰۰Ω±٪۱۰ ب) ۲۲۰Ω±٪۱۰

ج) ۲۲۰۰ Ω±٪۵ د) ۲۲۰Ω±٪۵

۷- ترمیستوری را که تغییر مقاومت آن با افزایش دما نسبت مستقیم دارد،..... می گویند.

۸- مقاومت‌های لایه‌ای معمولا از ترکیبات اکسید فلزی ..... و ..... ساخته می‌شوند.

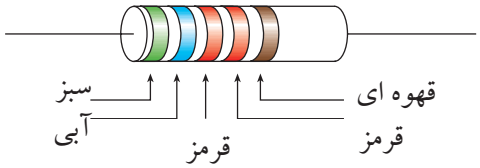
۹- مقاومت‌هایی که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت‌شان کاهش می‌یابد، NTC نام دارد.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۰ -تلرانس مقاومت‌های سری E۱۲ برابر ٪۱۰± است.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۱- کدام گزینه مقدار اهم و تلرانس مقاومت شکل ۲-۱۴۱ را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۴۱-۲

الف) ۵۶/۲ Ω±٪۲ ب) ۶/۸۴Ω±٪۱۰

ج) ۵۶/۲KΩ±٪۱ د) ۶/۸۴KΩ±٪۱

۱۲- در مدارهای الکتریکی آمپرمتر به صورت..... و ولت‌متر به صورت ..... قرار می گیرد.

الف) سری- سری ب) سری- موازی

ج) موازی- سری د) موازی- موازی

۱۳- ولتاژ هر پیل نیکل- کادمیوم حدود چند ولت است؟

الف- ۱/۵ ب) ۱/۳

ج) ۲ د) ۱/۳۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۴-الکترود مثبت کدام یـک از باتری‌های زیر از جنس اکسید منگنز است؟

الف) سرب- اسید　　ب) روی- کربن

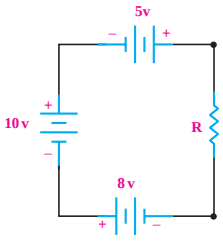
ج) قلیایی　　د) جیوه‌ای

۱۵- ولتاژ دو سر مقاومت در مدار شکل ۲-۱۴۲ چند ولت است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

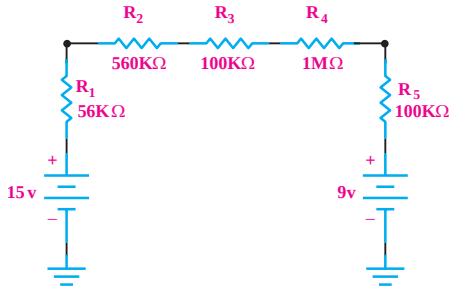
الف) ۷　　ب) ۱۳

ج) ۱۸　　د) ۲۳



شکل ۲-۱۴۲

۱۶- جریان در مدار شکل ۲-۱۴۳ چند میکرو آمپر است؟



شکل ۲-۱۴۳

مراحل محاسبه را بنویسید.

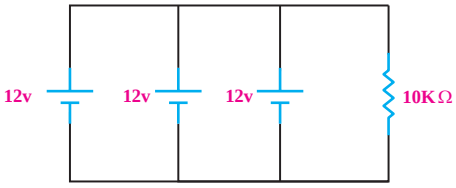
الف) ۳/۳　　ب) ۰/۰۲

ج) ۰/۰۴۵　　د) ۱۰

۱۷- توان مصرفی در مدار شکل ۲-۱۴۴ چقدر است؟

الف) ۱/۴۴mw　　ب) ۱۴/۴mw

ج) ۱/۴۴w　　د) ۱۴/۴w



شکل ۲-۱۴۴

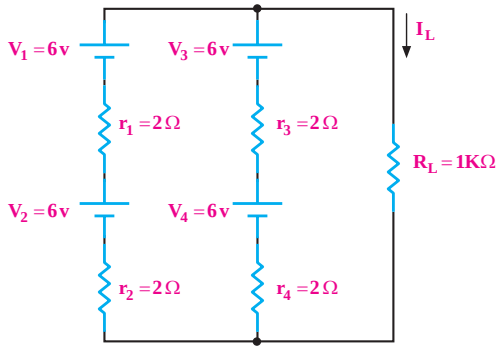
۱۸- جریـان عبـوری از مقاومت بار شـکل ۲-۱۴۵ چند میلی‌آمپر است؟

الف) ۱۱/۹　　ب) ۶

ج) ۳　　د) ۱۲/۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live



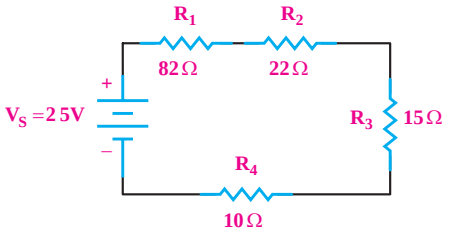
شکل ۱۴۵-۲

۱۹- جریان عبوری از مدار شکل ۱۴۶-۲ چند میلی‌آمپر است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

الف) ۱۹۴ ب) ۴/۸

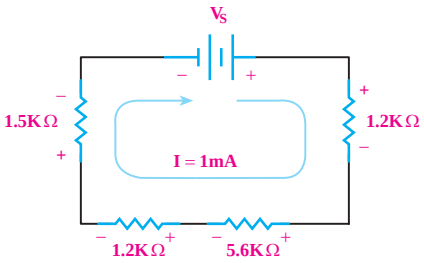
ج) ۶/۲ د) ۵/۶



شکل ۱۴۶-۲

۲۰- در مدار شکل ۱۴۷-۲ ولتاژ V_S چند ولت است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.



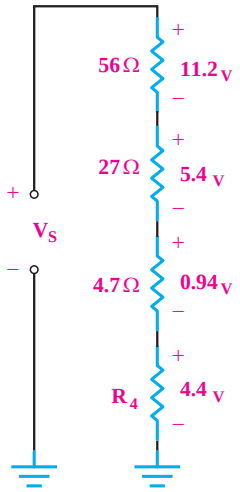
شکل ۱۴۷-۲

الف) ۹/۵ ب) ۰/۹۵ ج) ۹۵ د) ۰/۰۹۵

۲۱- مقدار مقاومت R_4 در شکل ۱۴۸-۲ چند اهم است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

الف) ۰/۸۸ ب) ۲/۲ ج) ۲۲۰ د) ۲۲



CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل سوم

تجزیه و تحلیل و بستن مدارهای سری و موازی

هدف کلی : آشنایی با مدارهای سری، موازی و سری- موازی. اصول بستن پل وتستون و اصول کار با هویه

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- خرابی در مدارهای سری را شرح دهد.

۲- عامل غیر مشترک در یک مدار موازی را توضیح دهد.

۳- ساختمان پل وتستون را شرح دهد.

۴- رابطه‌ی بین مقاومت‌ها را در پل وتستون، وقتی در حالت تعادل است را توضیح دهد.

۵- خصوصیات روغن لحیم را به اختصار شرح دهد.

۶- کاربرد لحیم‌های نوع A، B و C را توضیح دهد.

۷- چگونگی تشخیص لحیم‌کاری خوب را از بد شرح دهد.

۸- مدار پل وتستون را به طور عملی بررسی کند.

۹- اصول کار با هویه و قلع کش را به طور عملی تجربه کند.

۱۰- کلیه‌ی اهداف رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول به آن اشاره شده است را در این فصل نیز به کار ببندد.

توانایی شماره	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
۳	۸	۸	۱۶

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۳)

۱-در یک مدار سری، عامل مشترک کدام است؟

الف) ولتاژ　　ب) جریان

ج)مقاومت　　د)هیچکدام

۲- ولتاژ منبع در یک مدار سری به نسبت ..... مقدار مقاومت‌های آن مدار تقسیم می‌شود.

۳- در یک مدار سری با افزایش تعداد مقاومت‌ها، توان مصرفی مدار چه تغییری می‌کند؟

الف) افزایش می‌یابد.　　ب) کاهش می‌یابد.

ج)تغییر نمی‌کند.　　د) نصف می‌شود.

۴- در مدار سری، جریان صفر خواهد شد اگر.....

الف) منبع تغذیه قطع شود.

ب) سیم‌های رابط قطع شود.

ج) مقاومت مصرف‌کننده قطع شود.

د) هر سه مورد.

۵- قانون تقسیم جریان در چه مداری استفاده می‌شود؟

الف) سری　　ب) موازی

۶- کدام‌یک از روابط زیر صحیح نیست؟

الف) $I=\frac{R}{V}$　　ب) $R=\frac{V}{I}$

ج) $V=R.I$　　د) $I=\frac{V}{R}$

۷- کدامیک از جملات زیر در یک مدار موازی صحیح نیست؟

الف) جریان در هر شاخه به نسبت عکس مقاومت‌های هر شاخه تقسیم می‌شود.

ب) توان تولید شده‌ی منبع، با مجموع توان‌های مصرفی هر شاخه برابر است.

ج) مساوی بودن ولتاژ در مدار موازی به عنوان عامل غیر مشترک در نظر گرفته می‌شود.

د) آمپرمتر به صورت سری با مصرف‌کننده‌ها قرارمی‌گیرد.

۸- اساس کار پل وتستون را شرح دهید.

۹- روغن لحیم چه خصوصیاتی دارد؟

۱۰- چگونه می‌توان یک لحیم‌کاری خوب را از لحیم‌کاری بد تشخیص داد؟ شرح دهید.

۱۱- دو مورد مهم در تعمیر و نگه‌داری هویه‌ی قلمی را شرح دهید.

۱۲- انواع هویه‌های قلمی را نام ببرید.

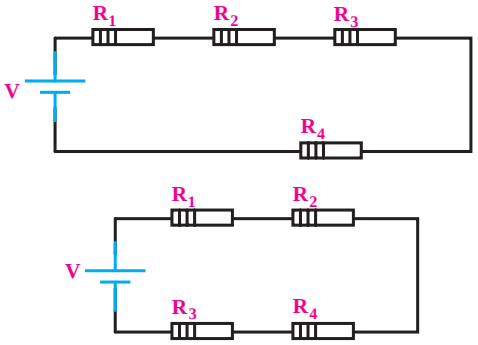
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۳ یادآوری مدار سری

همان‌گونه که قبلا گفته شد، اگر چند مقاومت پشت سر هم طوری به یکدیگر متصل شوند که فقط یک مسیر برای عبور جریان داشته باشند، یک مدار سری را تشکیل می‌دهند.

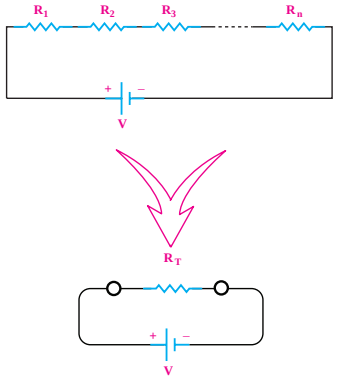
ترتیب قرار گرفتن مقاومت ها در مدار سری، در مقدار مقاومت معادل مدار تاثیری ندارد. چون دو طرف مقاومت از نظر قرار گرفتن در مدار با یکدیگر تفاوتی ندارد، برای آن‌ها ابتدا یا انتهایی فرضی در نظر می گیرند،شکل ۱-۳.



شکل ۱-۳ ترتیب قرار گرفتن مقاومت‌ها در دو نمونه مدار سری

۱-۱-۳ مقاومت معادل در مدار سری

مقاومت کل یا «مقاومت معادل» به مقاومتی گفته می‌شود که بتواند به تنهایی جایگزین همه‌ی مقاومت‌های موجود در مدار شود.در شکل ۲-۳ مقاومت معادل R_T می‌تواند جایگزین تمام مقاومت‌های موجود در مدار باشد.



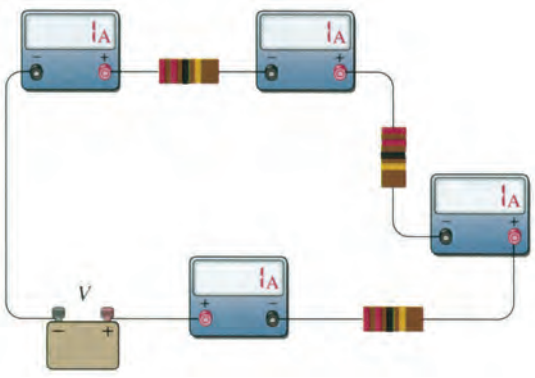
شکل ۲-۳ مقاومت معادل در مدار سری

با توجه به خصوصیت‌های ذکر شده در مورد مدارهای سری، رابطه‌ی نهایی مقاومت معادل R_T از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$R_T=R_1+R_2+R_3+ \dots +R_n$$

۲-۱-۳ عامل مشترک در مدار سری

چنان چه مداری را مطابق شکل ۳-۳ اتصال دهید، مشاهده می‌کنید که هر یک از آمپرمترها جریان‌های مساوی (یک آمپر) را نشان می‌دهند.



شکل ۳-۳ جریان در یک مدار سری

در مدار سری فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد. به عبارت دیگر در مدار سری، شدت جریان در همه‌ی نقاط مدار یکسان است. به همین دلیل در مدارهای سری، جریان به عنوان یک عامل مشترک برای تمام عناصر موجود در مدار فرض می‌شود.

برای جریان در مدار سری رابطه‌ی زیر صدق می کند:

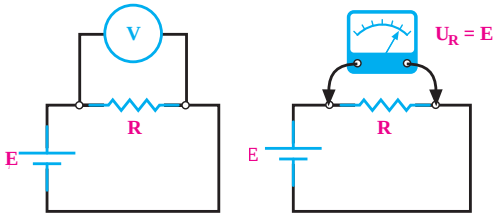
$$I_{R_1}=I_{R_2}=I_{R_3}=I_{R_4}=I_T$$

۳-۱-۳ عامل غیر مشترک در مدار سری

اگر به دو سر یک مقاومت ولتاژ مشخصی داده شود، تمام آن ولتاژ در دو سر مقاومت افت می کند، شکل ۴-۳.

CarGeek.Live

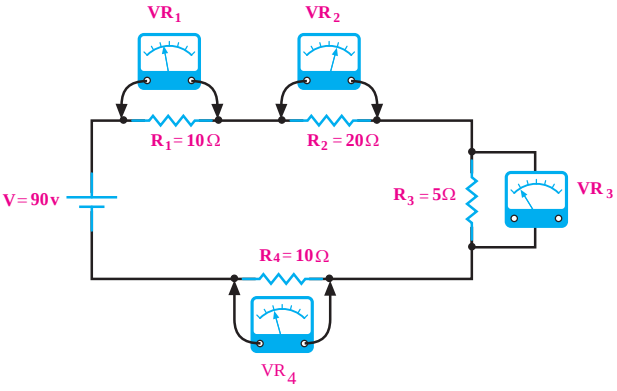
CarGeek.Live



شکل ۴-۳ ولتاژ در دو سر مقاومت

مقدار ولتاژ دو سر مقاومت را به کمک ولت متر می‌توان اندازه گرفت. در واقع ولتاژ منبع با ولتاژ دو سر مقاومت برابر است.

چنان‌چه در یک مدار سری، چندین مقاومت با هم سری شده باشند، ولتاژ به نسبت مقدار مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. به طوری که اگر با ولت‌متر، افت ولتاژهای دو سر هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیریم و با هم جمع کنیم، ولتاژ منبع به‌دست می‌آید، شکل ۵-۳.

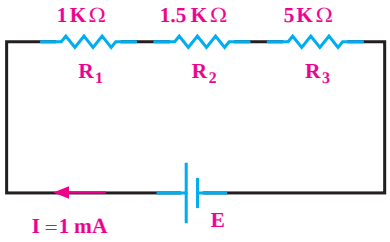


شکل ۵-۳ ولتاژ در مدار سری

$$V=V_1+V_2+V_3+V_4$$

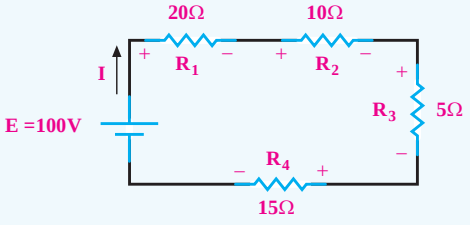
نکته: ولتاژ منبع در یک مدار سری به نسبت مستقیم مقدار مقاومت‌های آن مدار تقسیم می‌شود، یعنی مقاومت بیش‌تر ولتاژ بیش‌تر و مقاومت کم‌تر دارای ولتاژ کم‌تری است.

تمرین کلاسی ۱: در مدار شکل ۶-۳، ولتاژ منبع تغذیه و افت ولتاژ دو سر مقاومت ها را به دست آورید.



شکل ۶-۳

تمرین کلاسی ۲: در مدار شکل ۷-۳، جریان کل مدار را حساب کنید.



شکل ۷-۳

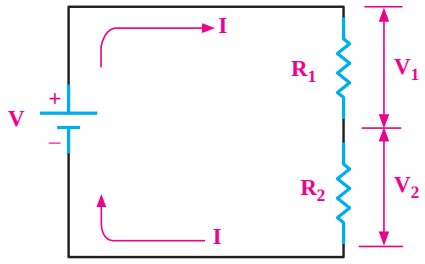
CarGeek.Live

CarGeek.Live

در یک مدار سری، جریان به عنوان یک عامل مشترک برای تمام عناصر موجود در مدار فرض می‌شود.

۳-۱-۴ تقسیم ولتاژ در مدار سری

دو مقاومت طبق شکل ۸-۳ به صورت سری بسته شده اند.



شکل ۸-۳ افت ولتاژ در یک مدار سری

مقدار ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را از روابط زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$V_1 = V\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

بر همین اساس برای محاسبه‌ی ولتاژ V_2 نیز می‌توانیم بنویسیم:

$$V_2 = V\frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

تمرین کلاسی ۳: در صورتی که دو لامپ با مقاومت ۴Ω به صورت سری به باتری ۱/۵ ولت اتصال یابند، افت ولتاژ در سر هر لامپ چند ولت است؟

۳-۱-۵ مفهوم توان در مدار سری

توان کل در یک مدار سری، از مجموع توان‌های مصرف شده در هر یک از مقاومت‌ها به دست می‌آید. اگر مداری شامل n مقاومت سری باشد، توان کل برابر است با:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n$$

برای محاسبه‌ی توان هر یک از مقاومت‌ها و یا توان کل مدار، باید یکی از روابط توان را به کار ببریم که این روابط عبارتند از:

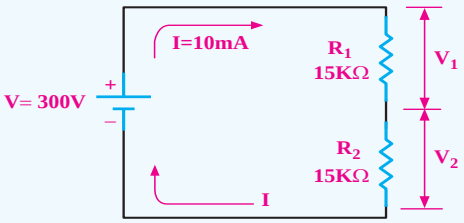
$$P = V.I \quad \text{و} \quad P = \frac{V^2}{R} \quad \text{و} \quad P = RI^2$$

تمرین کلاسی ٤: در مدار شکل ۹-۳ مطلوب است:

الف) افت ولتاژ مقاومت‌ها

ب) توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها

ج) توان کل مدار



شکل ۹-۳

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نکته: توان تولید شـده توسط منبع، برابر مجموع توان‌های مصرف شده در اجزای مدار است.

۳-۱-۶ خرابی در مدارهای سری

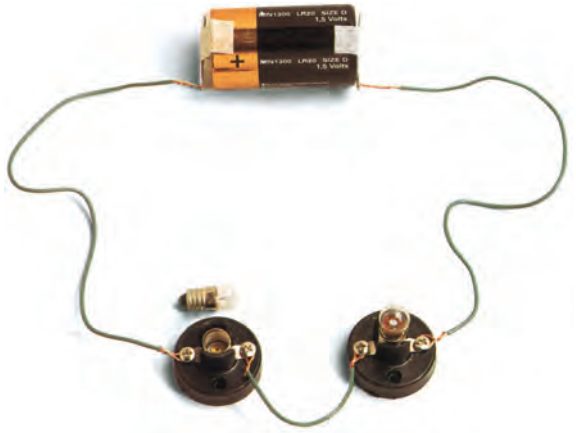
■ **قطع شدن مسـیر عبور جریان:** در صورتی که در مدار سـری به خاطر هر یک از دلایل زیر، مسیر جریان قطع شود، جریان مدار صفر می‌شود.

۱- قطع منبع تغذیه(خالی شدن باتری یا پیل)

۲- قطع شدن سیم‌های رابط (پارگی سیم)

۳- قطع شدن مقاومت مصرف کننده.

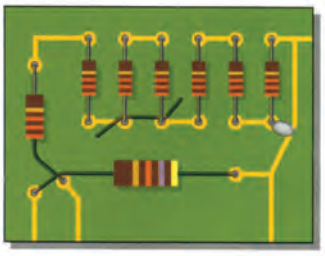
شکل ۱۰-۳ یک نمونه از حالات بالا را نشان می‌دهد. در این مدار، لامپ قطع شده است.



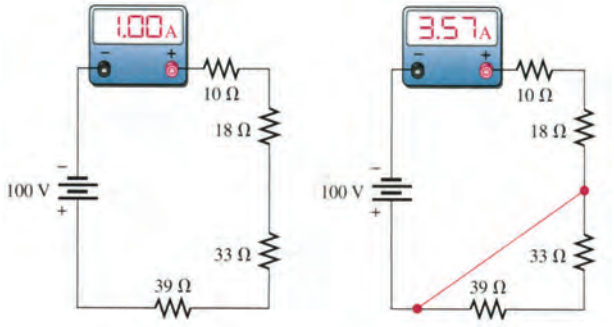
شکل ۱۰-۳ قطع سیم یا لامپ موجب قطع شدن مدار سری می‌شود.

■ **اتصال کوتاه در مدار سری**

در صورتی که در یک مدار سری، اتصال کوتاه رخ دهد، جریان مدار در مقایسه با مقدار اولیه، متناسب با تعداد(مقدار) مقاومت‌های اتصال کوتاه شده، افزایش می یابد. شکل ۱۱-۳ این حالت را نشان می‌دهد.



الف- حالت‌های مختلف اتصال کوتاه روی برد مدار چاپی



ب- جریان مدار در حالتی که دو مقاومت اتصال کوتاه شده‌اند.

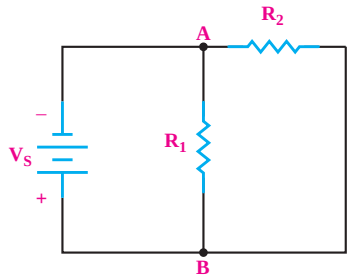
ج - جریان مدار در حالت عادی

شکل ۱۱-۳- وضعیت مدار در حالت عادی و اتصال کوتاه

خوب گوش دادن یک هنر اسـت، سعی کنید خوب گوش دهید تا مطالب درسی را به آسانی یاد بگیرید.

۳-۲ یادآوری مدار موازی

اگر دو یا n مقاومت به صورت شـکل ۱۲-۳ به هم وصل شوند، اتصال موازی شکل می گیرد.



شکل ۱۲-۳ نمونه‌ای از مدار موازی

CarGeek.Live

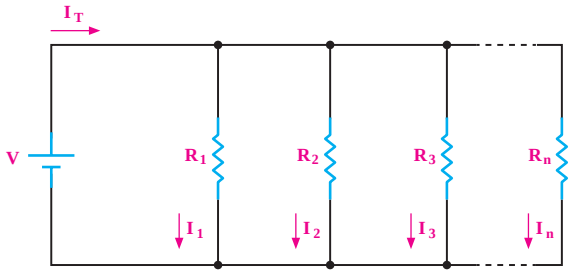
CarGeek.Live

در مدار شـکل ۱۲-۳ یک طرف مقاومت‌ها در نقطه‌ی A و طرف دیگر مقاومت‌ها در نقطه‌ی B به هم وصل شده‌اند.

۱-۲-۳ مقاومت معادل در مدار موازی

برای محاسـبه‌ی مقاومـت معادل در مدار موازی شـکل ۱۳-۳ می‌تـوان از رابطه‌ی نهایی R_T که در زیر آمده اسـت استفاده کرد:

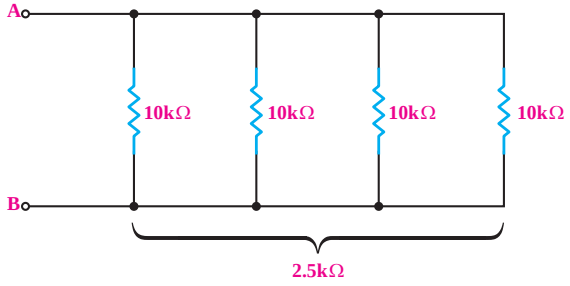
$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+...+\frac{۱}{R_n}$$



شکل ۱۳-۳ مقاومت معادل در مدار موازی

اگـر چنـد مقاومت مسـاوی مطابق شـکل ۱۴-۳ به طور موازی به یکدیگر اتصال داده شوند، مقدار مقاومت معادل از رابطه ی زیر به دست می‌آید:

$$R_T=\frac{R}{n}$$



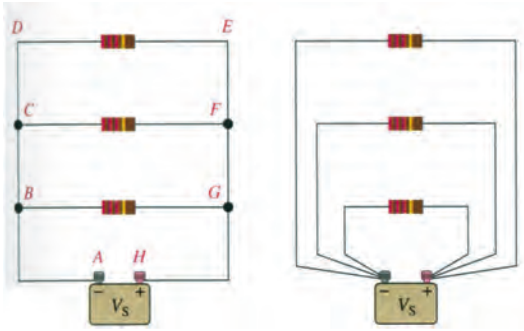
شکل ۱۴-۳ چند مقاومت مساوی به صورت موازی

در رابطـه‌ی بالا،R مقدار یکـی از مقاومت‌ها، و n تعداد مقاومت‌ها می‌باشد.

$$R_T=\frac{R}{n}=\frac{۱۰}{۴}=۲/۵\,K\Omega$$

۲-۲-۳ عامل مشترک در مدار موازی

در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیما به دو سر باتری متصل است، بنابراین ولتاژ دو سر همه‌ی مقاومت‌ها با هم مسـاوی است. **مساوی بودن ولتاژ** در مدار موازی به عنـوان **عامل مشترک** مدار در نظر گرفته می‌شود. در شکل ۱۵-۳، تساوی ولتاژها در مدار موازی دیده می شود.



شکل ۱۵-۳ در مدار موازی، ولتاژ ثابت است.

برای مدارهای موازی، رابطه‌ی زیر صدق می کند:

$$V_۱=V_۲=V_۳=....=V_S$$

به بیانی دیگر :

$$V_{R۱}=V_{R۲}=V_{R۳}=....=V_S$$

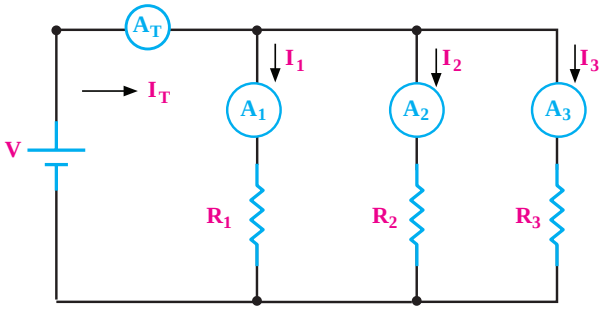
۳-۲-۳ عامل غیر مشترک در مدار موازی

عاملی کـه در مدارهای موازی دارای مقـدار ثابتی برای تمام عناصر مدار نیسـت را «**عامل غیر مشترک**» می‌نامیم. **جریان در هر شـاخه‌ی یک مدار موازی** به نسـبت عکس مقدار مقاومت‌های هر شـاخه تقسیم می‌شود زیرا طبق قانون اهم $I=\frac{V}{R}$ است.

مطابق شکل ۱۶-۳ در هر شاخه از مدار یک آمپرمتر قرار داده شده است:

CarGeek.Live

CarGeek.Live

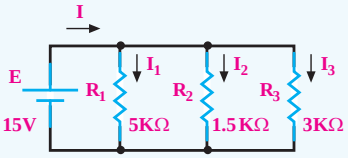


شکل ۱۶-۳ بررسی جریان‌ها در مدار موازی

جریان کل I_T که به وسیله ی آمپرمتر A_T نشان داده می‌شود. از قانون KCL پیروی می کند و مقدار آن از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$I_{A_T}=I_{A_1}+I_{A_2}+I_{A_3}$$
$$I_T=I_1+I_2+I_3$$

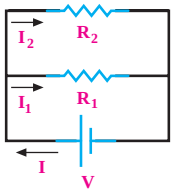
تمرین کلاسی ۵: در مدار شکل ۱۷-۳، شدت جریان هر شاخه و شدت جریان کل را به دست آورید.



شکل ۱۷-۳

۳-۲-۴ تقسیم جریان در مدار موازی

با توجه به شکل ۱۸-۳ و استفاده از قانون اهم برای هر شاخه از مدار موازی و مقاومت معادل در مدار موازی می‌توان روابط زیر را به دست آورد:

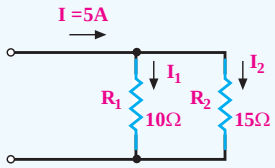


شکل ۱۸-۳

$$I_1 = I\frac{R_2}{R_1+R_2}$$
$$I_2 = I\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

طبق قانون تقسیم جریان، جریان کل در شاخه‌های موازی به نسبت عکس مقاومت‌های شاخه‌ها تقسیم می‌شود.

تمرین کلاسی ۶: شدت جریان هر شاخه از مدار شکل ۱۹-۳ را به دست آورید.



شکل ۱۹-۳

CarGeek.Live

CarGeek.Live

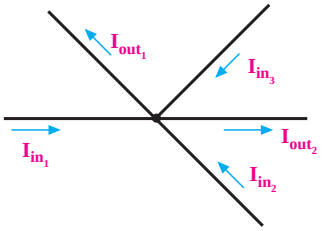
ویژه‌ی هنرجویان علاقه‌مند: نحوه‌ی به دست آوردن رابطه‌ی $I_1 = I\frac{R_2}{R_1+R_2}$ را در شکل ۱۸-۳ تحقیق کنید.

۵-۲-۳ جهت جریان در شاخه‌های موازی

در هر شبکه، انشعاب‌هایی وجود دارد. محل اتصال بیش از دو شاخه یا بیشتر را نقطه‌ی گره یا نقطه‌ی انشعاب می‌گویند.

طبق قانون جریان کریشهف: مجموع جریان‌های وارد شده به هر نقطه‌ی گره با مجموع جریان‌های خارج شده از آن نقطه برابر است.

طبق قانون جریان کریشهف برای شکل ۲۰-۳ می‌توانیم رابطه‌ی زیر را بنویسیم:



شکل ۲۰-۳

$$I_{in_1}+I_{in_2}+I_{in_3}=I_{out_1}+I_{out_2}$$

رابطه‌ی بالا را می‌توانید به صورت رابطه‌ی زیر بنویسید:

$$I_{in_1}+I_{in_2}+I_{in_3}-I_{out_1}-I_{out_2}=0$$

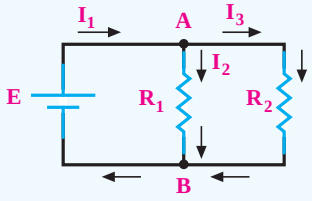
براساس رابطه‌ی بالا، جمع جبری جریان‌ها در یک گره، برابر صفر است.

در این رابطه، جریان‌هایی را که به گره وارد می‌شوند، مثبت و جریان‌هایی را که از گره خارج می‌شوند، منفی در نظر می‌گیریم:

تمرین کلاسی ۷: در مدار شکل ۲۱-۳ تعیین کنید:

الف- تعیین تعداد نقطه‌ی گره

ب- رابطه‌ی جریان در گره‌های A و B را بنویسید.



شکل ۲۱-۳

۶-۲-۳ توان مصرفی در مدار موازی

با استفاده از روابط محاسبه‌ی توان که قبلا گفته شده است، می توانیم مقدار توان را در مدارهای موازی به دست آوریم این روابط عبارتند از:

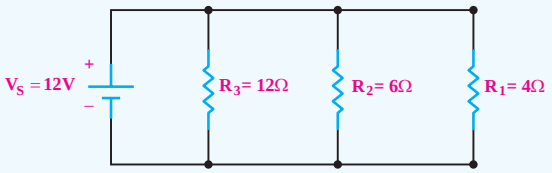
CarGeek.Live

CarGeek.Live

$$P = V.I \quad و \quad P = R.I^2 \quad و \quad P = \frac{V^2}{R}$$

نکته: توان تولید شده توسط منبع با مجموع توان‌های مصرفی شاخه‌های موازی برابر است.

تمرین کلاسی۸: توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها و توان کل مدار شکل ۲۲-۳ را به دست آورید.



شکل ۲۲-۳

تحقیق کنید:

حالت‌های اتصال کوتاه و قطع را در مدار موازی بررسی کنید و مثال‌های دیگری را در این زمینه بیان کنید.

۷-۲-۳ خرابی در مدارهای موازی

در مدارهای موازی نیز دو نوع خرابی متداول است:

الف- خرابی در اثر قطع شدن.

ب- خرابی در اثر اتصال کوتاه.

الف- در مدار موازی عناصری مانند منبع تغذیه، مقاومت و سیم‌های ارتباطی می‌توانند قطع شوند.

- در صورتی که منبع تغذیه قطع شود، جریان در سرتاسر مدار قطع می‌شود.
- چنان‌چه سیم رابط یا مقاومت یکی از شاخه‌ها قطع شود، جریان آن شاخه قطع خواهد شد ولی سایر قسمت‌های مدار به کار خود ادامه می‌دهند.

همان طور که می‌دانید، در سیم‌کشی منازل و اماکن تجاری، مصرف کننده‌ها به صورت موازی متصل می‌شوند. فرض کنید در داخل منزل مشغول تماشای تلویزیون هستید و سیم رابط تلویزیون قطع می‌شود. در این حالت فقط تلویزیون از کار می‌افتد و سایر سامانه‌های برقی منزل به کار خود ادامه می‌دهند.

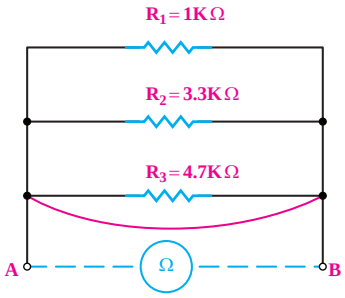
ب- خرابی در اثر اتصال کوتاه

در مدارهای موازی در صورتی که اتصال کوتاهی برای منبع تغذیه یا یکی از عناصر موازی رخ دهد، مدار به طور کامل از کار می‌افتد.

برای مثال فرض کنید در داخل خانه، یکی از پریزها اتصال کوتاه شود، بلافاصله فیوز کنتور اصلی یا تابلوی برق قطع می‌شود و کل سیستم مرتبط با آن مجموعه رااز کار می‌اندازد، شکل ۲۳-۳.

CarGeek.Live

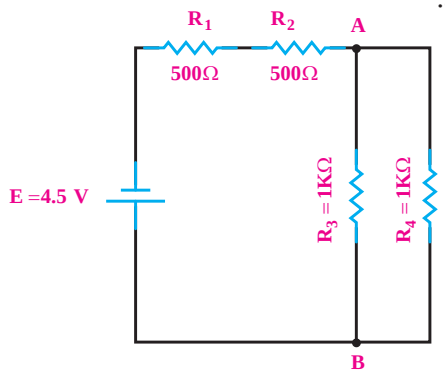
CarGeek.Live



شکل ۲۳-۳ اتصال کوتاه در مدار موازی

۳-۳ مدارهای سری- موازی

مدار سری- موازی به مداری گفته می‌شود که در آن ترکیبی از مقاومت‌های سری و موازی وجود داشته‌باشد. در شکل ۲۴-۳ یک نمونه‌ی مدار سری- موازی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۴-۳

مدارهای سری- موازی از قوانین مربوطه‌ی مدار سری و مدار موازی تبعیت می‌کند. مثلا در شکل ۲۴-۳ مقاومت‌های R_1 و R_2 سری هستند و مقاومت‌های R_3 و R_4 موازی هستند.

تمرین کلاسی ۹ : در مدار شکل ۲۴-۳ مطلوب است:

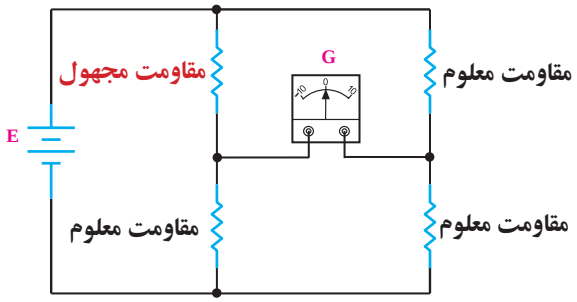
الف- مقاومت معادل مدار.

ب- جریان کل مدار.

۴-۳- پل مقاومت وتستون

۱-۴-۳ ساختمان پل مقاومتی وتستون

یکی دیگر از روش‌های اندازه‌گیری مقاومت اهمی، روش مقایسه است. در این روش مقاومت مجهول را با یک سری از مقاومت‌های معلوم و استاندارد مقایسه می‌کنند. اساس کار پل وتستون که برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی به کار می‌رود، بر مبنای مقایسه‌ی مقاومت مجهول با مقاومت‌های معلوم و استاندارد است. در شکل ۲۵-۳ مدار الکتریکی پل مقاومتی وتستون نشان داده شده است.



شکل ۲۵-۳- مدار الکتریکی پل وتستون

در شکل ۲۵-۳، G علامت قراردادی یک گالوانومتر صفر وسط است که نمونه‌ای از آن در شکل ۲۶-۳ نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

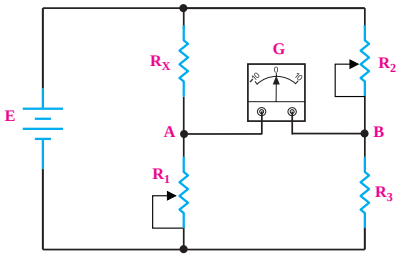
گالوانومتر دستگاه گران قیمت آزمایشگاهی است. برای اجرای آزمایش پل وتستون از مولتی‌متر دیجیتالی استفاده کنید.

شکل ۲۶-۳- یک نمونه گالوانومتر صفر وسط

با توجه به جهت جریان اعمالی به گالوانومتر (صفر وسط)، عقربه‌ای از وسط به سمت چپ یا راست منحرف می‌شود.

در شکل ۲۷-۳، اگر پتانسیل نقطهٔ A با پتانسیل نقطهٔ B برابر باشد جریانی از گالوانومتر عبور نمی‌کند. در این حالت پل درحال تعادل بوده و رابطهٔ زیر برقرار است:

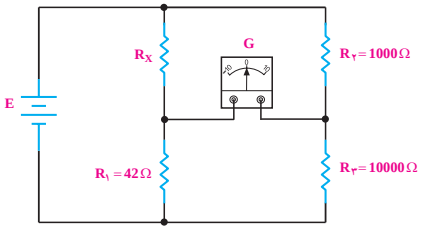
$$R_X.R_3 = R_1.R_2$$
$$R_X = \frac{R_1.R_2}{R_3}$$



شکل ۲۷-۳- مدار الکتریکی پل وتستون

در عمل مقاومت‌های R_1 و R_2 را متغیر انتخاب می‌کنند و این مقاومت را به قدری تغییر می‌دهند تا از گالوانومتر جریانی عبور نکند (عقربهٔ گالوانومتر دقیقاً روی عدد صفر باشد) در ضمن مقادیر مقاومت‌های R_1 و R_2 به وسیلهٔ صفحه مدرج و یا وسایل مشابه در هر لحظه مشخص می‌شود. بنابراین با معلوم بودن R_1 و R_2 و R_3 می‌توان مقدار R_X را محاسبه کرد.

مثال ۱۰: در شکل ۲۸-۳ از گالوانومتر جریانی عبور نمی‌کند. R_X چند اهم است؟



شکل ۲۸-۳- پل وتستون در حالت تعادل

حل:

اگر از گالوانومتر جریانی عبور نکند می‌گوییم پل در حالت تعادل قرار دارد. اگر پل در حالت تعادل باشد. رابطهٔ زیر در آن صادق است:

$$R_X.R_3 = R_1.R_2$$
$$R_X = \frac{R_1.R_2}{R_3}$$

مقادیر را در رابطه قرار می‌دهیم و R_X را محاسبه می‌کنیم:

$$R_X = \frac{۴۲ \times ۱۰۰۰}{۱۰۰۰۰} = ۴/۲\Omega$$

آندره ماری آمپر (۱۸۳۶-۱۷۷۵) فیزیکدان و ریاضیدان فرانسوی که واحد شدت جریان به نام او ثبت شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۳- آزمایش شماره ۱

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

پل مقاومتی وتستون

۱-۵-۳ هدف آزمایش:

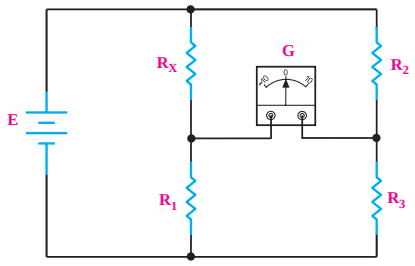
بررسی طرز کار پل مقاومتی وتستون

۲-۵-۳- تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

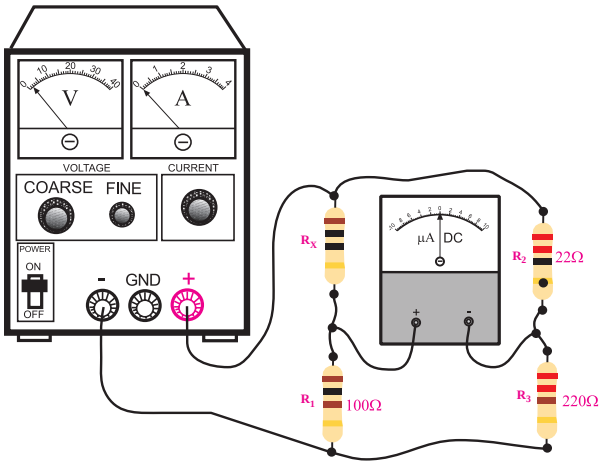
ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۰ - ۱۵V	یک دستگاه
۲	گالوانومتر صفر وسط	یک دستگاه
۳	مقاومت های ۱۰Ω، ۲۲Ω، ۱۰۰Ω، ۱۵Ω، ۲۲۰Ω و ۵/۶ Ω	از هر کدام یک عدد
۴	سیم های دو سر گیره سوسماری	شش رشته
۵	سیم های یک سر گیره سوسماری	شش رشته
۶	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۵-۳- مراحل اجرای آزمایش:

- مقاومت ۱۰Ω را R_X و مقاومت ۱۰۰ Ω را R_1، مقاومت ۲۲Ω اهم را R_2 و ۲۲۰Ω را R_3 نام‌گذاری کنید.
- مدار شکل ۲۹-۳ را ببندید.
- در صورت عدم دسترسی به گالوانومتر صفر وسط، از مولتی‌متر دیجیتالی استفاده کنید و آن را روی رنج میکروآمپرمتر قرار دهید.



الف)نقشه فنی مدار



ب) مدار عملی

شکل ۲۹-۳

- منبع تغذیه را روی ۱/۵ ولت تنظیم کنید.
- در پل وتستون شکل ۲۹-۳ رابطه‌ی $R_X.R_3=R_1.R_2$ برقرار است. لذا مولتی‌متر دیجیتالی باید صفر را نشان دهد.
- منبع تغذیه را قطع کنید.
- مقدار R_X را از مقدار ۱۰ Ω به ۱۵ Ω تغییر دهید.
- ولتاژ منبع تغذیه را روی ۱ ولت تنظیم کنید و به مدار اتصال دهید.
- در این حالت نیز، مولتی‌متر دیجیتالی که روی رنج میکروآمپرمتر قرار دارد، عدد معینی را نشان می‌دهد.
- منبع تغذیه را قطع کنید.

سوال ۱: چرا وقتی به جای R_X=۱۰Ω مقاومت R_X را ۱۵Ω قرار می‌دهیم، مولتی‌متر مقداری را نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ بـه جای مقاومـت R_X=۱۵Ω، مقاومت ۵/۶Ω را قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۱ ولت تنظیم کنید و به مدار اتصال دهید.

■ در ایـن حالت نیـز مولتی‌متر دیجیتالـی که روی رنج میکروآمپرمتر قرار دارد، باز هم عدد معینی را نشان می‌دهد.

سوال ۲: چرا وقتی به جای مقاومت R_X=۱۵Ω ، مقاومت ۵/۶Ω را قرار می‌دهیم، مولتی‌متر دیجیتالی به جای صفر عدد معینی را روی صفحه نشان می‌دهد؟ توضیح دهید.

۳-۵-۴ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۳-۶ اطلاعات مقدماتی لحیم‌کاری

منظـور از لحیـم‌کاری اتصـال دو یا چند قطعـه‌ی فلز به یکدیگر اسـت. این عمل به‌وسـیله‌ی آلیاژی از قلع و سـرب گاهی همراه با سـایر فلزات که آن‌هـا را لحیم می‌نامند انجام می‌شـود. برای انجـام لحیم کاری، ابتدا محـل اتصال دو فلز را با وسـیله‌ای در حدی گرم می‌کنیم کـه دمای آن محل به نقطه‌ی ذوب لحیم برسـد و لحیم در محل اتصال ذوب شود. در نتیجه، پس از سرد شدن محل اتصال دو قطعه به هم متصل می‌شوند.

۳-۶-۱ انواع لحیم کاری

برای ایجـاد یک اتصـال معمولا از دو نـوع لحیم‌کاری سـخت و لحیم‌کاری نرم اسـتفاده می‌شـود. در لحیم کاری سخت (خشن) درجه حرارت کار بالا است و در لحیم کاری نرم(سست) درجه حرارت کار نسبتا پایین است.

۳-۶-۲ روغن لحیم

یکی از مهم‌ترین موادی که در عملیات لحیم‌کاری از آن استفاده‌می‌شود روغن لحیم است.

تمام فلزاتی که می‌خواهند به یکدیگر متصل شوند ممکن اسـت در اثر عوامل جوی اکسید شـوند و یا سطوح خارجی آن‌ها کثیف و آلوده باشد. برای از بین بردن این عوامل از مواد پاک‌کننده(روغن لحیم) اسـتفاده می‌شود. این مواد علاوه بر آن‌که آلودگی سطوح قطعات را پاک می‌کنند مانع از اکسیده شـدن محل اتصال در خلال عمل لحیم‌کاری نیز می‌شـوند، لذا تمام مـواد پاک‌کننده‌ای را کـه می‌توانند ترکیباتی نظیر اکسـیدها را در خود حل کنند، در ردیف روغن‌های لحیم به شـمار می‌آورند. به این روغن‌ها، روغن‌های کروسیو (corrosive) یا ساینده می‌گویند. از روغن‌های کروسیو

CarGeek.Live

CarGeek.Live

عموماً برای لحیم کاری خشن و قطعات بزرگ و حجیم استفاده می‌شود. معمولا در لحیم‌کاری عناصر الکترونیکی این نوع روغن‌ها را به کار نمی‌برند، ضمن این که با استفاده از این نوع روغن لحیم عمل لحیم کاری راحت‌تر انجام می‌شود. دلیل استفاده نکردن از این روغن‌ها در لحیم‌کاری الکترونیک، درجه حرارت پایین لحیم‌کاری در صنایع الکترونیک است. در این درجه حرارت روغن لحیم تجزیه و تبخیر نمی‌شودو در محل اتصال باقی‌می‌ماند و در نهایت سبب خورده شدن محل اتصال می‌شود.

در کارهای الکترونیکی(لحیم‌کاری نرم) از روغن‌های نان‌کروسیو یا غیرساینده استفاده می کنند که از نوع مواد آلی(کربنی) هستند.

این مواد در خلال عمل لحیم کاری تجزیه و تبخیر می‌شوند و در نتیجه مواد زاید و اکسیدها را در محل اتصال از بین می‌برند.

ویژه‌ی هنرجویان علاقمند:

در صورتی که تمایل دارید، ترکیب روغن لحیم نان‌کروسیو را پیدا کنید و درباره‌ی آن توضیح دهید.

۳-۶-۳ خواص روغن لحیم

روغن لحیم باید دارای خصوصیاتی به شرح زیر باشد:

۱- نقطه‌ی ذوب روغن لحیم باید کم‌تر و پایین‌تر از نقطه‌ی ذوب لحیم باشد تا زودتر ذوب شود و سطح فلز را پاک کند.

۲- روغن لحیم ذوب شده باید قدرت نفوذ و گسترش در سطح فلز را داشته باشد ولی نباید روی سطح فلز پخش شود.

۳- روغن لحیم نباید با فلزات به صورت ترکیب درآید.

۴- روغن لحیم باید اکسیدها را به آسانی درخود حل کند.

۵- اثر روغن لحیم باید تا پایان عمل لحیم‌کاری باقی‌بماند و درضمن عمل لحیم‌کاری از اکسید شدن سطح اتصال جلوگیری کند.

۴-۶-۳ لحیم

لحیم آلیاژی است از سرب و قلع که نقطه‌ی ذوب آن پایین است. آلیاژ لحیم را به صورت سیم‌های مفتولی با قطرهای محدود ۰/۵ تا ۴ میلی‌متر می‌سازند. در داخل اغلب این سیم‌ها معمولا سوراخی سرتاسری وجود دارد که روغن لحیم در داخل آن قرار می‌گیرد.(سیم لحیم با مغزی روغن).

نسبت قلع و سرب در آلیاژ لحیم بین ۴۰ تا ۶۰ درصد تغییر می‌کند.

در عمل، سیم‌های لحیم را معمولا با آلیاژهای ۶۰/۴۰، ۵۰/۵۰ و ۴۰/۶۰ می‌سازند. لحیم ۶۰/۴۰ آلیاژی است که در آن به نسبت ۶۰ درصد قلع و ۴۰ درصد سرب وجود دارد. هرچه درصد قلع بیش‌تر باشد لحیم در درجه حرارت کم‌تری ذوب می‌شود. مثلا لحیم ۶۰/۴۰ در درجه حرارت حدود ۱۹۰°C ذوب می‌شود. در صورتی که لحیم ۴۰/۶۰ برای ذوب شدن به حداقل ۲۳۵°C حرارت نیاز دارد. چون حرارت زیاد سبب معیوب شدن وسایل نیمه‌هادی نظیر دیود، ترانزیستور و آی‌سی و خرابی مدارهای چاپی می شود لذا برای انجام لحیم کاری قطعات الکترونیکی لحیم با درصد قلع بیش‌تر(حداکثر ۶۰ درصد) مناسب‌تر است که البته گران‌تر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

است. بهترین لحیم برای عمل لحیم کاری در الکترونیک آلیاژ ۶۳/۳۷ (۶۳ درصد قلع و ۳۷ درصد سرب) است.

در شکل ۳۰-۳ قرقره‌های مختلف لحیم با درصد قلع و سرب و قطر سیم مختلف نشان داده شده است.

شکل ۳۰-۳ قرقره‌های مختلف لحیم

شکل ۳۱-۳ میله‌ی لحیم را نشان می‌دهد. اگر میله ی لحیم دارای ۶۰ درصد قلع و ۴۰ درصد سرب باشد نقطه‌ی ذوب آن حدود ۱۸۳ تا ۱۹۰°C است.

شکل ۳۱-۳ میله لحیم

شکل ۳۲-۳ قرقره‌ی لحیم را روی پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی آن برای میز کار نشان می‌دهد.

شکل ۳۲-۳- قرقره‌ی لحیم و پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی آن

آلیاژ لحیم ممکن است دارای ۶۰ درصد قلع و ۳۸ درصد سرب و ۲ درصد مس باشد. قطر سیم لحیم ممکن است ۰/۶mm، ۰/۸mm، ۱mm، ۱/۵mm یا ۲mm و بیش‌تر باشد.

نکته‌ی مهم:

با توجه به پیشرفت تکنولوژی در صنایع الکترونیک و گستردگی قطعات الکترونیکی، امروزه تنوع روغن لحیم و لحیم نیز بسیار زیاد شده است. برای کسب اطلاعات بیش‌تر می‌توانید با استفاده از کلمات Desoldering، Soldering Rewerk ، یا Soldering paste در یکی از موتورهای جست‌وجو در اینترنت به اطلاعات بیش‌تری دسترسی پیدا کنید.

۳-۷ وسایل لحیم کاری

برای لحیم‌کاری دو یا چند قطعه‌ی فلزی به یکدیگر باید ابتدا نقاط مورد نظر آن‌ها را گرم کنید و سپس عمل لحیم کاری را انجام دهید. وسیله‌ای که حرارت مورد نیاز را برای لحیم‌کاری تامین می‌کند **هویه** نام دارد. هویه بر دو نوع است. هویه‌ی ساده و هویه‌ی برقی.

۳-۷-۱ هویه‌ی ساده:

هویه‌ی ساده از سه قسمت تشکیل شده است.

الف- سر هویه، که شبیه چکش و از جنس مس است.

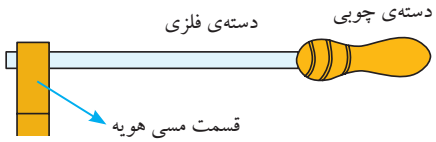
ب- دسته‌ی هویه که مفتولی از آهن است.

ج- دسته‌ی چوبی هویه که در انتهای دسته‌ی فلزی قرار دارد.

در شکل ۳۳-۳ یک نمونه هویه‌ی ساده نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳۳-۳ یک نمونه هویه‌ی ساده

برای تمیز کردن نوک هویه، از دستورالعمل داده شده توسط کارخانه‌ی سازنده استفاده کنید و هرگز با سمباده اقدام به تمیز کردن نوک هویه نکنید.

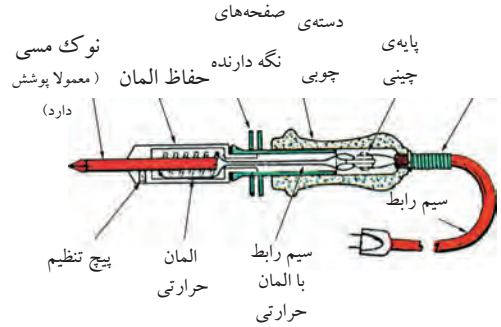
۳-۷-۲ هویه‌ی برقی

هویه‌ی برقی بر دو نوع است، هویه‌ی قلمی(مقاومتی) و هویه‌ی هفت‌تیری.

■ **هویه‌ی قلمی:** در ساختمان این نوع هویه‌ها معمولاً از سیم‌های حرارتی مانند کرم نیکل یا کرم آلومینیوم استفاده می‌شود.

در این نوع هویه سیم گرم کننده را روی عایقی از آجرنسوز که وسط آن خالی است می‌پیچند. یک میله‌ی مسی که همان نوک هویه است در داخل محفظه‌ی خالی قرار می‌گیرد. در اثر عبور جریان از سیم گرم کننده حرارت ایجاد می‌شود. حرارت به میله ی مسی انتقال می‌یابد.

شکل ۳۴-۳ قسمت‌های مختلف یک هویه‌ی قلمی را که از نوک هویه، المان گرم کننده، حفاظ، دسته‌ی چوبی و سیم رابط و غیره تشکیل شده است نشان می‌دهد.



شکل-۳۴-۳ قسمت‌های مختلف یک هویه‌ی قلمی

در بعضی از انواع هویه‌های قلمی نوک و المان حرارتی آن قابل تعویض است. شکل ۳۵-۳ این نوع هویه را نشان می‌دهد.

شکل ۳۵-۳ هویه‌ی قلمی با نوک و المان حرارتی قابل تعویض

۳-۷-۳ انواع هویه‌های قلمی

هویه‌های قلمی در اندازه‌های کوچک با توان ۱۰ وات تا اندازه‌های بزرگ با توان ۵۰۰ وات ساخته می‌شوند. شکل ۳۶-۳ چند نمونه از این هویه‌ها را در توان‌ها و اندازه‌های مختلف نشان می دهد.

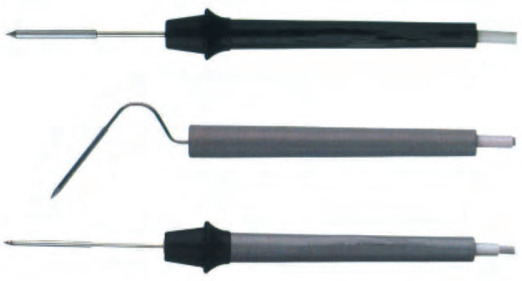
شکل ۳۶-۳ چند نمونه هویه

■ **هویه‌ی قلمی کوچک:** برای لحیم کاری بسیار ظریف و دقیق در مدارهای الکترونیکی بسیار کوچک، مثلاً

CarGeek.Live

CarGeek.Live

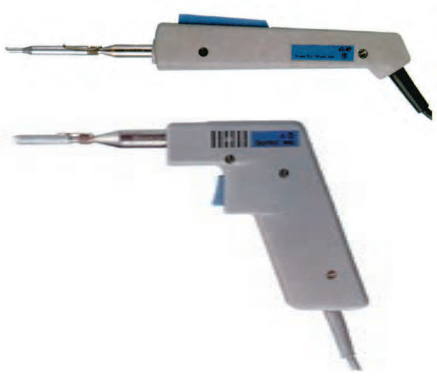
در تولید و تعمیر ساعت الکترونیکی یا مهندسی پزشکی و دندانپزشکی، از هویه‌ی قلمی کوچک استفاده می‌کنند. شکل ۳-۳۷ چند نمونه از این هویه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳۷ هویه‌های قلمی کوچک

این هویه‌ها در توان ۵W ساخته‌می‌شوند و با ولتاژ کم مانند باتری ۶ ولتی یا ترانسفورماتور ۶ ولتی کار می‌کنند.

۳-۷-٤- هویه‌ی سرعت بالا: این هویه معمولا برای تعمیر به‌کار می‌رود. با اتصال هویه به برق بلافاصله حرارت نوک آن بالا می رود. به علت اینکه مقاومت حرارتی این نوع هویه‌ها دارای ضریب حرارتی مثبت (PTC) است، با گرم شدن مقاومت حرارتی، اهم آن افزایش می‌یابد که سبب می‌شود جریان عبوری کم شود و در نتیجه حرارت نوک هویه کاهش یابد. در شکل ۳-۳۸ نوعی از این هویه‌ی سرعت بالا نشان داده شده است. این نوع هویه در حالت سرد دارای توان ۱۵۰W و در حالت گرم دارای توان ۶۰ وات است.



شکل ۳-۳۸ دو نمونه هویه‌ی سرعت بالا

۳-۷-۵- هویه با کنترل الکترونیکی درجه حرارت: در بعضی از هویه‌ها درجه حرارت هویه درضمن کار قابل کنترل است. شکل ۳-۳۹ این نوع هویه را نشان می‌دهد. المنت(عنصر حرارتی) به کار رفته در این هویه مانند یک پروب حرارتی عمل می‌کند. درجه حرارت کار هویه‌ی نشان داده شده در این شکل از ۲۰۰ تا ۴۴۰ درجه سانتی‌گراد قابل تغییر است.

شکل ۳-۳۹ هویه با کنترل الکترونیکی

۳-۷-۶- هویه‌ی گازی

برای انجام عمل لحیم کاری در مواردی که برق وجود ندارد می‌توان از هویه‌ی گازی استفاده کرد. جرقه‌زن‌های پیزوالکتریک، گاز را مشتعل کرده و حرارت آن نوک هویه را گرم می‌کند.

شکل ۳-۴۰ یک نوع هویه‌ی گازی را نشان می‌دهد. این هویه دارای توان ۸۰ تا ۱۵۰ وات است و مخزن گاز آن با گاز بوتان پر می‌شود. یک مخزن گاز می تواند تا ۱۸۰ دقیقه کار کند.

شکل ۳-۴۰ یک نمونه هویه‌ی گازی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

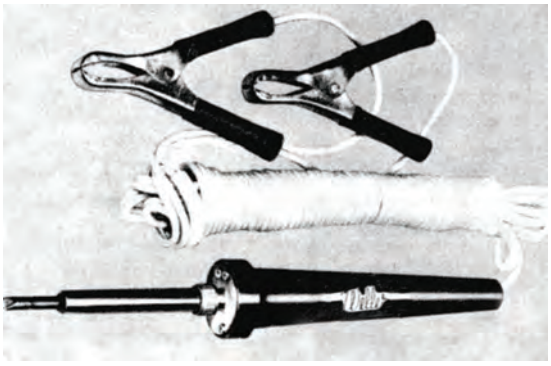
نوع دیگـری از هویه‌ی گازی وجـود دارد که نوک آن قابل تعویض اسـت. از این جهت با تعویض نوک آن می‌توان استفاده‌های مختلفی از آن به عمل آورد. شکل ۴۱-۳این نوع هویه کار نوک‌های مختلف آن را نشان می‌دهد.

شکل ۴۱-۳ هویه‌ی گازی با نوک قابل تعویض

توان این نوع هویه‌ها معمولا از ۲۵ تا ۱۲۵ وات اسـت و با گاز بوتان کار می‌کند. یک مخزن گاز می‌تواند حداکثر ۱۲۰ دقیقه سرویس دهد.

۳-۷-۷ هویه‌ی قلمی باتری دار

برای آن‌که بتوان عمل لحیم کاری را در موقعیت‌هایی که برق شـهری وجود ندارد نیز انجام داد، از هویه‌ی قلمی باتری دار اسـتفاده می کنند. این هویه طوری طراحی شده است که می‌تواند با باتری اتومبیل نیز کار کند. شـکل ۴۲-۳ نمونه ای از این نوع هویه را نشان می‌دهد.

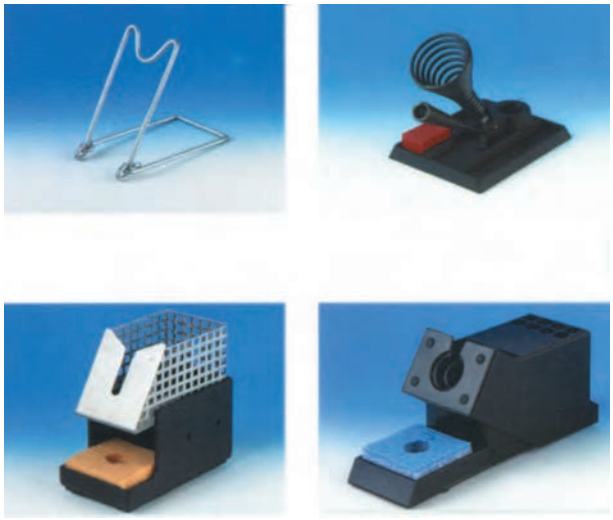


شکل ۴۲-۳ هویه‌ی قلمی باتری‌دار

۳-۷-۸ پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی هویه

چون حرارت هویه ممکن اسـت ناخواسـته به محیط کار آسـیب برسـاند، هنگام کار با هویه گرمی که از آن استفاده نمی‌کنیـم بایـد آن را روی پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی مناسـب قرار دهیم. برخی از پایه‌های نگه‌دارنده دارای اسـفنج نرم نسوز نیز می‌باشند که می‌توان با نم‌دار کردن اسفنج، نوک هویه را تمیز کرد.

در شکل ۴۳-۳ چند نوع پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی هویه‌ی قلمی نشان داده شده است.



شکل ۴۳-۳ چند نمونه پایه‌ی نگه‌دارنده‌ی هویه‌ی قلمی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۷-۳ نکات مهم در تعمیر و نگه‌داری هویه‌های قلمی

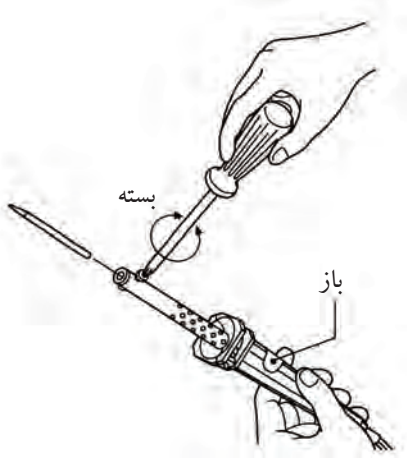
اگـر یک هویه‌ی قلمی به طریق صحیـح و فنی نگه‌داری شـود می‌تواند سال‌های متوالی کار کند. برای این منظور باید نکات زیر را رعایت کنید.

■ همیشـه نوک هویه را قلع اندود کنید. اگر نوک هویه خیلی کثیف اسـت ابتدا به وسـیله‌ی یک سوهان یا سمباده‌ی نرم آن را تمیز کنید، سـپس آن را به گونه‌ای قلع اندود کنید که نوک هویه کاملا براق و درخشـان شود. پس از اتمام کار کمی قلع روی نوک هویه قرار دهید و پس از ذوب شدن، آن را به‌وسـیله‌ی اسـفنج نرم یا پارچه‌ی نم‌دار تمیز کنید. بعضی از نوک‌ها دارای پوشـش فلزی ضد اکسید هستند. برای تمیز کردن این قبیل نوک‌ها نباید سطح نوک را سوهان زد.

■ هنگامی که از هویه اسـتفاده نمی‌کنید دو شاخه‌ی آن را از برق بکشـید زیرا اتصال مداوم هویه به برق سـبب ایجاد حرارت بیش از اندازه در نوک آن می‌شـود و آن را اکسـید می‌کند. اکسید شدن نوک هویه سبب از بین رفتن آن می‌شود. بعضی از هویه‌های قلمی دارای ترموستات هستند. ترموستات حرارت نوک هویه را به‌طور خودکار تنظیم می‌کند.

■ اگر دیدید هویه داغ نمی‌شود، ابتدا پریز را با استفاده از لامپ یا به وسـیله‌ی ولت‌متر AC آزمایـش کنید. پس از اطمینان از وجود برق در پریز، سیم رابط و اتصال آن را به دو شـاخه، کنترل کنید. اگر سـیم‌های رابط سالم بود به وسیله‌ی اهم‌متری مقاومت سـیم حرارتی را اندازه بگیرید. در صورت قطع بودن رشته‌ی حرارتی، اهم‌متر مقاومت بی‌نهایت را نشان می‌دهد. یک هویه‌ی سـالم دارای مقاومـت کمی در حدود چند کیلو اهم است.

اگر سیم حرارتی(المنت) هویه سـوخته باشد می‌توانید با تعویـض آن با یـک قطعه گرم‌کننده‌ی سـالم، هویه را تعمیر کنید. شـکل ۴۴-۳ نحوه‌ی بیـرون آوردن و تعویض قطعه‌ی گرم‌کننده را نشان می‌دهد.



شکل ۴۴-۳ نحوه‌ی بیرون آوردن و تعویض قطعه‌ی گرم کننده در هویه‌ی قلمی

۱۰-۷-۳ هویه‌ی هفت‌تیری (ترانسفورماتوری)

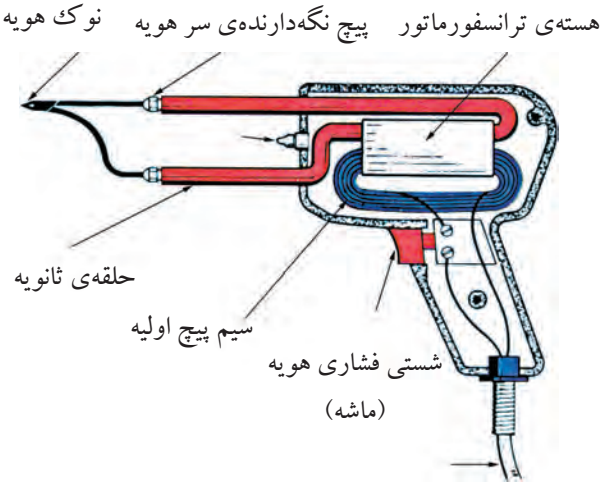
هویـه‌ی هفت‌تیری بر اسـاس اصول کار ترانسـفورماتور کار می‌کند. ترانسفورماتور یا ترانس دارای دو سیم‌پیچ به نام اولیه و ثانویه است. سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه بر روی هسته‌ی آهنی به شـکل U یا E پیچیده شـده‌اند. با توجـه به رابطه‌ی $\frac{N_1}{N_2}=\frac{E_1}{E_2}=\frac{I_2}{I_1}$ چنانچه دور سـیم‌پیچ ثانویه کم‌تر باشـد ترانسفورماتور از نوع کاهنده است و جریان در سیم‌پیچ ثانویه بیش‌تر می‌شود.

هویه‌ی هفت‌تیری بر اسـاس ترانسفورماتوری که سیم‌پیچ ثانویه‌ی آن اتصال کوتاه شـده اسـت کار می‌کنـد. اولیه‌ی ترانسفورماتور از چندین حلقه ی سیم نازک تشکیل شده‌است. ثانویه ی ترانسفورماتور از یک میله‌ی فلزی ساخته شده که دو انتهای آن به‌وسـیله‌ی یک سـیم مفتولی (نوک هویه) به هم مربوط می‌شوند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

با فشـار دادن شستی ماشه‌ای، جریان برقی که در سیم پیچ اولیه جاری می‌شود، در سیم‌پیچ ثانویه جریان زیادی را برقرار می‌کنـد. این جریان باعث گرم شـدن نوک هویه می‌شـود. شکل ۴۵-۳ ساختمان داخلی یک هویه‌ی هفت‌تیری را نشان می دهد. فرق هویه‌ی هفت‌تیری با هویه‌قلمی در این است که هویه‌ی هفت‌تیری در مدت زمان کوتاه‌تری گرم می‌شود. این هویه‌ها برای تولید توان‌های بالا ساخته‌می‌شوند.



شکل ۴۵-۳ ساختمان داخلی یک هویه‌ی هفت‌تیری

۳-۸ قلع‌کش

قلع‌کش وسـیله‌ای اسـت که بـا آن می‌توان لحیـم را از محـل اتصال جدا کـرد. قلع‌کش‌ها در انواع مختلفی سـاخته می‌شوند.

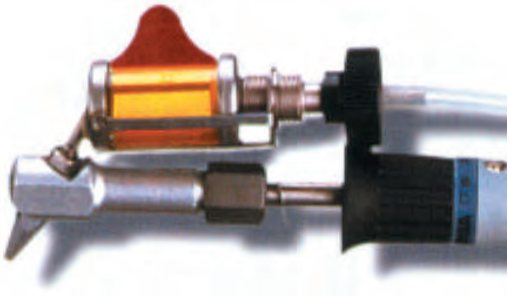
۳-۸-۱ قلع‌کش پیستونی

این قلع‌کش دارای سیلندر و پیسـتون است. با فشار دادن روی دسـته‌ی قلع‌کش، پیسـتون به داخل سیلندر وارد شده و در نقطه‌ی انتهایی قفل می‌شـود. برای برداشـتن قلـع، ابتدا با هویـه لحیم (قلع) محل اتصال را ذوب کرده و نوک قلع‌کش پیسـتونی را به آن نزدیک می‌کنند. سـپس با فشار دادن روی دکمه، فنر آزاد شده و پیستون به عقب کشیده می‌شود و لحیم را به داخل سـیلندر می‌مکد. شکل ۴۶-۳ چند نوع از این قلع کش‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۴۶-۳ چند نمونه از قلع کش پیستونی

۳-۸-۲ قلع‌کش حرارتی

ایـن قلع کش در واقع نوعی هویه اسـت، که خود، لحیم محل اتصال را ذوب می‌کند. سـپس آن را با پمپ دسـتی یا دسـتگاه مکنده‌اش می‌مکد. شـکل ۴۷-۳ نوک این قلع‌کش را نشان می‌دهد.



شکل ۴۷-۳ نوک قلع‌کش حرارتی

نـوک در محل لحیم مانند شـکل ۴۸-۳ قـرار می‌گیرد، سپس دستگاه مکنده، قلع ذوب شده را مکش می‌کند.

شکل ۴۹-۳ قلع‌کش با دستگاه مکنده را نشان می دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۳ طریقه‌ی لحیم‌کاری

برای انجام لحیم‌کاری ابتدا نوک هویه را که در اثر کار کردن کثیف شده است با برس سیمی یا سمباده‌ی نرم تمیز کنید. سپس هویه را به برق وصل کنید تا گرم شود. بعد از این که نوک هویه به درجه حرارت ذوب لحیم رسید مقداری لحیم روی آن قرار دهید تا نوک هویه آغشته به یک لایه‌ی نازک لحیم شود. این عمل از اکسید شدن نوک هویه جلوگیری می کند. برای انجام عمل لحیم‌کاری نکات زیر را رعایت کنید.

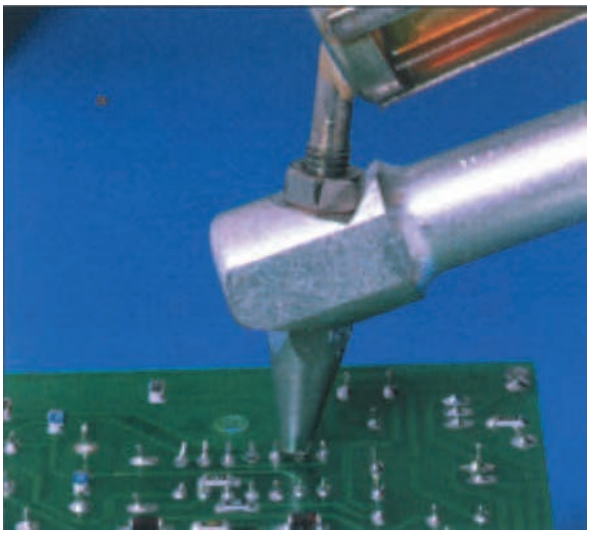
۱- از هویه با وات مناسب استفاده کنید. در الکترونیک هویه‌های ۱۰ وات تا ۴۰ وات برای لحیم کاری مناسب‌اند.

۲- نقاطی را که می‌خواهید لحیم‌کاری کنید با سمباده‌ی نرم یا پارچه‌ی زبر تمیز کنید، زیرا عمل لحیم‌کاری روی سیم‌های کثیف و اکسید شده انجام نمی گیرد.

۳- نوک هویه را کاملا تمیز کنید.

۴- سیم‌ها و عناصری را که می‌خواهید به یکدیگر متصل کنید به‌طور جداگانه حرارت دهید و صبر کنید تا درجه حرارت محل اتصال افزایش یابد، سپس سیم لحیم را روی اتصال گرم‌شده قرار دهید تا ذوب شود و بتواند محل تقاطع دو سیم یا محل اتصال عناصر را کاملا بپوشاند.

۵- هویه را به‌طور پی‌درپی از سطح کار جدا نکنید، زیرا این عمل علاوه بر صرف وقت زیاد موجب لحیم بد در محل اتصال می‌شود، یعنی در این حالت لحیم در محل اتصال به‌طور کامل پخش نمی‌شود و یک اتصال با لحیم‌کاری سرد به‌وجود می‌آید. شکل ۵۰-۳ لحیم‌کاری صحیح و لحیم‌کاری سرد را نشان می‌دهد.



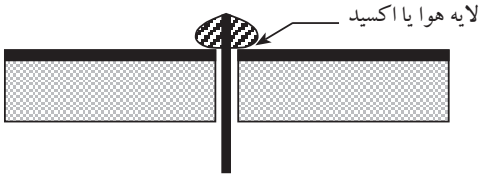
شکل ۴۸-۳ نحوه‌ی قرارگیری قلع‌کش حرارتی

شکل ۴۹-۳ قلع‌کش با دستگاه مکنده

در صورتیکه برای پاک کردن نوک هویه از قلع‌های اضافه، مجبور شدید از قلع کش استفاده کنید، مراقب باشید که ذرات قلع روی لباس و بدن شما یا اطرافیان پرتاب نشود.

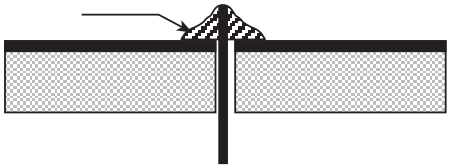
CarGeek.Live

CarGeek.Live



الف) لحیم کاری سرد (غلط)

لحیم به صورت یک نواخت درآمده است.



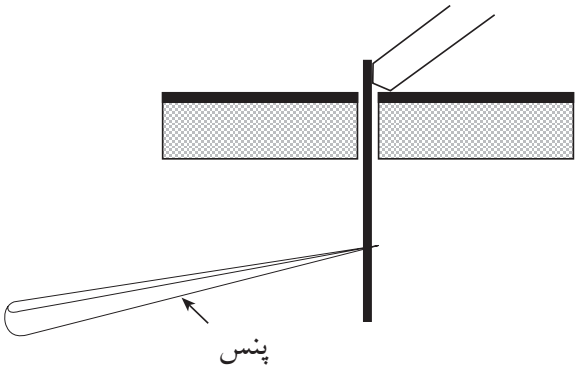
ب) لحیم کاری صحیح

شکل ۵۰-۳ لحیم‌کاری غلط و صحیح

در اتصال با لحیم سرد اگرچه مقدار قلع ظاهرا کافی به‌نظر می‌رسد ولی در زیر لحیم قشری از هوا به‌وجود می‌آید که مانع برقراری اتصال الکتریکی می‌شود. لحیم سرد ممکن است در اثر عوامل دیگری نیز به‌وجود آید. مثلا حرکت دادن اتصال قبل از سرد شدن و نیز کثیف بودن محل اتصال سبب ایجاد لحیم سرد می‌شود. همچنین بیش از حد گرم شدن، محل اتصال سطح دو فلز را اکسید می‌کند و سبب تولید یک لایه اکسید بین دو فلز می‌شود. بروز این حالت در لحیم‌کاری را نیز لحیم سرد گویند. اگر هویه به‌طور مناسب به محل اتصال تماس داده نشود نیز لحیم سرد ایجاد می‌شود. به هر حال مهم‌ترین عامل ایجاد لحیم سرد کافی نبودن گرما در محل اتصال و در هنگام لحیم‌کاری است.

۶- اکثر قطعات الکترونیکی نظیر دیودها، ترانزیستورها و آی‌سی‌ها در مقابل افزایش حرارت مقاوم نیستند و این قطعات در اثر حرارت ناشی از لحیم‌کاری ممکن است آسیب ببینند. برای لحیم‌کاری این عناصر، باید زمان اعمال حرارت در خلال لحیم‌کاری دقیقا تنظیم شود. در هنگام لحیم‌کاری پایه‌ی این قطعات را با پنس یا دم‌باریک، یا هر وسیله ی فلزی دیگر که سبب انتشار حرارت می شود نگه‌دارید.

در شکل ۵۱-۳، پنس پایه‌ی قطعه را گرفته است. در این حالت حرارت پایه به پنس منتقل می‌شود و آسیبی به قطعه‌ی الکترونیکی نمی‌رسد.



شکل ۵۱-۳ نحوه‌ی لحیم‌کاری قطعات الکترونیکی

نوک هویه را هنگامی عوض کنید که هویه کاملا سرد باشد.

قبل از لحیم‌کاری، اطمینان حاصل کنید که قطعات مورد لحیم‌کاری کاملا تمیز باشد.

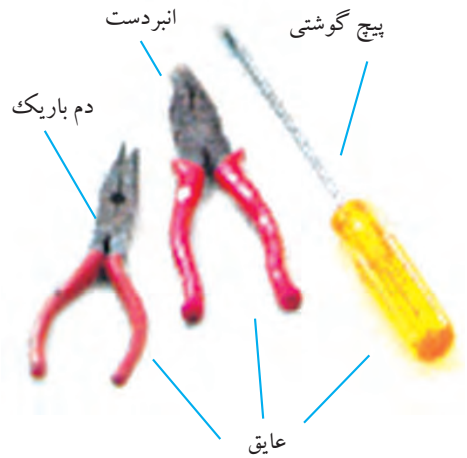
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۱۰ نکات ایمنی این آزمایش

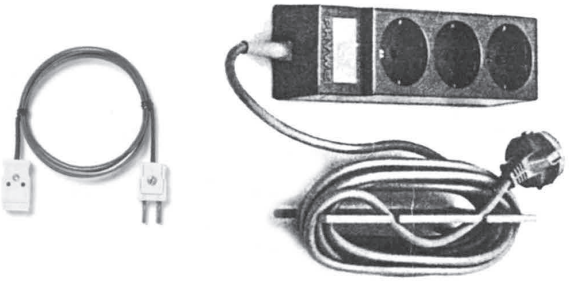
■ لازم است برای اجرای کارهای عملی به دستورات حفاظتی و ایمنی کاملا توجه کنید تا از خطرات احتمالی برق‌گرفتگی یا آسیب رساندن به قطعات و تجهیزات جلوگیری به‌عمل آید.

۳-۱۰-۱ همیشه از ابزار کار استاندارد استفاده کنید. ابزار استاندارد نظیر پیچ‌گوشتی، دم‌باریک و سیم‌چین باید دارای دسته‌ی عایق باشند، شکل ۳-۵۲.



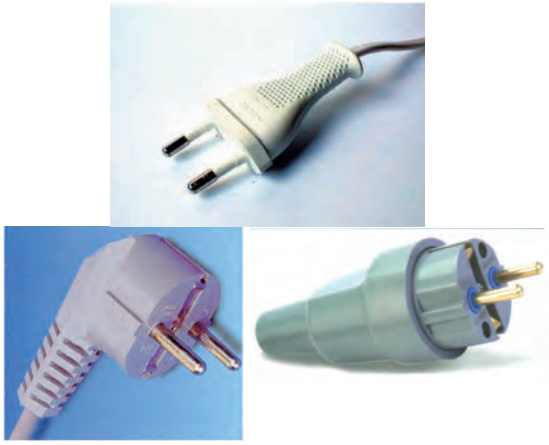
شکل ۳-۵۲ تعدادی ابزار کار استاندارد

۳-۱۰-۲ سیم‌رابط هر دستگاهی را که به برق ۲۲۰ ولت وصل می‌کنید کاملا بررسی کنید تا قسمتی از سیم لخت نباشد. شکل ۳-۵۳ سیم رابط سالم را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵۳ دو نمونه سیم رابط سالم

۳-۱۰-۳ دوشاخه‌ی متصل شده به سیم‌های رابط دستگاه‌ها را بررسی کنید تا شکستگی نداشته‌باشد. شکل ۳-۵۴ چند نمونه دوشاخه‌ی سالم را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۵۴ چند نمونه دوشاخه سالم

۳-۱۰-۴ هنگام جا زدن و یا کشیدن دوشاخه از برق از سیم‌های متصل به آن استفاده نکنید و دوشاخه را مانند شکل ۳-۵۵ به‌طور صحیح در دست بگیرید و مراقب باشید دست شما با قسمت‌های فلزی دوشاخه تماس پیدا نکند.

شکل ۳-۵۵ در دست گرفتن صحیح دوشاخه

۳-۱۰-۵ برای برداشتن قسمت عایق سیم‌ها به منظور لحیم‌کاری از سیم لخت‌کن استفاده کنید. شکل ۳-۵۶- الف و ب دو نوع سیم لخت‌کن ساده و اتوماتیک را نشان می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

(الف)

(ب)

شکل ۵۶-۳- سیم لخت‌کن ساده و اتوماتیک

۳-۱۰-۶ هویه‌ی گرم را روی پایه‌ی مخصوص هویه قرار دهید تا مانع آتش‌سوزی یا سوانح دیگر شود. شکل ۳-۵۷ یک نمونه پایه‌ی هویه‌ی مناسب را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۵۷

۳-۱۰-۷ هنگام لحیم‌کاری مراقب باشید هویه‌ی گرم با لباس یا بدن شما تماس پیدا نکند.

۳-۱۰-۸ هنگام لحیم‌کاری مانند سایر موارد، نظم و انضباط مقرر را به‌طور دقیق رعایت کنید.

۳-۱۰-۹ کارگاه باید مجهز به وسایل اطفاء حریق باشد و این وسایل باید به راحتی در دسترس قرار گیرد. شکل ۳-۵۸ وسایل اطفاء حریق را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۵۸ وسایل اطفاء حریق

نکته‌ی مهم:

برای انجام کارهای عملی لحیم‌کاری، توصیه می‌کنیم از سیم‌های دوررریز موجود در آزمایشگاه استفاده نمایید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳–۱۱ آزمایش شماره‌ی (۲):

اصول کار با هویه و قلع کش

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۳–۱۱–۱ هدف آزمایش:

مونتاژ (سوار کردن) و دمونتاژ (پیاده کردن) قطعات از روی برد مدار چاپی و لحیم‌کاری صحیح.

۳–۱۱–۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات دستگاه‌ها و قطعات	تعداد / مقدار
۱	هویه قلمی	یک عدد
۲	انبردست	یک عدد
۳	سیم‌چین	یک عدد
۴	دم باریک	یک عدد
۵	سیم لخت‌کن	یک عدد
۶	سیم لحیم	به مقدار لازم
۷	پایه‌ی هویه	یک عدد
۸	سیم مفتولی	به مقدار لازم
۹	قلع‌کش پیستونی	یک عدد
۱۰	مدار چاپی	یک فیبر

۳–۱۱–۳ مراحل اجرای آزمایش:

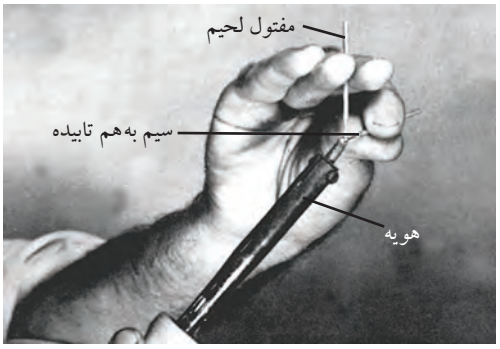
الف- لحیم‌کاری صحیح

■ چند قطعه سیم مفتولی با سطح مقطع ۱/۵ میلی‌متر مربع روپوش‌دار انتخاب کنید.

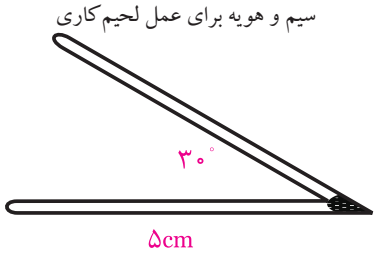
■ دو سر سیم‌ها را، با استفاده از سیم لخت‌کن، به اندازه‌ی یک سانتی‌متر لخت کنید.

■ دو سر سیم‌ها را سمباده‌ی نرم بکشید و آن‌ها را قلع اندود کنید.

■ هر دو سیم را با زاویه‌ی ۳۰° نسبت به هم در دست بگیرید و نوک هویه را در زیر تقاطع آن‌ها قرار دهید. سیم‌ها باید به هم متصل شوند، شکل ۵۹–۳. یک لحیم‌کاری خوب باید مطابق شکل ۶۰–۳ باشد.

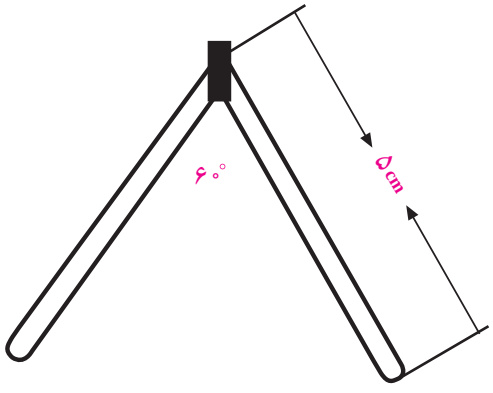


شکل ۵۹–۳- نحوه‌ی صحیح در دست گرفتن



شکل ۶۰–۳- نمونه‌ی صحیح ساختن زاویه‌ی ۳۰°

■ مراحل قبلی آزمایش را برای ساختن زاویه‌ی ۶۰° تکرار کنید. کار در این تمرین باید مطابق شکل ۶۱–۳ باشد.



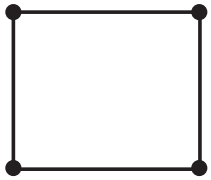
شکل ۶۱–۳- نمونه‌ی صحیح ساختن زاویه‌ی ۶۰°

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ساختن مربع

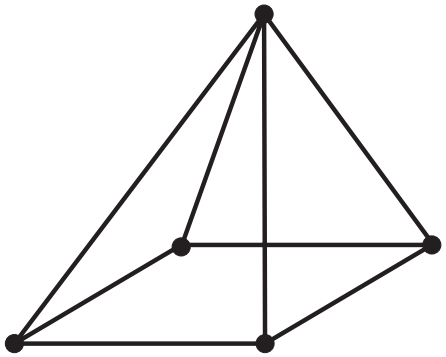
■ با استفاده از ۴ قطعه سیم طبق شکل ۶۲-۳ یک مربع بسازید.



شکل ۶۲-۳ نمونه‌ی صحیح ساختن مربع

ساختن هرم

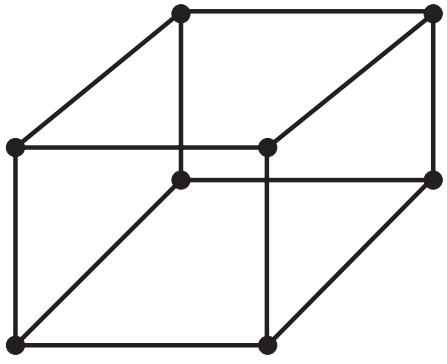
■ با استفاده از چند قطعه سیم، شکل ۶۳-۳ را بسازید.



شکل ۶۳-۳ نمونه‌ی صحیح ساختن هرم

ساختن مکعب با استفاده از چند قطعه سیم

■ شکل ۶۴-۳ را بسازید.



شکل ۶۴-۳ نمونه‌ی صحیح ساختن مکعب

ب- پیاده‌کردن قطعات از روی فیبر مدار چاپی

■ فیبر مدار چاپی را مورد بازبینی قرار دهید و تا حد امکان قطعات روی آن را شناسایی کنید.

■ دستگاه هویه‌ی قلمی را بررسی کنید و از سالم بودن آن مطمئن شوید.

■ قلع کش را آزمایش کنید و از سالم بودن آن مطمئن شوید.

■ هویه را به برق بزنید تا گرم شود.

■ قطعه‌ی تعیین شده توسط مربی یا استادکار را با استفاده از هویه و قلع کش از روی برد بیرون بکشید و آن را به مربی نشان دهید.

■ مرحله‌ی قبل را تکرار کنید تا مهارت لازم را در بیرون آوردن قطعات به دست آورید.

■ هنگامی که مهارت لازم را به دست آوردید از مربی یا استادکار بخواهید کار شما را مورد ارزیابی قرار دهد.

ج- سوار کردن قطعات روی فیبر مدار چاپی

■ نوک هویه را بررسی و در صورت نیاز آن را کاملا تمیز کنید.

■ قطعاتی را که مربی یا استادکار برای شما تعیین می‌کند روی یک فیبر اوراقی سوار کنید.

■ مرحله‌ی قبل را آن‌قدر تکرار کنید تا مهارت لازم را به‌دست آورید.

■ پس از اطمینان از کسب مهارت کافی از استادکار بخواهید کار شما را مورد ارزیابی قرار دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴-۱۱-۳ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف:

ب :

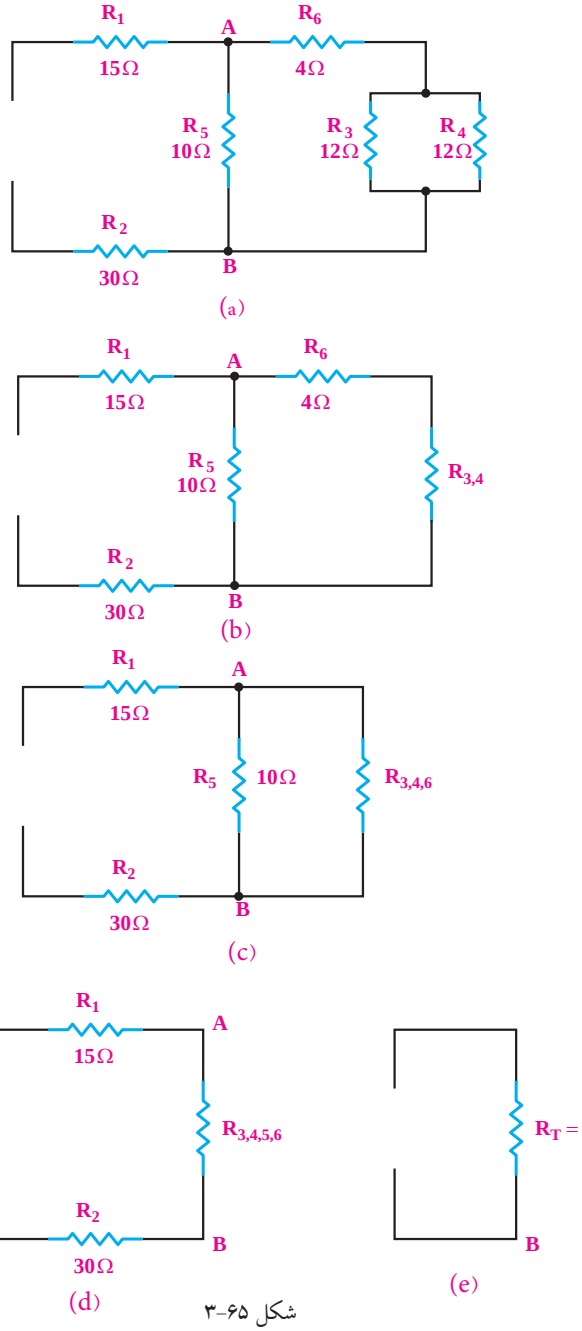
ج:

CarGeek.Live

CarGeek.Live

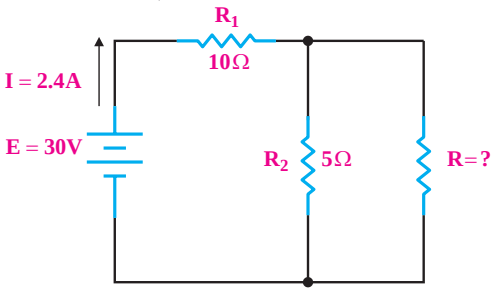
آزمون پایانی فصل (۳)

۱- در شکل ۶۵-۳ مدار (a) داده شده است. مدارهای (b) تا (e) ساده شده‌ی مدار (a) هستند. در روی این شکل‌ها، مقادیر مقاومت معادل‌هایی که مقدار آن‌ها نوشته نشده است را به ترتیب در هر شکل با توجه به شکل قبلی محاسبه کنید و بنویسید.



شکل ۶۵-۳

۲- در شکل ۶۶-۳ مقدار R چند اهم باید باشد؟

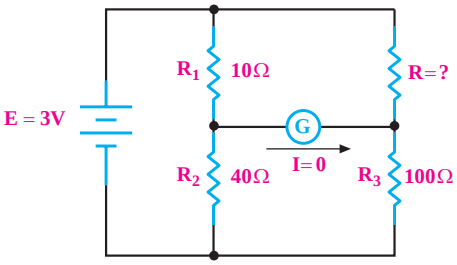


شکل ۶۶-۳

الف) ۵ ب) ۳/۳۳۰

ج) ۱۵ د) ۱۰

۳- در شکل ۶۷-۳ مقدار R چند اهم است؟



شکل ۶۷-۳

الف) ۲۵ ب) ۲۶

ج) ۲۸ د) ۲۹

۴- یک هویه‌ی ساده از چه قسمت‌هایی تشکیل شده است؟ نام ببرید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵- روش صحیح نگه‌داری هویه‌ی قلمی را شرح دهید.

۶- بهتریـــن لحیم برای عمل لحیـــم‌کاری در الکترونیک، آلیاژ ۶۳/۳۷ است.

صحیح ❐ غلط ❐

۷- اساس کار پل وتستون را شرح دهید.

۸- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست؟

الف) توان مصرفی در مدارهای موازی با مجموع توان‌های مصرف کننده‌ها برابر است.

ب) جریان در شـــاخه‌های موازی مدار، به نســـبت عکس مقاومت‌های شاخه‌ها تقسیم می‌شود.

ج) قطع شدن ســـیم‌های رابط باعث صفر شدن جریان در مدار سری است.

د) تـــوان مصرفی در مدار ســـری برابر با تـــوان هر یک از مصرف کننده‌ها است.

۹- مدار سری- موازی را با رسم شکل شرح دهید.

۱۰- خواص روغن لحیم را شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل چهارم

قوانین تونن و نورتن

هدف کلی: آشنایی با منبع ولتاژ و منبع جریان و قوانین تونن و نورتن و به کارگیری آن‌ها در مدارها

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- منبع جریان را تعریف کند.

۲- انواع منبع جریان را نام ببرد.

۳- منبع ولتاژ را تعریف کند.

۴- انواع منابع ولتاژ را نام ببرد.

۵- منابع ولتاژ و منابع جریان را به یکدیگر تبدیل کند.

۶- مدار معادل تونن مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را به‌دست آورد.

۷- مدار معادل نورتن مدارهای الکتریکی جریان مستقیم را به‌دست آورد.

۸- کلیه‌ی هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول بخش اول به آن‌ها اشاره شده است را اجرا کند.

	ساعت آموزش		
توانایی	نظری	عملی	جمع
شماره ۴	۴	۴	۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۴)

۱- عناصر فعال به عناصری گفته می‌شود که انرژی مدار را ..... می‌کنند.

الف) مصرف ب) تامین

۲- منبع ولتاژ حقیقی را می‌توان منبع ولتاژ ایده‌آلی دانست که یک مقاومت اهمی.....، با آن ..... شده باشد.

الف) کوچک- سری ب) کوچک- موازی

ج) بزرگ- سری د) بزرگ- موازی

۳- منابع جریان واقعی، منابع جریان ایده‌آلی هستند که با یک مقاومت اهمی بزرگ به صورت موازی قرار گرفته‌اند.

صحیح ❐ غلط ❐

۴- کدامیک از جملات زیر صحیح نیست؟

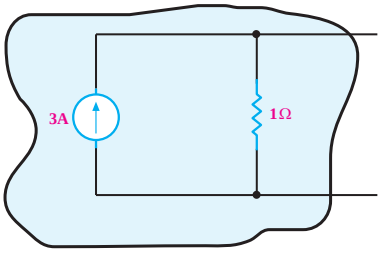
الف) منابع جریان ایده‌آل، در بارهای مختلف، جریان ثابتی به مدار می‌دهند.

ب) منبع ولتاژ حقیقی منبعی است که با افزایش بار، ولتاژ خروجی آن کاهش می‌یابد.

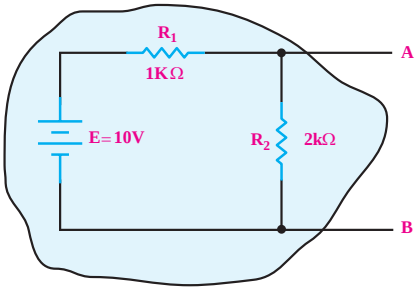
ج) منابع ایده‌آل را می‌توان به یکدیگر تبدیل کرد و توان آن را افزایش داد.

د) برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان، مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

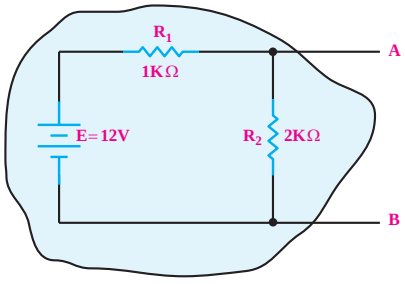
۵- منبع ولتاژ معادل منبع جریان شکل زیر را به‌دست آورید.



۶- مدار معادل نورتن شکل زیر را از دو نقطه‌ی A و B به‌دست آورید.



۷- مدار معادل تونن مدار زیر را از دو نقطه‌ی A و B به‌دست آورید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

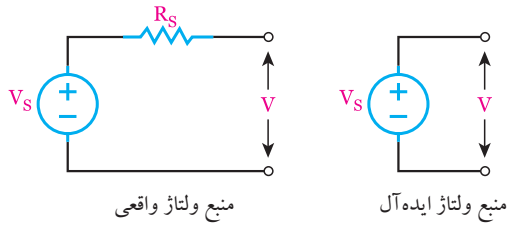
۴–۱ عناصر فعال مدارهای الکتریکی

عناصر فعال به عناصری گفته می‌شود که انرژی مدار را تأمین می‌کنند. این عناصر منابع ولتاژ و منبع جریان هستند. هر یک از این دو منبع به دو گروه منابع ایده‌آل و منابع حقیقی تقسیم می‌شوند.

۴–۱–۱ منابع ولتاژ

منبع ولتاژ ایده‌آل منبعی است که بتواند در بارهای مختلف، ولتاژ ثابتی را به مدار بدهد. منبع ولتاژ حقیقی، منبعی است که با افزایش بار (کاهش مقاومت مدار)، ولتاژ خروجی آن کاهش می‌یابد.

منبع ولتاژ حقیقی را می‌توان منبع ولتاژ ایده‌آلی دانست که یک مقاومت اهمی کوچک با آن سری شده است. منابع تغذیه در صنعت، منابع ولتاژ حقیقی هستند و منابع ولتاژ ایده‌آل وجود خارجی ندارند ولی با تقریب می‌توان منابع ولتاژ با انرژی بسیار بزرگ را ایده‌آل فرض کرد. شکل ۱–۴یک نمونه منبع ولتاژ ایده‌آل و یک نمونه منبع ولتاژ واقعی را نشان می‌دهد.

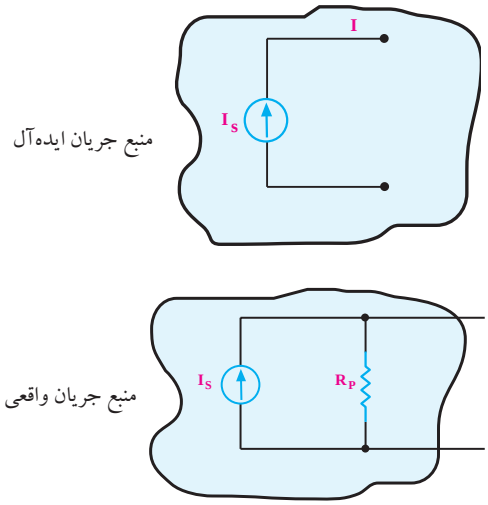


شکل ۱–۴ دو نمونه منبع ولتاژ

۴–۱–۲ منابع جریان

منابع جریان ایده‌آل منابعی هستند که در بارهای مختلف، جریان ثابتی به مدار می‌دهند. به عبارت دیگر، اگر مقاومت بار در مدار تغییر کند، ولتاژ آن تغییر می‌کند ولی جریان آن ثابت است. منابع جریان بیش‌تر در مدارهای الکترونیکی دیده می‌شوند و به صورت ایده‌آل وجود ندارند. منابع جریان واقعی، منابع جریان ایده‌آلی هستند که با یک مقاومت بزرگ اهمی به صورت موازی قرار گرفته‌اند.

در این منابع به دلیل ثابت بودن جریان منبع، در صورت تغییر بار، جریان عبوری در مصرف‌کننده قدری تغییر می‌کند. در شکل ۲–۴ دو نمونه منبع جریان ایده‌آل و واقعی را مشاهده می‌کنید.



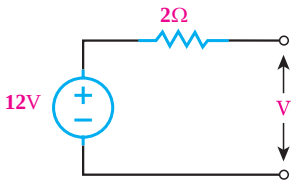
شکل ۲–۴ دو نمونه منبع جریان

۴–۱–۳ تبدیل منابع ولتاژ و جریان به یکدیگر

در تحلیل مدارهای الکتریکی مواردی پیش می‌آید که اگر به جای منبع ولتاژ، یک منبع جریان در مدار قرار گیرد، تحلیل مدار ساده‌تر می‌شود.

برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان کافی است، ولتاژ منبع را بر مقاومت داخلی آن تقسیم کنیم تا مقدار جریان منبع جریان معادل به دست آید. مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

مثال ۱: منبع جریان معادل منبع ولتاژ شکل ۳–۴ را به‌دست آورید.



شکل ۳–۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل:

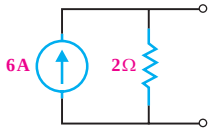
مقاومت داخلی منبع جریان و منبع ولتاژ با هم برابر است:

$$R_S=R_P=۲\Omega$$

مقـدار جریان منبع جریان را از تقسـیم ولتاژ منبع ولتاژ بر مقاومت سری با آن به‌دست می‌آوریم:

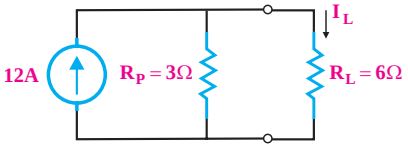
$$I_S=\frac{V_S}{R_S}=\frac{۱۲(V)}{۲(\Omega)}=۶A$$

پس منبع جریان معادل به‌صورت شکل ۴-۴ در می‌آید.



شکل ۴-۴ منبع جریان معادل

مثال ۲: در شـکل ۴-۵ منبع ولتاژ معادل منبع جریان مدار را محاسـبه کنید و شکل مدار را رسـم کنید. جریان مصرف کننـده‌ی R_L را در مـدار منبـع جریان و در مـدار منبع ولتاژ محاسبه کنید.



شکل ۴-۵

حل:

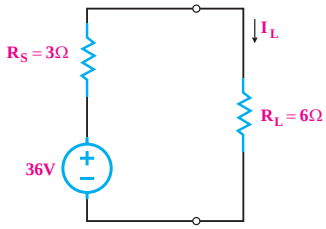
از قانـون تقسـیم جریان بیـن دو مقاومت برای به‌دسـت آوردن I_L استفاده می‌کنیم:

$$I_L=I_{\text{کل}}\times\frac{۳\Omega}{۳+۶}=۱۲\times\frac{۳}{۹}=۴(A)$$

مقدار ولتاژ معادل منبـع ولتاژ از حاصل‌ضرب جریان کل در R_P به‌دست می‌آید:

$$V_S=۱۲\times۳=۳۶(V)$$
$$R_S=R_P=۳\Omega$$

منبع ولتـاژ معادل منبع جریان این مثال را در شـکل ۴-۶ مشاهده می‌کنید.



$$I_L=\frac{۳۶(V)}{۳+۶}=۴(A)$$

شکل ۴-۶ مدار معادل منبع جریان

همان‌طور که ملاحظه می‌کنیـد جریان مصرف کننده در حالتی که منبع جریان در مدار اسـت برابر با زمانی اسـت که در مدار منبع ولتاژ معادل قرار دارد. بدیهی اسـت که ولتاژ دو سـر مقاومت بار و توان مصرفی آن نیز در هر دو حالت، ثابت است.

تذکر: منابع ایـده‌آل را نمی‌توان به یکدیگر تبدیل کرد.

به طور خلاصه برای تبدیل منبع جریان به منبع ولتاژ باید به طریق صفحه بعد عمل کنید:

CarGeek.Live

CarGeek.Live

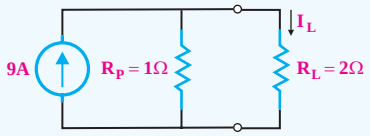
– همیشه مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

$$R_S=R_P$$

– ولتاژ منبع ولتاژ از حاصل‌ضرب جریان در مقاومت داخلی منبع جریان به دست می‌آید.

$$V_S = R_P \times I_S$$

تمرین کلاسی ۱: در مدار شکل ۷–۴، منبع ولتاژ معادل منبع جریان مدار را محاسبه کنید و مدار جدید را رسم کنید. هم‌چنین جریان مصرف کننده‌ی R_L را در مدار منبع جریان و در مدار منبع ولتاژ محاسبه کنید.



شکل ۷–۴

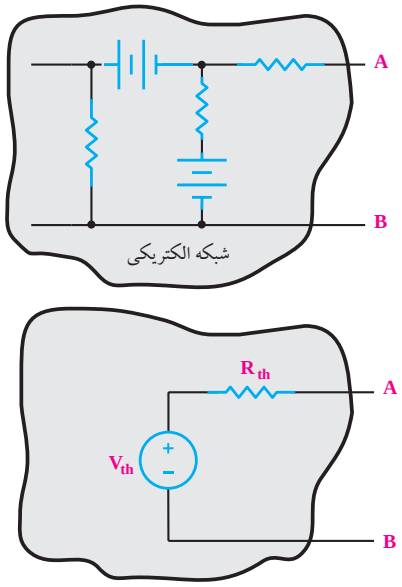
آیا می‌دانید:

یک لامپ کم مصرف ۲۰ وات با بازده‌ی انرژی A در طول عمر خود معادل یک بشکه نفت خام صرفه‌جویی می‌کند.

۴–۲ قضایای تونن و نورتن

۴–۲–۱ قضیه‌ی تونن

طبق قضیه‌ی تونن، هر شبکه‌ی الکتریکی از دو نقطه‌ی مشخص را می‌توان به‌صورت یک منبع ولتاژ و یک مقاومت سری شده با آن معادل نمود، شکل ۸–۴.



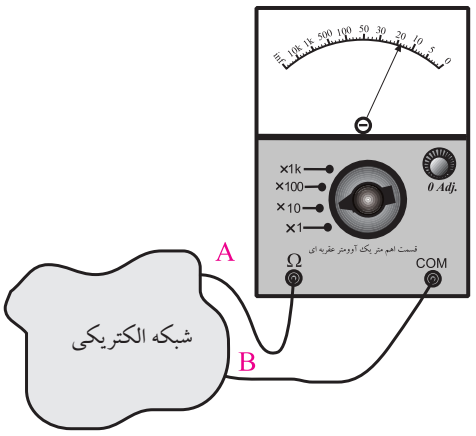
شکل ۸–۴ مدار معادل یک شبکه از دو نقطه‌ی A و B

ولتاژ مدار معادل شده از دو نقطه‌ی A و B با ولتاژ شبکه‌ی اصلی دقیقا برابر است. هم‌چنین مقاومت اهمی شبکه‌ی اصلی با شبکه‌ی معادل شده نیز یکی است.

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل تونن می‌توانیم مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B را به کمک روابط محاسبه کنیم یا به کمک اهم‌متر مستقیما اندازه‌بگیریم، شکل ۹–۴.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



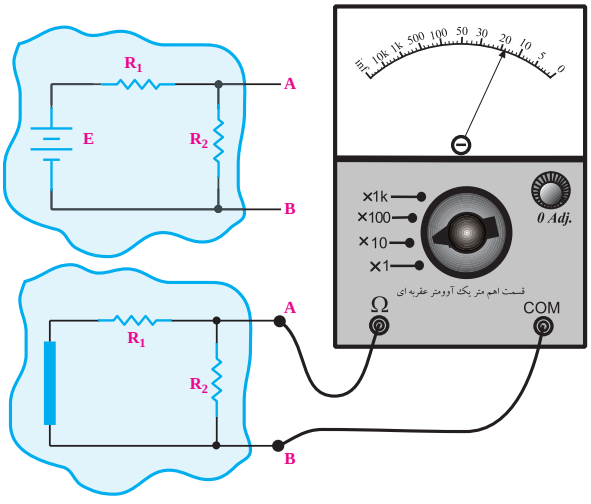
شکل ۹-۴- اهم‌متر مقاومت R_{th} را نشان می‌دهد.

برای به‌دست آوردن R_{th} به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

الف- بار را بر می‌داریم.

ب- منابع ولتاژ را بی‌اثر می‌کنیم. برای این منظور منابع ولتاژ ایده‌آل را اتصال کوتاه می‌کنیم. در شکل ۱۰-۴ به جای منابع ولتاژ واقعی، مقاومت داخلی آن را در مدار قرار داده‌ایم.

پ- از دو نقطه‌ای که بار قرار می‌گیرد (A و B) مقاومت معادل مدار را به‌دست می‌آوریم.

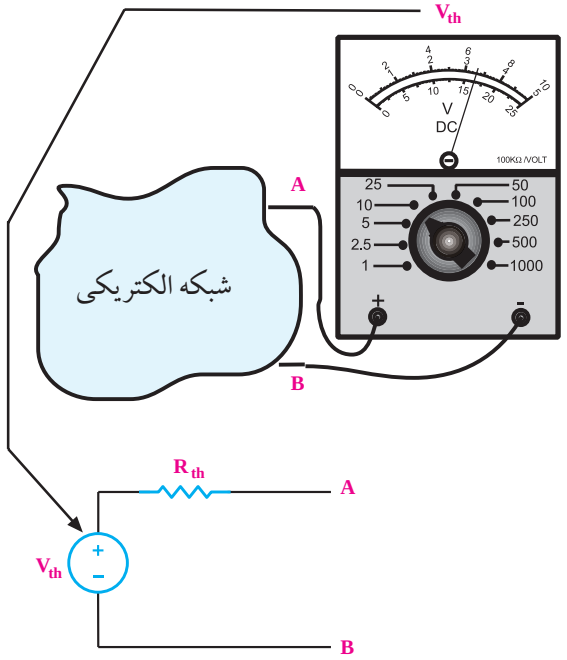


شکل ۱۰-۴ اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن با مولتی‌متر

توجه

هنگام اندازه‌گیری مقاومت معادل تونن با مولتی‌متر، باید منبع ولتاژ را از مدار خارج کنیم و به جای آن مقاومت معادل داخلی آن را قرار دهیم.

برای اندازه‌گیری ولتاژ معادل تونن مدار، باید ابتدا ولتاژ بین دو نقطه مشخص شده را محاسبه کنید یا با ولت‌متر مستقیما ولتاژ را اندازه‌بگیرید، شکل ۱۱-۴.



شکل ۱۱-۴- نحوه‌ی به‌دست آوردن ولتاژ معادل تونن

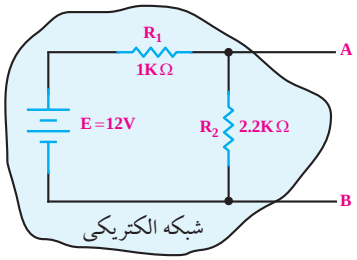
مثال۳: مدار معادل تونن شکل ۱۲-۴ را از دو نقطه‌ی A و B به دست آورید.

حل:

ولتاژ معادل تونن یا ولتاژ بین نقاط A و B در مدار شکل ۱۲-۴، همان ولتاژ دو سر مقاومت R_2 است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

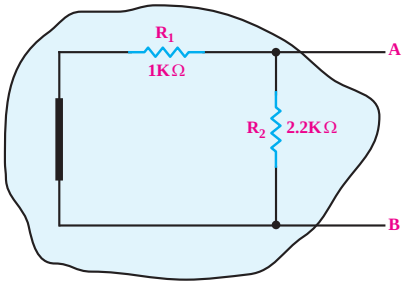


شکل ۱۲-٤

$$V_{AB}=V_{th}=R_{2}.I$$

$$I=\frac{E}{R_{1}+R_{2}}=\frac{12}{1000+2200}=\frac{12}{3200}=0/00375A$$
$$V_{th}=2200\times 0/00375=8/25V$$

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن ابتدا منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا کنید، سپس به جای آن اتصال کوتاه بگذارید، سپس از دو نقطه‌ی A و B، مقاومت معادل مدار را محاسبه کنید، شکل ۱۳-۴.

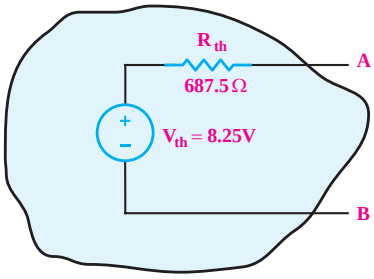


شکل ۱۳-۴ محاسبه‌ی مقاومت معادل تونن

همان‌طور که مشاهده می‌شود از دو نقطه‌ی A و B مقاومت‌های R_1 و R_2 با یکدیگر موازی هستند. لذا داریم:

$$R_{AB}=R_{th}=\frac{R_{1}.R_{2}}{R_{1}+R_{2}}$$
$$R_{th}=\frac{1000\times 2200}{1000+2200}=687/5\Omega$$

مدار معادل تونن مدار شکل ۱۱-۴ به صورت شکل ۱۴-۴ در می‌آید.



شکل ۱۴-۴ مدار معادل تونن

با داشتن آرامش می‌توانید از تمام توانایی‌های خود استفاده کنید. پس سعی کنید در هنگام بروز اضطراب از تکنیک‌های کسب آرامش استفاده کنید.

۴-۲-۲ قضیه‌ی نورتن

بر اساس قضیه‌ی نورتن، می‌توانیم هر شبکه‌ی الکتریکی را از دو نقطه‌ی مشخص به صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل کنیم.

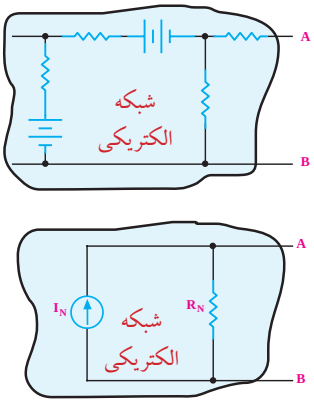
منبع جریان عنصری است که می‌تواند جریان ثابتی را به مدار تزریق کند. این جریان کاملا ثابت بوده و به ولتاژ دو سر آن، یعنی به منبع بستگی ندارد. منبع جریان را با عناصر الکترونیکی و با استفاده از منبع ولتاژ می‌سازند و با علامت قرار دادی شکل ۱۵-۴ نشان می‌دهند.

شکل ۱۵-۴ علامت قرار دادی منبع جریان

شکل ۱۶-۴ مدار معادل نورتن یک شبکه‌ی الکتریکی را نشان می‌دهد.

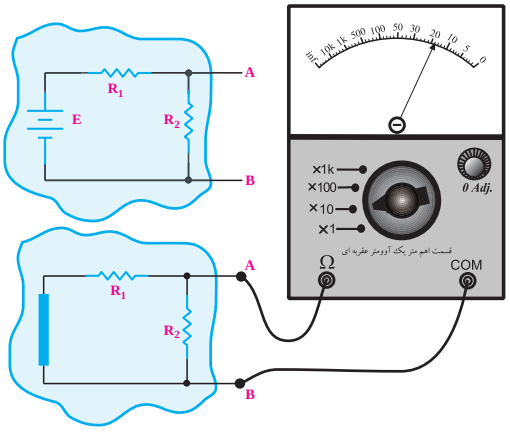
CarGeek.Live

CarGeek.Live



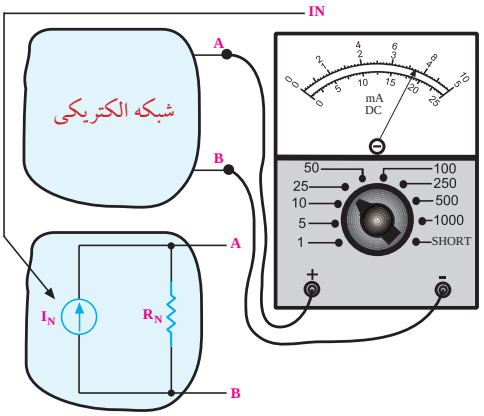
شکل ۱۶-۴ مدار معادل نورتن یک شبکه‌ی الکتریکی

برای به دست‌آوردن مقاومت معادل نورتن می‌توانیم مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B را به کمک روابط محاسبه کنیم یا به کمک اهم‌متر مستقیم اندازه بگیریم. در هر دو حالت، اگر در مدار منبع ولتاژ وجود داشته باشد باید منبع را از مدار جدا کنید و در محل اتصال منبع به مدار یک اتصال کوتاه قرار دهید، شکل ۱۷-۴.



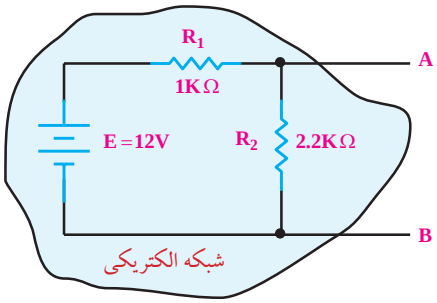
شکل ۱۷-۴ - نحوه‌ی به دست آوردن مقاومت معادل نورتن

برای به‌دست آوردن جریان معادل نورتن مدار، باید بین دو نقطه‌ی A و B در شکل ۱۸-۴ را اتصال کوتاه کنید. این جریان اتصال کوتاه، که همان جریان نورتن است را می‌توانید به کمک روابط محاسبه کنید یا با یک آمپرمتر که بین دو نقطه‌ی A و B قرار می‌دهید، جریان را اندازه بگیرید، شکل ۱۸-۴. توجه داشته‌باشید که آمپرمتر بین دو نقطه‌ی A و B را اتصال کوتاه می‌کند.



شکل ۱۸-۴ چگونگی به‌دست آوردن جریان معادل نورتن

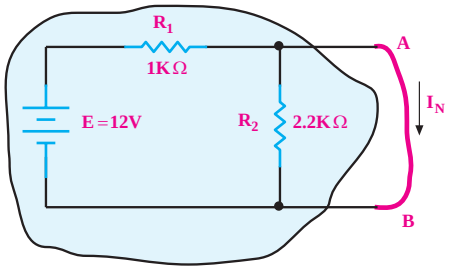
مثال ٤: مدار معادل نورتن شکل ۱۹-۴ را از دو نقطه‌ی A و B به‌دست آورید.



شکل ۱۹-۴

حل:

برای به‌دست آوردن جریان نورتن، نقطه‌ی A و B را اتصال کوتاه می‌کنیم و جریان گذرنده از آن را از طریق محاسبه به دست می‌آوریم. در شکل ۲۰-۴ بین نقاط A و B اتصال کوتاه شده است، لذا از مقاومت R_2 جریانی عبور نمی‌کند.



شکل ۲۰-۴ - محاسبه‌ی جریان معادل نورتن

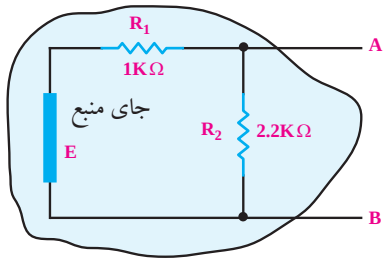
CarGeek.Live

CarGeek.Live

از طرفی، چون دو سر مقاومت R_2 اتصال کوتاه شده است، جریان I_N از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{12}{1K} = 0/012A = 12mA$$

برای به‌دست آوردن مقاومت معادل نورتن، منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا می‌کنیم و به جای آن، اتصال کوتاه قرار می‌دهیم، شکل ۴-۲۱. سپس از دو نقطه‌ی A و B مقاومت معادل را محاسبه می‌کنیم.

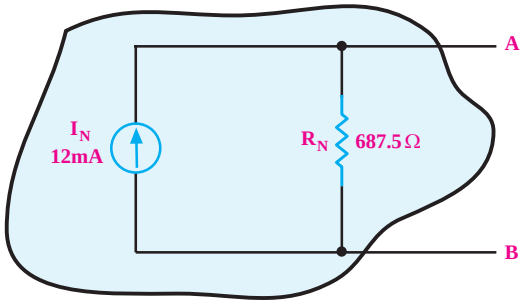


شکل ۴-۲۱ اتصال کوتاه منبع

با نگاه از دو نقطه‌ی A و B، مقاومت‌های R_1 و R_2 با هم موازی هستند لذا داریم:

$$R_N = R_{AB} = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2} = \frac{1000\times2200}{1000+2200} = 687/5\Omega$$

مدار معادل نورتن شکل ۴-۱۹ به‌صورت شکل ۴-۲۲ در می‌آید.



شکل ۴-۲۲ مدار معادل نورتن

توجه: همیشه R_N و R_{th} با یکدیگر برابرند و نحوه‌ی محاسبه و یا اندازه‌گیری آن‌ها نیز مشابه است.

در مدار معادل نورتن و تونن روابط زیر همیشه برقرار است:

$$V_{th}=I_N.R_N$$

یا:

$$I_N = \frac{V_{th}}{R_{th}}$$

بنابراین مدار معادل تونن و نورتن می‌توانند به هم تبدیل شوند.

۴-۳ آزمایش شماره‌ی (۱) :

مدار تونن — زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

۴-۳-۱ هدف آزمایش:

به‌دست آوردن ولتاژ و مقاومت معادل تونن در یک مدار الکتریکی

۴-۳-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

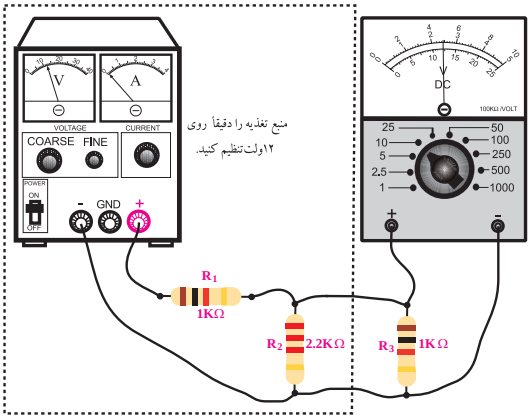
ردیف	نام و مشخصات دستگاه و قطعات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۰-۱۵V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد	یک قطعه
۴	مقاومت ۲/۲KΩ	یک عدد
۵	مقاومت۱KΩ	دو عدد
۶	سیم دو سرگیره‌دار	چهار رشته
۷	سیم یک سرگیره‌دار	چهار رشته
۸	سیم رابط	به مقدار کافی

۴-۳-۳ مراحل اجرای آزمایش:

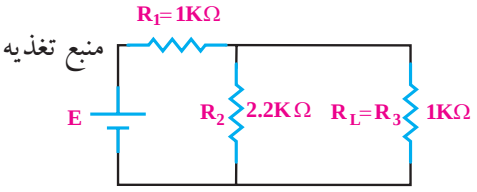
■ مدار شکل ۴-۲۳ را روی بردبرد ببندید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۲۳-۴

■ ابتـدا در حالی که مدار به‌صـورت کامل روی بردبرد بسته شده است، ولتاژ دو سر مقاومت بار را اندازه می‌گیریم.

■ ولت‌متر DC را به دو سـر مقاومـت بار ۱KΩ وصل کنید و ولتاژ دو سـر مقاومت بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{O_1}=V_{R_3}=\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (V)$$

■ برای به‌دسـت آوردن مقاومت تونن مـدار، ابتدا منبع تغذیه را از مدار جدا کنید.

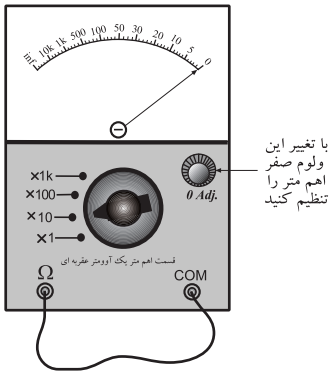
■ بـه جـای منبع ولتـاژ، یک سـیم اتصال کوتـاه قرار دهید.

■ مقاومت بار R_3 را از مدار جدا کنید.

■ مولتی‌متر را روی رنج اهم‌متر تنظیم کنید.

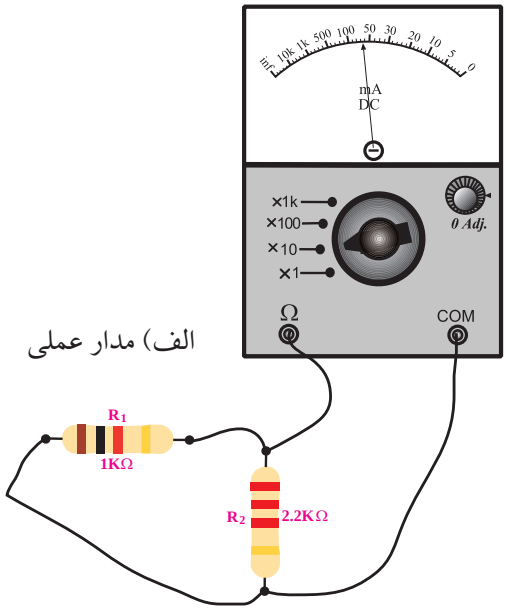
■ ولت‌متر را از مدار جدا کنید و به جای آن اهم‌متر قرار دهید.

■ اگر اهم‌متر شما عقربه‌ای است، حتما صفر آن را تنظیم کنید.برای ایـن کار دو ترمینال اهم‌متر کـه مقاومت به آن‌ها وصل می‌شود را اتصال کوتاه و با ولوم روی آن صفر را تنظیم کنید. اهم‌متر دیجیتالی نیاز به تنظیم صفر ندارد، شکل ۲۴-۴.

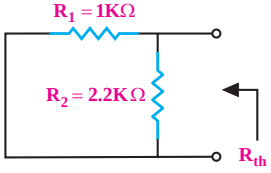


شکل ۲۴-۴- نحوه‌ی تنظیم صفر اهم‌متر عقربه‌ای

■ مدار شکل ۲۵-۴ را روی بردبرد ببندید.



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۲۵-۴

■ مقاومتی را که اهم‌متر اندازه می‌گیرد، مقاومت معادل

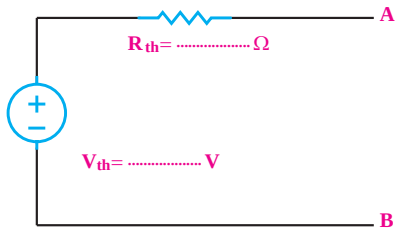
CarGeek.Live

CarGeek.Live

تونن مدار شکل ۲۵-۴ است. مقدار آن را بخوانید و یادداشت کنید.

R_{th}= ..... Ω

■ معادل تونن مدار شکل ۲۳-۴ به صورت شکل ۲۶-۴ درمی‌آید.

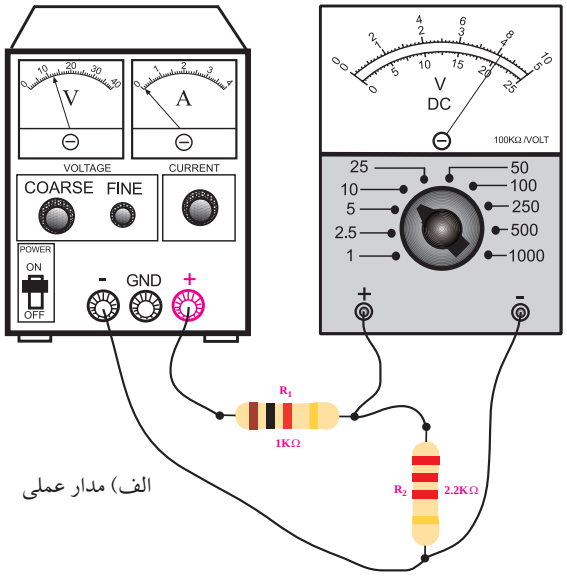


شکل ۲۶-۴ مدار معادل تونن شکل ۲۳-۴

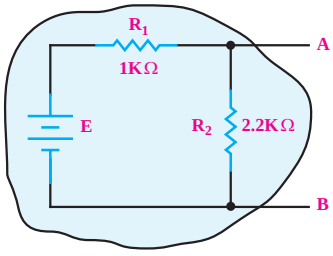
■ برای به دست آوردن ولتاژ تونن، باید مجددا منبع تغذیه را به دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 وصل کنید.

■ هم‌چنان مقاومت بار R_3 را در مدار قرار ندهید.

■ مدار شکل ۲۷-۴ را روی بردبرد ببندید.



الف) مدار عملی



ب) نقشه فنی مدار

شکل ۲۷-۴

■ رنج کلید ولت‌متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.

■ منبع تغذیه را روی ۱۲ ولت تنظیم کنید.

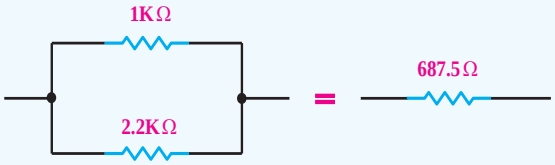
■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید. این همان ولتاژ معادل تونن مدار مورد نظر است.

V_{th}= V

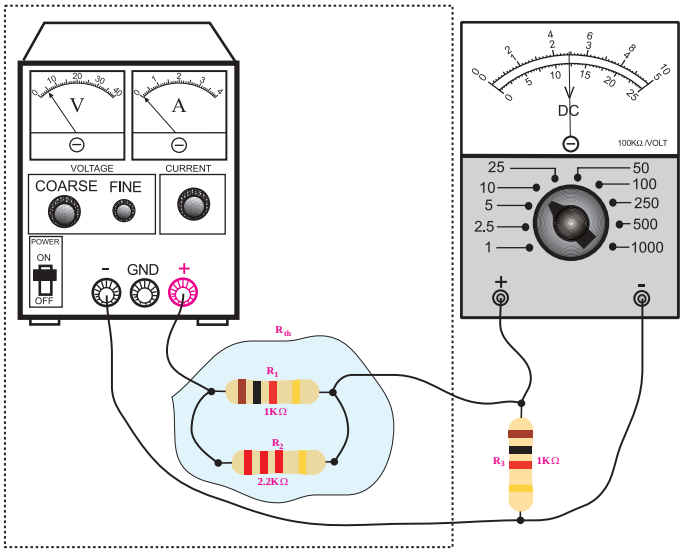
■ منبع تغذیه را دقیقا روی مقدار V_{th} که در مرحله‌ی قبل به دست آورده‌اید، تنظیم کنید.

■ به جای مقاومت‌های R_1 و R_2 مقاومت معادل تونن (R_{th}) را در مدار شکل ۲۶-۴ قرار دهید.

■ به جای R_{th}=۶۸۷/۵Ω می‌توانید از دو مقاومت ۱KΩ و ۲/۲KΩ که با یکدیگر موازی شده‌اند استفاده کنید.



■ مدار شکل ۲۸-۴ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۲۸-۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ ولتاژ دو سر مقاومت $R_۴$ ($۱K\Omega$) را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

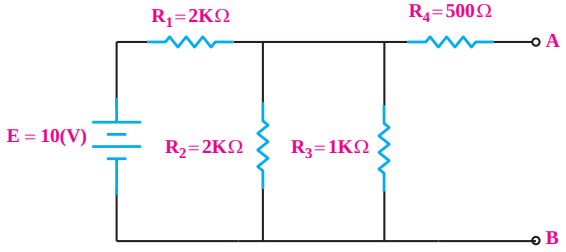
$$V_{O۲}=V_{R۳}=\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (V)$$

سوال ۱: آیا مقدار $V_{O_۱}$ (خروجی مدار واقعی) با $V_{O۲}$ (خروجی معادل تونن) دقیقا برابرند؟چرا؟ توضیح دهید.

۴-۳-۴ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

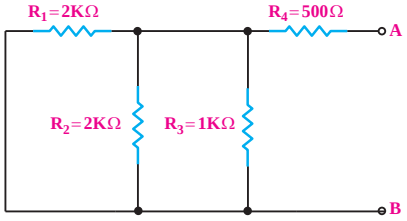
مثال ۵: مقاومت معادل تونن در شکل ۴-۲۹ از دو نقطه‌ی A و B را به دست آورید.



شکل ۴-۲۹

حل:

برای به دست آوردن مقاومت معادل تونن، ابتدا منبع ولتاژ (E) را از مدار جدا می‌کنیم و جای آن را اتصال کوتاه می‌گذاریم.



شکل ۴-۳۰

همان‌طور که در شکل ۴-۳۰ مشاهده می‌شود، از دو نقطه‌ی A و B، مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ و $R_۳$ موازی هستند، لذا داریم:

$$R_۱ \| R_۲ = \frac{R_۱ \times R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

$$R_۱ \| R_۲ = \frac{۲\times۲}{۲+۲} = \frac{۴}{۴} = ۱K\Omega$$

$$R_۳ \| (R_۱ \| R_۲) = \frac{R_۳ \times (R_۱ \| R_۲)}{R_۳ + (R_۱ \| R_۲)} = \frac{۱\times۱}{۱+۱} = \frac{۱}{۲}K\Omega$$

مقاومت معادل تونن از دو نقطه‌ی A و B، از سری شدن $R_۴$ با معادل موازی $R_۱$ و $R_۲$ و $R_۳$ به دست می‌آید:

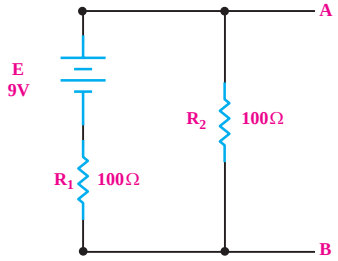
$$R_{th} = R_{۱۲۳} + R_۴$$
$$R_{th} = ۰/۵K\Omega + ۵۰۰\Omega$$
$$R_{th} = (۰/۵\times۱۰^{۳})\Omega + ۵۰۰\Omega$$
$$R_{th} = ۵۰۰\Omega + ۵۰۰\Omega = ۱۰۰۰\Omega$$
$$R_{th} = ۱۰۰۰\Omega = ۱۰۰۰\times۱۰^{-۳} = ۱K\Omega$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

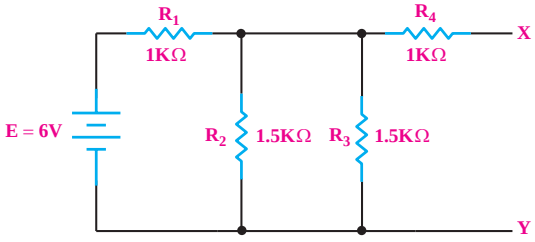
آزمون پایانی فصل (۴)

۱- مـدار معادل تونـن از دو نقطه‌ی A و B مدار شـکل ۴-۳۱ را به‌دست آورید.



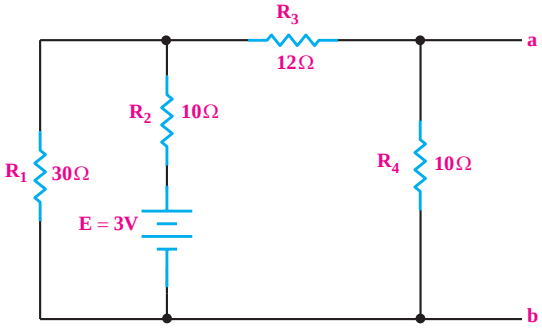
شکل ۴-۳۱

۲- مقاومت معادل تونن در شکل ۴-۳۲ از دو نقطه‌ی x و y را به دست آورید.



شکل ۴-۳۲

۳- مـدار معادل نورتـن از دو نقطه‌ی a و b مدار شـکل ۴-۳۳ را به دست آورید.

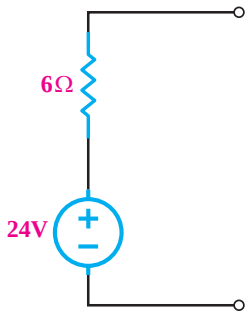


شکل ۴-۳۳

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴- منبع جریان معادل منبع ولتاژ شکل ۳۴-۴ را به‌دست آورید.



شکل ۳۴-۴

۵- منبع ولتاژ ایده‌آل منبعی است که در بارهای مختلف ..... ثابتی به مدار می‌دهد.

۶- برای تبدیل یک منبع ولتاژ به منبع جریان، مقاومت داخلی منبع ولتاژ با مقاومت داخلی منبع جریان برابر است.

صحیح ❐ غلط ❐

۷- منابع ولتاژ و منابع جریان ایده‌آل را می‌توان به یکدیگر تبدیل کرد.

صحیح ❐ غلط ❐

۸- منابع جریان ایده‌آل با یک مقاومت اهمی ..... به صورت ..... قرار گرفته‌اند.

الف) کوچک- سری

ب) کوچک- موازی

ج) بزرگ- سری

د) بزرگ- موازی

۹- طبق قضیه‌ی نورتن، هر شبکه‌ی الکتریکی را می‌توان به صورت یک منبع جریان و یک مقاومت موازی با آن معادل نمود.

صحیح ❐ غلط ❐

این کتاب برای استاندارد الکترونیک کار صنعتی تنظیم شده است . برای آموزش سایر استانداردها نیز می توانید از این کتاب استفاده کنید . برای این منظور لازم است محتوای استاندارد مورد آموزش را دقیقا مطالعه نمایید و موارد اضافی را آموزش ندهید. همچنین موارد اضافی مربوط به سایر استانداردها در این کتاب مشخص شده است .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

رفتار سلف و خازن در جریان DC و AC

هدف کلی :

آموزش رفتار سلف و خازن در جریان مستقیم و متناوب

واحد کار	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	زمان آزمایش		
			نظری	عملی	جمع
$u_۲$	۵	توانایی کار با دستگاه اسیلوسکوپ و انواع منابع تغذیه‌ی آزمایشگاهی	۶	۸	۱۴
$u_۲$	۶	توانایی اندازه‌گیری و محاسبه‌ی جریان و ولتاژ متناوب	۷	۲	۹
$u_۲$	۷	توانایی بررسی عملکرد خازن در جریان مستقیم و متناوب	۱۲	۱۶	۲۸
$u_۲$	۸	توانایی بررسی عملکرد سلف در جریان مستقیم و متناوب	۱۲	۹	۲۱
$u_۲$	۹	توانایی بررسی و تجزیه و تحلیل مدارهای هماهنگ	۶	۱۲	۱۸
		جمع کل	۴۳	۴۷	۹۰

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل پنجم

جریان و ولتاژ متناوب

هدف کلی : آشنایی با مشخصات موج متناوب

هدف‌های رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- منابع تولید الکتریسیته را نام ببرد.

۲- ولتاژ متناوب AC را توضیح دهد.

۳- انواع موج‌های متناوب را از یکدیگر تمیز دهد.

۴- مشخصه‌های یک موج سینوسی را نام ببرد وآن را شرح دهد.

۵- مقدار پیک، زمان تناوب و فرکانس یک موج متناوب را تعریف کند.

۶- اختلاف فاز را تعریف کند.

۷- اختلاف فاز بین دو موج سینوسی را تشخیص دهد.

۸- مقدار لحظه‌ای، متوسط و مؤثّر یک موج سینوسی را تعریف کند.

۹- مقدار متوسط و مؤثّر یک موج سینوسی را محاسبه کند.

۱۰- معادله‌ی ولتاژ یک موج متناوب سینوسی را بنویسد.

۱۱- چگونگی عبور جریان متناوب را از یک مقاومت اهمی توضیح دهد.

۱۲- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را در یک مقاومت اهمی بیان کند.

۱۳- توان تلف شده در یک مقاومت اهمی در جریان متناوب را محاسبه کند.

۱۴- قانون جریان و ولتاژ کریشهف را در جریان متناوب شرح دهد.

۱۵- بردار را تعریف کند.

۱۶- هم‌سنگ یک بردار را رسم کند.

۱۷- چگونگی نمایش برداری یک موج سینوسی را شرح دهد.

۱۸- تفاضل و برآیند دو یا چند بردار را رسم کند.

۱۹- ولتاژ متناوب سه‌فازه و شکل موج آن را تعریف کند.

۲۰- نحوه‌ی اتصال سیم‌پیچ‌های مدار سه‌فاز را توضیح دهد.

۲۱- اتصال ستاره و مثلث را شرح دهد.

۲۲- کلیه‌ی هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا کند.

ساعت آموزش			
توانایی شماره	نظری	عملی	جمع
۵	۷	۲	۹

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۵)

۱- ترموکوپل انرژی..... را تبدیل به انرژی ..... می‌کند.

الف) الکتریکی- حرارتی ب) حرارتی- الکتریکی

ج) الکتریکی- شیمیایی د) شیمیایی- الکتریکی

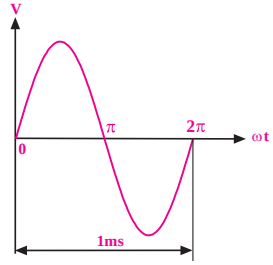
۲- در پیل ولتاژ انرژی به صورت ..... ذخیره و هنگام پس‌دادن، این انرژی به صورت ..... درمی‌آید.

الف) شیمیایی- الکتریکی ب) الکتریکی- شیمیایی

ج) شیمیایی- شیمیایی د) الکتریکی- الکتریکی

۳- فرکانس شکل موج نشان داده شده چند هرتز است؟

الف) ۱ ب) ۱۰۰ ج) ۱۰۰۰ د) ۱۰۰۰۰



۴- رابطه‌ی بین فرکانس و زمان تناوب کدام است؟

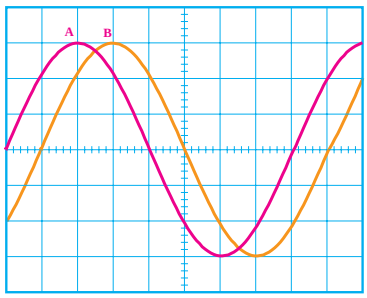
الف) $f = \frac{۱}{T}$ ب) $f = T^۲$

ج) $f = \frac{۱}{T^۲}$ د) $f = \frac{۱۰^۶}{T}$

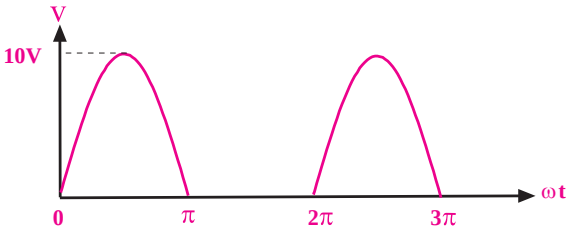
۵- اختلاف فاز در شکل زیر چند درجه است؟

الف) ۴۵ ب) ۹۰

ج) ۱۳۵ د) ۱۸۰



۶- مقدار متوسط موج نشان داده شده در شکل زیر چند ولت است؟ مراحل محاسبه را بنویسید.

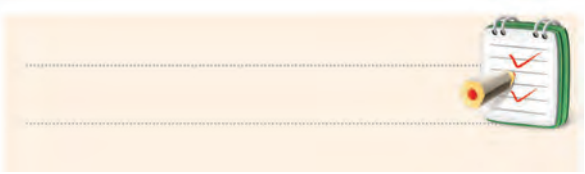


۷- مقدار مؤثّر یک شکل موج سینوسی چگونه به‌دست می‌آید؟ با ذکر روابط شرح دهید.

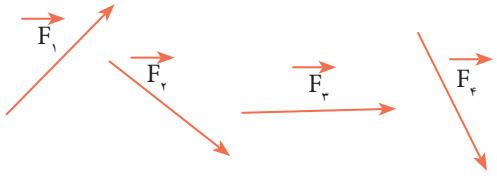
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸- بردار و هم‌سنگ یک بردار را تعریف کنید.

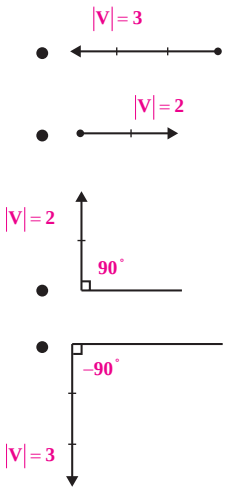


۹- برآیند بردارهای زیر را رسم کنید.



۱۰- پاسخ صحیح را از ستون دوم انتخاب کنید و آن را با یک خط به ستون اول متصل نمایید.

$V = ۲\sin\omega t$	$\lvert V\rvert = 3$
$V = ۲\sin(\omega t + \frac{\pi}{۲})$	$\lvert V\rvert = 2$
$V = ۳\sin(\omega t - \frac{\pi}{۲})$	$\lvert V\rvert = 2$
$V = ۳\sin(\omega t - \pi)$	$\lvert V\rvert = 3$



۱-۵ منابع تولید الکتریسیته

۱-۱-۵ ولتاژ مستقیم (DC)

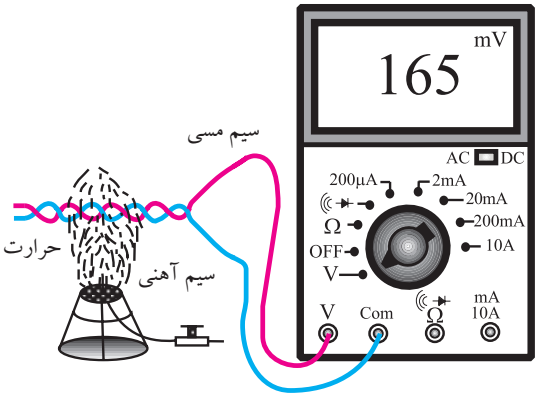
منابع تولید الکتریسیته متنوع است ولی در همه‌ی این منابع، الکتریسیته از طریق تبدیل انرژی غیر الکتریکی به انرژی الکتریکی تولید می‌شود. تعدادی از روش‌های تولید الکتریسیته به شرح زیر است:

در **پیل** شکل ۱-۵، انرژی الکتریکی از طریق شیمیایی ذخیره می‌شود.

یک **پیل** انرژی الکتریکی را به صورت شیمیایی در خود ذخیره می‌کند و هنگام پس‌دادن انرژی، آن را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. باتری یک مولد انرژی الکتریکی مستقیم یا DC است.

شکل ۱-۵ باتری قلمی ۱/۵ ولتی

یک **ترموکوپل** انرژی حرارتی را مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند، شکل ۲-۵. این مولد نیز یک مولد DC است.



شکل ۲-۵ ترموکوپل

تحقیق کنید :

در کدامیک از لوازم‌خانگی که در اختیار دارید، ترموکوپل به‌کار رفته است؟

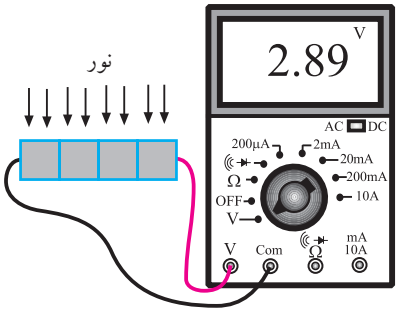
شکل ۳-۵ یک **سلول خورشیدی** را نشان می‌دهد که انرژی نورانی (مثلا نور خورشید) را مستقیما به انرژی الکتریکی (DC) تبدیل می‌کند. تولید الکتریسیته با استفاده از انرژی خورشید در مقیاس کم مقرون به‌صرفه است.

امروزه برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس بسیار وسیع طرح‌های گسترده‌ای در دست اقدام و در حال فراگیر شدن

CarGeek.Live

CarGeek.Live

است.



شکل ۳-۵ سلول خورشیدی

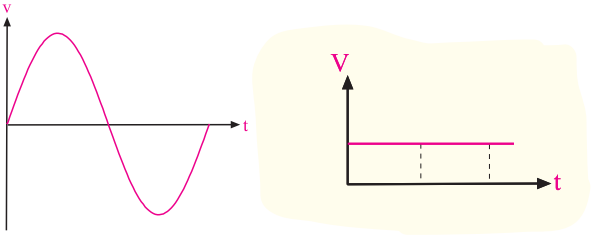
تحقیق کنید:

آیا از سلول خورشیدی در زندگی روزمره‌ی شما استفاده می‌شود؟ درباره‌ی آن توضیح دهید.

۲-۱-۵ ولتاژ متناوب (AC)

برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس وسیع مانند تامین برق شهر از روش‌های مختلف تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. در این حالت ولتاژ یا جریان تولیدی طبق شکل ۴-۵- الف به صورت مستقیم یا DC نیست. شکل ۴-۵- ب یک نمونه ولتاژ AC را نشان می‌دهد.

این نوع ولتاژ را ولتاژ متناوب سینوسی می‌گویند. قابل ذکر است که در نیروگاه‌های تولید برق، ولتاژ متناوب به‌صورت سینوسی تولید می‌شود.



الف- ولتاژ مستقیم یا DC

ب- ولتاژ متناوب سینوسی یا AC

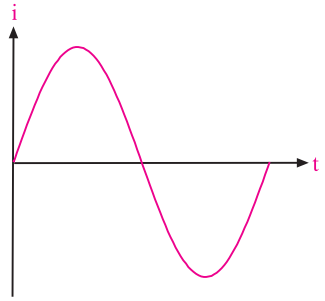
شکل ۴-۵ ولتاژهای DC و AC

در شکل ۴-۵- الف، نمودار تغییرات ولتاژ DC بر حسب تغییرات زمان را نشان داده‌ایم. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دامنه‌ی ولتاژ DC با گذشت زمان ثابت باقی می‌ماند.

در شکل ۴-۵- ب، نمودار تغییرات ولتاژ متناوب بر حسب تغییرات زمان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دامنه‌ی موج سینوسی با گذر زمان از صفر به تدریج زیاد می‌شود و دوباره به صفر می‌رسد سپس در جهت مخالف زیاد می‌شود و دوباره به صفر می‌رسد و این روند ادامه می‌یابد.

یکی از دلایل تولید ولتاژ به صورت شکل موج سینوسی تولید و انتقال آسان آن است.

این نوع ولتاژ در مدارهای الکتریکی که حاوی مقاومت اهمی است، جریانی را تولید می‌کند که مانند شکل ۵-۵ از نظر شکل موج، شبیه ولتاژ است. به این شکل موج جریان سینوسی می‌گویند. به عبارت دیگر محور عمودی تغییرات جریان و محور افقی زمان را نشان می‌دهد.



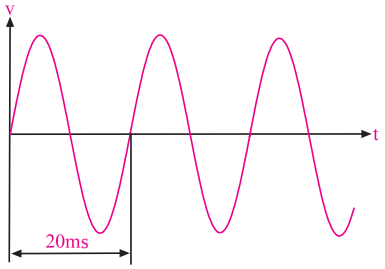
شکل ۵-۵ جریان سینوسی

اصطلاحا به شکل موج ولتاژ یا جریان سینوسی، ولتاژ یا جریان متناوب نیز می‌گویند. به طور کلی به هر شکل موجی که در دو جهت مثبت و منفی تغییر کند و در فواصل زمانی معینی دائماً تکرار شود **شکل موج متناوب** می‌گویند. شکل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

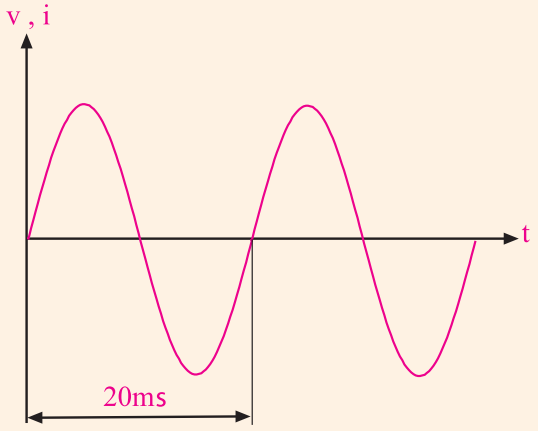
موج نشـان داده شده در شکل ۶-۵ در فواصل زمانی ۲۰ ms (بیست میلی ثانیه) دائما تکرار می‌شود.



این شکل موج تکرار می‌شود

شکل ۶-۵ شکل موج ولتاژ متناوب

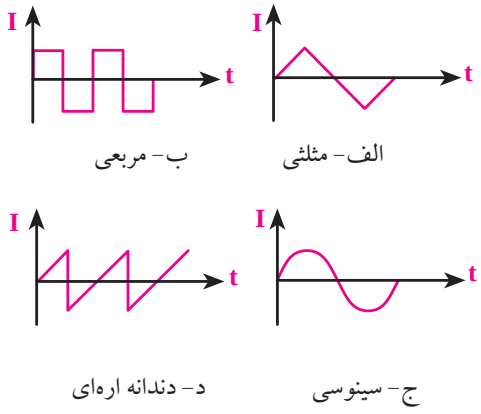
شکل موج ولتاژ برق شهر، مانند شکل ۷-۵ سینوسی اسـت. این موج سینوسی در فواصل زمانی ۲۰ ms (بیست میلی ثانیه) تکرار می‌شود.



شکل ۷-۵ شکل موج سینوسی ولتاژ برق شهر

۵-۲ انواع موج‌های متناوب

از انـواع شـکل موج‌های متنـاوب می‌توان شـکل موج مربعـی، مثلثی، دندانه اره‌ای و سینوسـی را نـام برد. در تولید جریـان متناوب معمولا شـکل موج سینوسـی از سـایر انواع موج‌ها متداول‌تر اسـت. شـکل ۸-۵ نمونه‌هایی از این امواج AC را نشان می‌دهد.



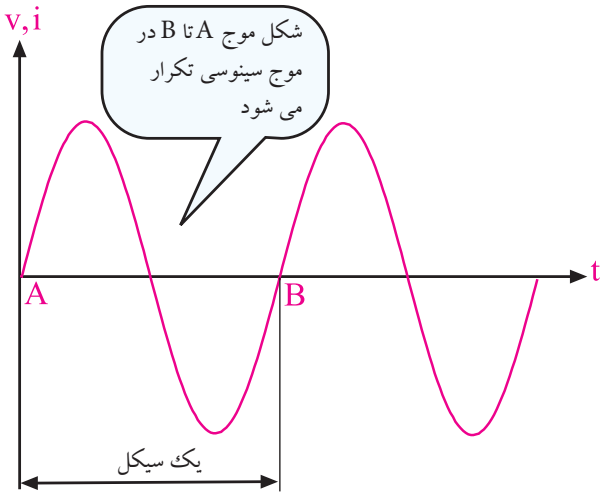
شکل ۸-۵ چهار نمونه شکل موج متناوب (AC)

۵-۳ مشخصات شکل موج سینوسی

شـکل موج سینوسـی ولتاژ یا جریان، دارای مشخصاتی است که در ادامه به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

۵-۳-۱ زمان تناوب

در شکل ۹-۵ شـکل موج سینوسی نشان داده شده است.



شکل ۹-۵ موج سینوسی

همان‌طور که مشـاهده می‌شود شـکل موج ولتاژ بین دو نقطه‌ی A و B، در فواصل بعدی به طور دائم تکرار می‌شـود. شـکل موج بین دو نقطه‌ی A و B را یک سـیکل (دوره) در شـکل موج ولتاژ یا جریان می‌گویند. مـدت زمانی که طول

CarGeek.Live

CarGeek.Live

می‌کشد تا ولتاژ یا جریان از نقطه‌ی A به نقطه‌ی B برسد (طول مدت زمان یک سیکل) را **زمان تناوب** می‌گویند و آن را با حرف T نشان می‌دهند.

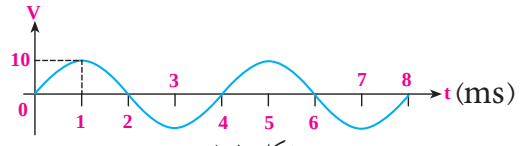
واحد زمان تناوب، ثانیه (sec) است. واحدهای کوچک‌تر زمان تناوب میلی‌ثانیه و میکروثانیه است که آن‌ها را با ms و μs نشان می‌دهند. رابطه‌ی بین میلی‌ثانیه و میکروثانیه به شرح زیر است:

$$۱\ ms = ۱\ (\text{میلی ثانیه}) = \frac{۱}{۱۰۰۰}\ \text{ثانیه}\ (Sec) = ۱۰^{-۳} Sec$$

$$۱\ \mu s = ۱\ (\text{میکرو ثانیه}) = \frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}\ \text{ثانیه} = ۱۰^{-۶} Sec$$

به دوره‌ی تناوب **پریود (period)** گفته می‌شود.

مثال ۱: زمان تناوب موج در شکل ۱۰-۵ چند میلی‌ثانیه است؟



شکل ۱۰-۵

حل:

مدت زمان یک سیکل روی شکل برابر با T =۴ ms است.

زیرا برای کامل شدن یک سیکل ۴ میلی‌ثانیه طی می‌شود.

$$T=۴\ ms$$

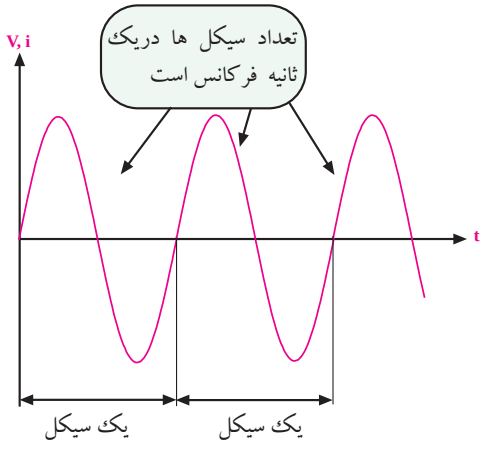
۲-۳-۵ فرکانس

در شکل موج سینوسی سیکل‌ها دائما تکرار می‌شوند.

تعداد سیکل در یک ثانیه را **فرکانس** می‌گویند و با حرف F نشان می‌دهند.

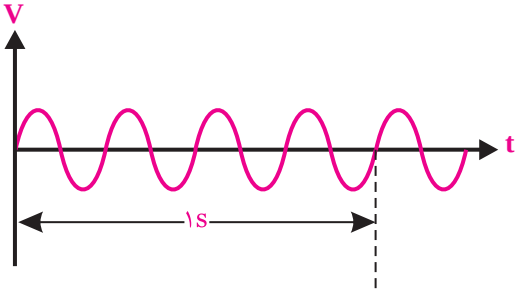
واحد فرکانس، سیکل بر ثانیه یا هرتز است، شکل ۱۱-۵.

هرتز را با Hz نشان می‌دهند.



شکل ۱۱-۵ مفهوم فرکانس

مثال ۲: فرکانس شکل موج ۱۲-۵ چند هرتز است؟



شکل ۱۲-۵ مثال

حل:

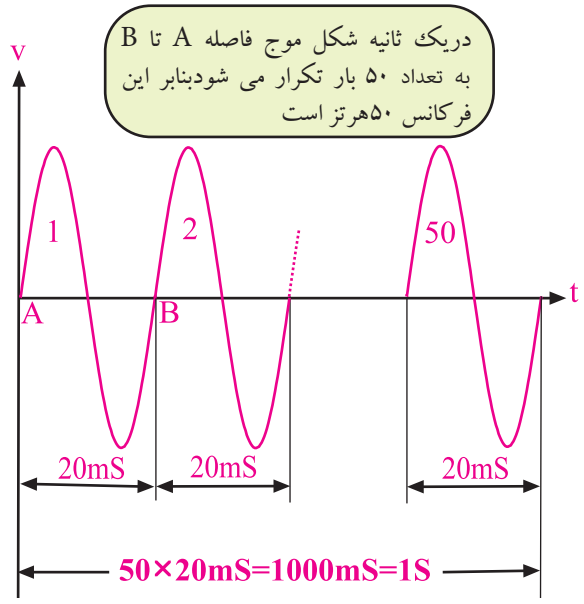
چون چهار سیکل در مدت زمان یک ثانیه طی می‌شود پس فرکانس برابر با F=۴Hz است.

$$F=۴Hz$$

زمان تناوب برق شهر ۰/۰۲ ثانیه (T=۲۰ ms) و فرکانس برق شهر ۵۰ Hz است. یعنی در هر ثانیه ۵۰ سیکل یا دوره‌ی تناوب تکرار می‌شود. شکل ۱۳-۵.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱۳-۵ برق شهر

- مدت زمانی که طول می کشد تا یک سیکل کامل طی شود را «**زمان تناوب**» یا «**پریود**» می گویند.
- تعداد سیکل در یک ثانیه را **فرکانس** می گویند.
- زمان تناوب و فرکانس عکس یکدیگرند.

$$T=\frac{۱}{F} \quad \text{یا} \quad F=\frac{۱}{T}$$

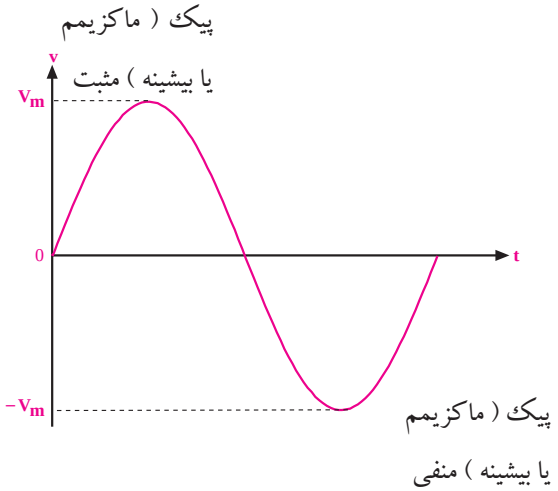
- در صورتی که $T=۲۰\ ms$ باشد مقدار فرکانس برابر است با:

$$F=\frac{۱}{T}=\frac{۱}{۲۰\times۱۰^{-۳}}=۵۰Hz$$

در این رابطه زمان را از میلی‌ثانیه به ثانیه تبدیل کرده‌ایم.

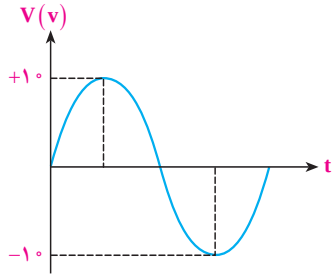
۳-۳-۵ مقدار پیک یا دامنه‌ی ماکزیمم شکل موج سینوسی

همان‌طور که در شکل ۱۴-۵ مشخص است به مقادیر حداکثر دامنه در جهت مثبت یا منفی دامنه‌ی ماکزیمم (پیک یا بیشینه peak) شکل موج سینوسی می گویند و آن را با V_m نشان می‌دهند.



شکل ۱۴-۵ مقدار ماکزیمم (پیک یا بیشینه) موج سینوسی

مثال ۳: مقدار دامنه‌ی پیک مثبت و مقدار دامنه‌ی پیک منفی در شکل ۱۵-۵ چند ولت است؟



شکل ۱۵-۵ مثال

حل:

با توجه به شکل، دامنه‌ی پیک مثبت $V_m=+۱۰$ ولت و مقدار دامنه‌ی پیک منفی $V_m=-۱۰$ ولت است.

$V_m=+۱۰$ پیک مثبت

$V_m=-۱۰$ پیک منفی

دامنه‌ی ماکزیمم شکل موج سینوسی را با V_m یا V_{peak} یا V_P نشان می‌دهند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در یـک موج متنـاوب، به فاصلـه‌ی بین حداکثـر دامنه در جهـت مثبـت تـا حداکثر دامنـه در جهت منفـی، مقدار «**پیک تو پیک**» (**peak to peak**) شکل موج می‌گویند. ولتاژ پیک تو پیک را با V_{P-P} نشان می‌دهند.

مثال ٤: مقدار «پیک تو پیک» شـکل موج مثال ۳ (شکل ۵-۱۵) چند ولت است؟

حل:

ولتاژ پیک منفی − ولتاژ پیک مثبت = ولتاژ پیک تو پیک

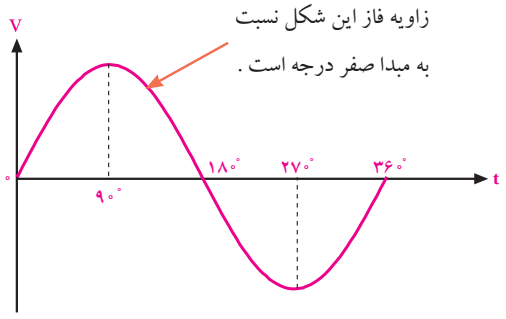
ولتاژ پیک تو پیک = +۱۰ − (−۱۰) = +۲۰

$V_{P-P} = +۲۰$

۵-۳-۴ اختلاف فاز و زاویه‌ی فاز در امواج سینوسی

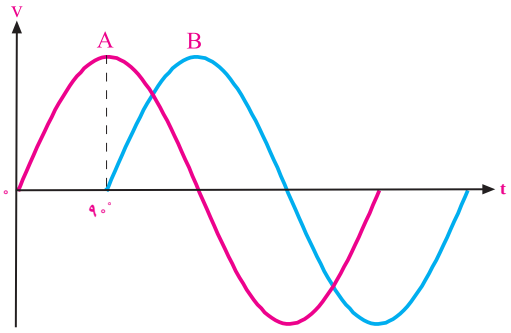
در الکتریسـیته موقعیت زمانی یک کمیـت الکتریکی را نسبت به یک مبدا، **فاز (Phase)** می‌گویند.

فاز یک موج سینوسـی، مقدار زاویه‌ای است که موقعیت یک موج سینوسی را نسبت به مبدأ مشخص می‌کند. در شکل ۵-۱۶ یک سیکل کامل از یک موج سینوسی نشان داده شده اسـت. در شکل موج نشـان داده شـده، نقطه‌ی (صفر) مبدا حرکت و نقطـه‌ی ۹۰ درجه نقطه‌ی ماکزیمم دامنه‌ی شـکل موج در جهت مثبت اسـت. در نقطه‌ی ۱۸۰ درجه مقدار دامنه به صفر می‌رسـد، در نقطه‌ی ۲۷۰ درجه مقدار ولتاژ در جهت منفی ماکزیمم می‌شود و در زاویه‌ی ۳۶۰ درجه مقدار دامنه به صفر می‌رسـد. در این شکل موج مقدار فاز شکل موج نسبت به مبدا صفر درجه است.



شکل ۵-۱۶ یک سیکل کامل موج سینوسی

وقتی شـکل موج سینوسـی نسبت به شـکل موج مبدأ به سـمت چپ یا راست جابه‌جا شـود، فاز به وجود می‌آید. در شـکل ۵-۱۷ شـکل موج سینوسـی B به اندازه‌ی ۹۰ درجه نسـبت به شکل موج ولتاژ مبدا به سـمت راست جابه‌جا شده است. بنابراین بین شکل موج A و شکل موج B یک زاویه‌ی فاز یا اختلاف فاز ۹۰ درجه به وجود آمده است.



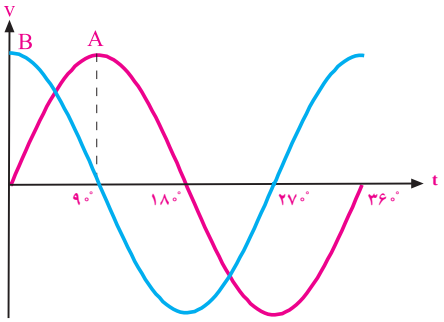
شکل ۵-۱۷ اختلاف فاز ۹۰ درجه بین شکل موج A و B

در این شکل موج چون پیک ولتاژ (حداکثر دامنه‌ی ولتاژ) موج سینوسـی B، بعد از پیک ولتاژ شکل موج سینوسی A به وجود آمده اسـت لذا می‌توان گفت که شکل موج سینوسی B نسـبت به شکل موج سینوسی A، ۹۰ درجه تأخیر فاز (پس فاز یا عقب افتادگی) دارد. به عبارت دیگر موج A نسبت به مـوج B، ۹۰ درجه تقدم فاز (پیش فـاز یا جلوافتادگی) دارد. در شـکل ۵-۱۸ شکل موج سینوسی B، به اندازه ۹۰ درجه به سمت چپ شـیفت پیدا کرده (جابه‌جا شده) و دامنه‌ی شکل

CarGeek.Live

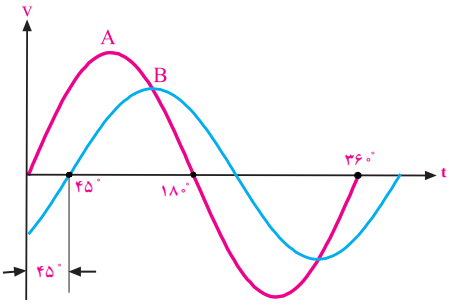
CarGeek.Live

موج سینوسی B، زودتر از دامنه‌ی شکل موج سینوسی A به ماکزیمم رسیده‌است، لذا شکل موج سینوسی B نسبت به شکل موج سینوسی A به اندازه‌ی ۹۰ درجه تقدم فاز دارد. یا به عبارت دیگر شکل موج سینوسی A نسبت به شکل موج سینوسی B، ۹۰ درجه تأخیر فاز (عقب افتادگی) دارد.



شکل ۱۸–۵ تقدم فاز شکل موج B نسبت به شکل موج A

به مقدار فاز بین دو شکل موج سینوسی **اختلاف فاز** می‌گویند. در شکل ۱۹–۵ اختلاف فاز بین دو شکل موج سینوسی A و B برابر با ۴۵ درجه است.

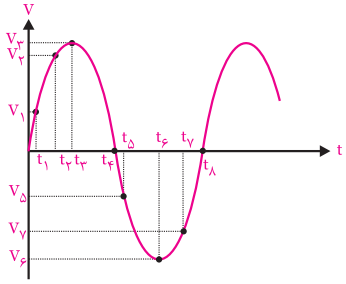


شکل ۱۹–۵ اختلاف فاز ۴۵ درجه

دو شکل موج A و B می‌توانند ولتاژ یا جریان باشند، هم‌چنین می‌تواند شکل موج A مربوط به ولتاژ و شکل موج B مربوط به جریان باشد. عکس این موضوع نیز صادق است.

۵–۳–۵ مقدار لحظه‌ای

در یک شکل موج سینوسی مقدار ولتاژ یا جریان در هر لحظه نسبت به لحظه‌ی قبل تغییر می‌کند. در شکل ۲۰–۵ در لحظه‌ی صفر، مقدار ولتاژ برابر با صفر، در لحظه‌ی t_1 برابر با v_1 و در لحظه‌ی t_2 برابر با v_2 و .... است. به مقادیری مانند v_1 و v_2 **مقادیر لحظه‌ای** می‌گویند. معمولا مقادیر لحظه‌ای را با حروف کوچک v برای ولتاژ و i برای جریان نشان می‌دهند. مقادیر لحظه‌ای را فقط با دستگاه اسیلوسکوپ می‌توان اندازه گرفت.

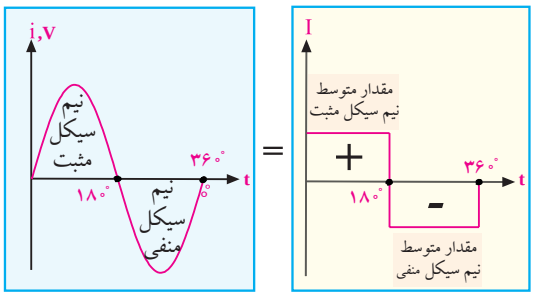


شکل ۲۰–۵ مقدار لحظه‌ای

۶–۳–۵ مقدار متوسط

به میانگین مقادیر لحظه‌ای سیگنال متناوب، **متوسط موج** می‌گویند و معمولا آن را برای یک دوره‌ی تناوب استفاده می‌کنند.

مقدار متوسط یک شکل موج سینوسی کامل برابر با صفر است. زیرا در نیم سیکل مثبت بارهای الکتریکی در یک جهت حرکت می‌کنند و در نیم سیکل منفی، در جهت عکس حالت اول به منبع بر می‌گردند. بنابراین در یک سیکل کامل ولتاژ یا جریان سینوسی، مقدار متوسط ولتاژ یا جریان برابر با صفر است، شکل ۲۱–۵.



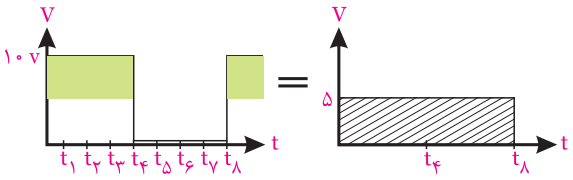
شکل ۲۱–۵ مقدار متوسط ولتاژ یا جریان سینوسی در یک سیکل کامل برابر با صفر است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مقدار متوسط ولتاژ را با V_{dc} یا V_{ave} (Average) و جریان متوسط را با I_{dc} یا I_{ave} نشان می‌دهند.

مقدار متوسط موج مربعی نشان داده شده در شکل ۲۲-۵ در یک سیکل کامل صفر نیست و از جمع مقادیر ولتاژ لحظه‌ای در زمان‌های تعیین شده، تقسیم بر تعداد نمونه‌های گرفته شده به دست می‌آید.



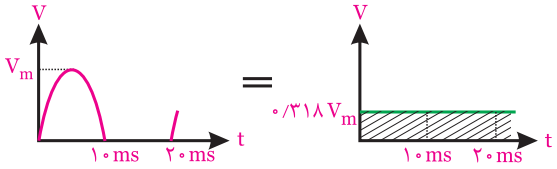
شکل ۲۲-۵ مقدار متوسط موج مربعی

$$V=V_{ave}=\frac{\text{جمع مقدار هر نمونه}}{\text{تعداد نمونه ها}}$$

متوسط

$$=\frac{۱۰+۱۰+۱۰+۱۰+۰+۰+۰+۰}{۸}=۵ \text{ ولت}$$

مقدار متوسط یک نیم سیکل از موج سینوسی شکل ۲۳-۵- ب برای تمام دوره‌ی تناوب T، دارای مقدار مشخصی مطابق شکل ۲۳-۵- الف است. به سیگنال نشان داده شده در شکل ۲۳-۵- ب موج سینوسی یک سو شده‌ی نیم موج می‌گویند.



ب الف

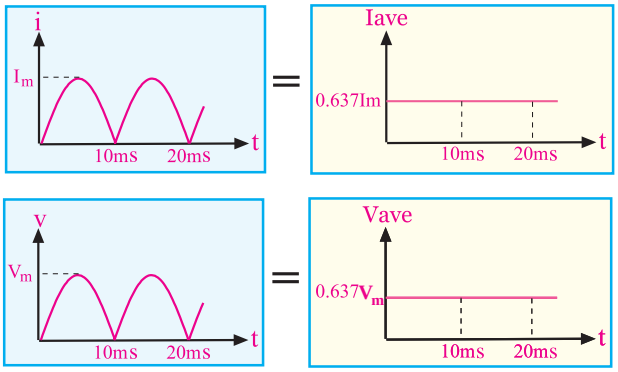
شکل ۲۳-۵ مقدار متوسط شکل موج سینوسی نیم موج

مقدار متوسط شکل موج یک سو شده‌ی نیم موج از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$V=V_{ave}=\frac{V_m}{\pi}=۰/۳۱۸Vm$$

متوسط

در شکل ۲۴-۵ شکل موج سینوسی یک‌سو شده‌ی تمام موج را مشاهده می‌کنید.



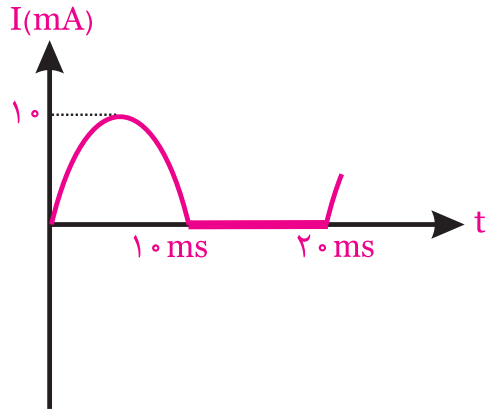
شکل ۲۴-۵ مقدار متوسط شکل موج سینوسی یک‌سو شده تمام موج برابر $۰/۶۳۷ I_m$ است.

مقدار متوسط شکل موج یک‌سو شده‌ی سینوسی تمام موج از روابط زیر به دست می‌آید.

$$I_{ave}=\frac{۲I_m}{\pi}=۰/۶۳۷I_m$$

$$V_{ave}=\frac{۲V_m}{\pi}=۰/۶۳۷V_m$$

تمرین کلاسی ۱: مقدار متوسط شکل موج سینوسی نیم موج شکل ۲۵-۵ چند میلی‌آمپر است؟

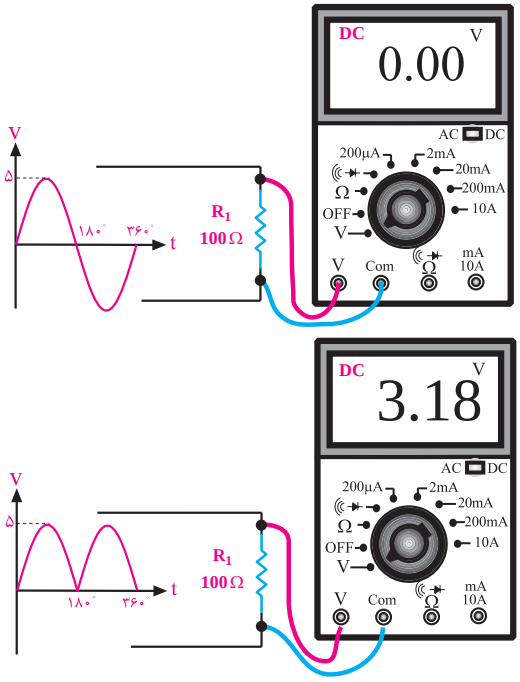


شکل ۲۵-۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

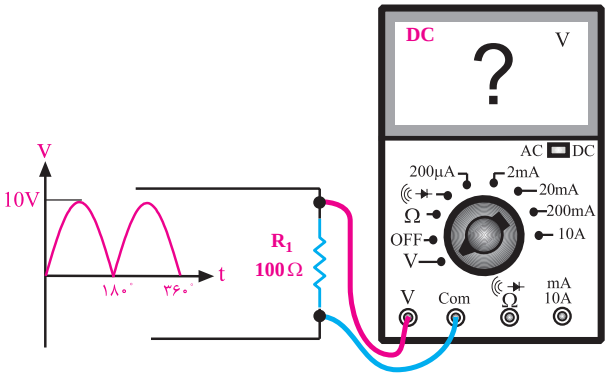
ولت‌مترهای DC عقربه‌ای یا دیجیتالی مقدار متوسط ولتاژ را اندازه می‌گیرند. بنابراین اگر ولت‌متر را به ولتاژ AC متناوب وصل کنیم، ولت‌متر مقدار صفر ولت را نشان می‌دهد، شکل ۲۶-۵.



شکل ۲۶-۵ ولت‌متر DC مقادیر AC را اندازه نمی‌گیرد.

ولت‌مترهای DC فقط می‌توانند مقدار متوسط ولتاژ سینوسی را به‌طور صحیح اندازه بگیرند.

مثال ۵: در شکل ۲۷-۵ ولت‌متر DC چند ولت را نشان می‌دهد؟



شکل ۲۷-۵ مثال

حل:

ولت‌متر DC ولتاژ متوسط را اندازه می‌گیرد. چون موج مورد نظر، یک‌سو شده‌ی تمام موج است بنابراین می‌توانیم بنویسیم:

$$V_{DC} = V_{av} = \frac{2V_m}{\pi} = 0/637V_m$$

$$V_{DC} = 0/637 \times 10 = 6/37 \text{ ولت}$$

$$V_{DC} = 6/37 \text{ ولت}$$

۷-۳-۵ مقدار مؤثّر

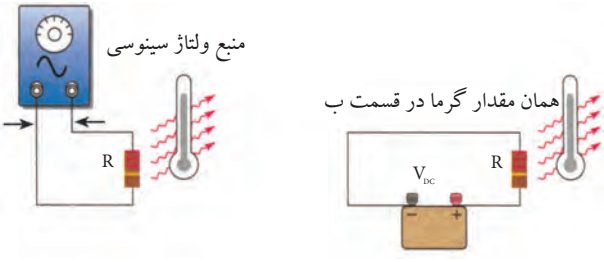
اگر دو مقاومت ساده را به‌طور جداگانه به منبع ولتاژ DC و منبع ولتاژ سینوسی اتصال دهیم در اثر عبور جریان از مدار، مقاومت گرم می‌شود.

چنان‌چه منبع ولتاژ DC و منبع ولتاژ سینوسی را به گونه‌ای تنظیم کنیم که میزان گرمای تولید شده توسط دو مقاومت مساوی در هر دو مدار یکسان باشد، در این حالت می‌گویند مقدار ولتاژ منبع DC برابر با مقدار موثر ولتاژ موج سینوسی است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

این مطلب در شکل ۲۸-۵ نشان داده شده است.

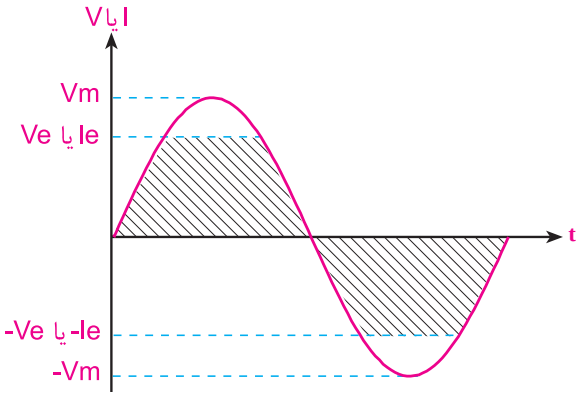


الف- مدار جریان مستقیم ب- مدار جریان متناوب

شکل ۲۸-۵

مقدار ولتاژ موثر را با V_e یا V_{rms} یا V_{eff} نشان می‌دهند.

مقدار موثر یک موج سینوسی از روابط زیر قابل محاسبه است، شکل ۲۹-۵.



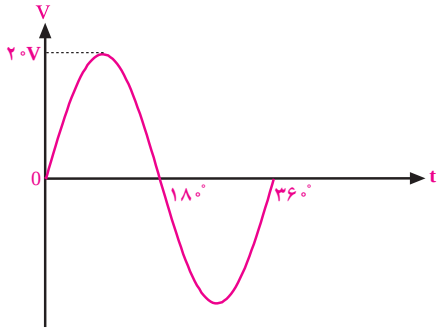
$$V_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times Vm = 0/707 Vm$$

$$I_e = \frac{1}{\sqrt{2}} \times Im = 0/707 Im$$

شکل ۲۹-۵ مقدار موثر موج سینوسی

نکته: این روابط فقط برای موج سینوسی قابل قبول است.

مثال ۶: مقدار مؤثر شکل موج ولتاژ سینوسی شکل ۳۰-۵ برابر با چند ولت است؟



شکل ۳۰-۵ ولتاژ سینوسی

حل:

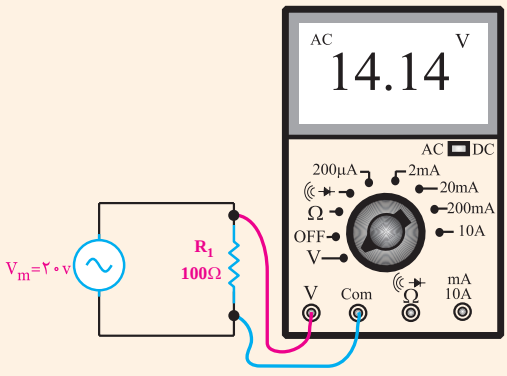
با استفاده از رابطه‌ی مربوط به ولتاژ مؤثر، مقدار ولتاژ مؤثر را به دست می‌آوریم.

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0/707 V_m = 0/707 \times 20 = 14/14 V$$

$$V_e = 14/14\ V$$

به مقدار مؤثر موج، مقدار rms نیز می‌گویند.

ولت‌مترهای AC مقدار موثر ولتاژ سینوسی را اندازه می‌گیرند، شکل ۳۱-۵.



شکل ۳۱-۵ اندازه‌گیری ولتاژ مؤثر

CarGeek.Live

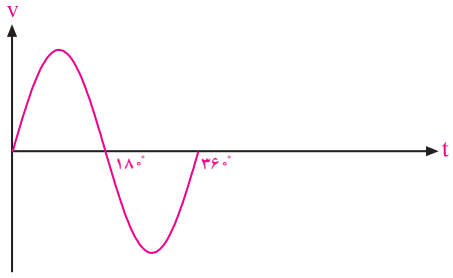
CarGeek.Live

برای جریان نیز مقادیر مؤثر وجود دارد و جریان مؤثر را با I_e، I_{eff} یا I_{rms} نشان می‌دهند.

۸-۳-۵ معادله‌ی ولتاژ سینوسی

رابطه‌ی زوایا بر حسب رادیان:

همان‌طور که در مباحث قبلی مطرح شد، مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک سیکل کامل طی شود را «زمان تناوب» می‌گویند. در شکل ۳۲-۵ یک سیکل کامل ولتاژ ۳۶۰ درجه را طی می‌کند.



شکل ۳۲-۵ یک سیکل کامل ولتاژ

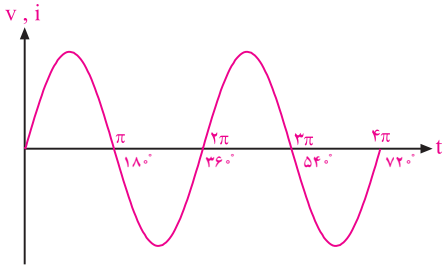
در روابط ریاضی زاویه‌ی ۳۶۰ درجه معادل 2π رادیان است. رادیان واحد دیگری برای سنجش زاویه به‌شمار می‌آید.

$$۳۶۰^\circ = 2\pi \text{ (رادیان)}$$

در تئوری‌های مربوط به الکتریسیته اندازه‌ی زوایا را بیشتر بر حسب رادیان بیان می‌کنند. ولتاژ یا جریان سینوسی در هر سیکل ۳۶۰° یا 2π رادیان را طی می‌کند. یک سیکل کامل مشابه حالتی است که یک دور کامل دایره را طی کرده باشیم.

یک سیکل کامل ولتاژ یا جریان، زاویه‌ی ۳۶۰ درجه یا 2π رادیان را طی می‌کند.

در شکل ۳۳-۵ در دو سیکل کامل ولتاژ یا جریان زاویه طی شده برابر با ۷۲۰ درجه یا 4π رادیان است.



شکل ۳۳-۵ دو سیکل کامل ولتاژ یا جریان

با توجه به اینکه یک سیکل کامل ولتاژ یا جریان ۳۶۰° می‌باشد می‌توانیم روابط زیر را برای محاسبه‌ی ۱ درجه بر حسب رادیان بنویسیم:

$$2\pi(\text{rad}) = ۳۶۰^\circ \Rightarrow ۱^\circ = \frac{2\pi}{۳۶۰} \Rightarrow$$

$$۱^\circ = \frac{\pi}{۱۸۰} \quad \text{رادیان}$$

مثال ۷: ۳۰ درجه معادل چند رادیان است؟

حل:

با توجه به اینکه $۱^\circ = \frac{\pi}{۱۸۰}$ رادیان است، پس می‌توانیم بنویسیم:

$$۳۰^\circ = ۳۰ \times \frac{\pi}{۱۸۰} \Rightarrow ۳۰^\circ = \frac{۳۰\pi}{۱۸۰} = \frac{\pi}{۶}(\text{rad})$$

$$۳۰^\circ = \frac{\pi}{۶} \quad \text{رادیان}$$

تمرین کلاسی ۲: زاویای ۴۵°، ۶۰°، ۹۰°، ۱۳۵° و ۲۷۰° را بر حسب رادیان بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

سرعت زاویه‌ای

مقدار زاویه‌ی طی شده توسط ولتاژ یا جریان سینوسی در مدت زمان یک ثانیه را سرعت زاویه ای می‌نامند و آن را با ω (اُمگا) نشان می‌دهند.

مقدار ω از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

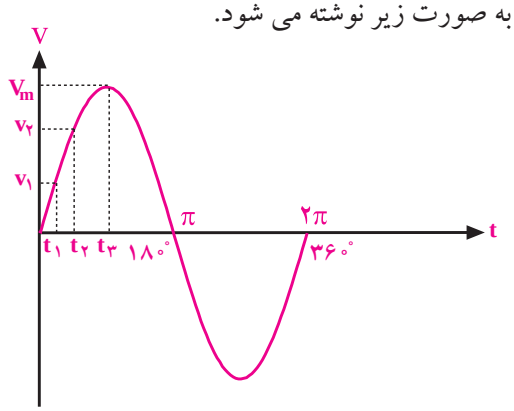
تعداد سیکل در ثانیه × زاویه‌ی طی شده توسط یک سیکل = مقدار زاویه‌ی طی شده در مدت یک ثانیه

$$\omega = 2\pi \times f$$

واحد ω ، رادیان بر ثانیه است.

معادله‌ی ولتاژ سینوسی

برای هر شکل موجی می‌توان رابطه‌ی ریاضی نوشت. رابطه‌ی ریاضی شکل موج سینوسی نشان داده شده در شکل ۵-۳۴ به صورت زیر نوشته می شود.



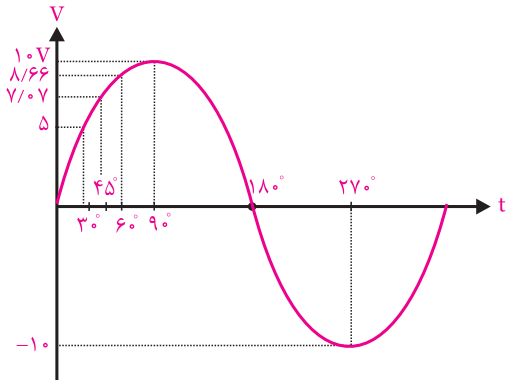
شکل ۳۴-۵ شکل موج ولتاژ سینوسی

$V=V_m \sin\omega t$

- زمان برحسب ثانیه
- سرعت زاویه‌ای برحسب رادیان بر ثانیه
- دامنه‌ی ماکزیمم ولتاژ برحسب ولت
- ولتاژ لحظه‌ای برحسب ولت

رابطه‌ی ریاضی هر موج را معادله‌ی آن موج می گویند.

مثال ۸: مقدار ماکزیمم ولتاژ یک موج سینوسی برابر با ۱۰ ولت است. مقدار ولتاژ را در زوایای ۳۰°، ۴۵°، ۶۰°، ۹۰°، ۱۸۰° و ۲۷۰° محاسبه کنید.



شکل ۳۵-۵

حل:

با توجه به رابطه‌ی مربوط به موج سینوسی می توانیم بنویسیم:

$V = 10 \sin \omega t$

$V = 10 \sin \theta$

چون $\theta = \omega t$ است به جای θ مقدار زوایا را در فرمول $V = 10 \sin \theta$ قرار می‌دهیم و مقدار ولتاژ را محاسبه می کنیم.

$V = 10 \sin 30^\circ \Rightarrow V = 10 \times \frac{1}{2} = 5$ ولت

$V = 10 \sin 45^\circ \Rightarrow V = 10 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 5\sqrt{2} = 7/07$ ولت

$V = 10 \sin 60^\circ \Rightarrow V = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3} = 8/66$ ولت

$V = 10 \sin 90^\circ \Rightarrow V = 10 \times 1 = 10$ ولت

$V = 10 \sin 180^\circ \Rightarrow V = 10 \times 0 = 0$ ولت

$V = 10 \sin 270^\circ \Rightarrow V = 10 \times (-1) = -10$ ولت

مقدار سینوس زوایا از جدول مثلثاتی قابل استخراج است.

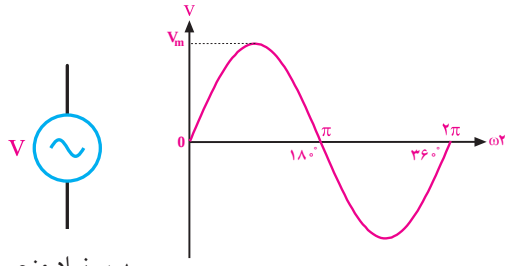
CarGeek.Live

CarGeek.Live

تمرین کلاسی ۳ : مقدار ماکزیمم جریان یک موج سینوسی برابر با ۳ آمپر است. مقدار جریان را در زوایای ۳۰°، ۴۵°، ۶۰°، ۹۰°، ۱۸۰° و ۲۷۰° محاسبه کنید.

۵–۴ رفتار مقاومت اهمی (R) در جریان متناوب

اگر به دو سر یک مقاومت اهمی، یک ولتاژ سینوسی مانند ولتاژ برق شهر را وصل کنیم، جریانی در مدار برقرار خواهد شد که از نظر شکل موج دقیقا مشابه ولتاژ است. به این جریان، جریان سینوسی می گویند. در شکل ۳۶–۵– الف شکل موج ولتاژ سینوسی و در شکل ۳۶–۵– ب نماد (علامت قراردادی) منبع ولتاژ سینوسی را ملاحظه می کنید.



ب– نماد منبع ولتاژ سینوسی

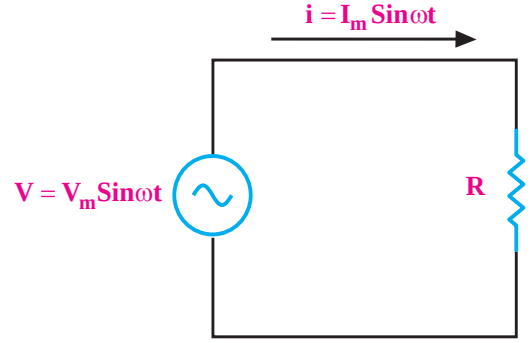
الف– ولتاژ سینوسی

شکل ۳۶–۵ شکل موج و نماد منبع ولتاژ سینوسی

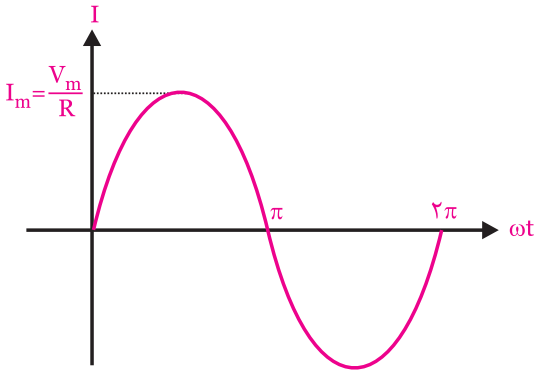
جریانی که از مقاومت عبور می کند از رابطه‌ی زیر به دست می آید:

$$i = \frac{V_m}{R}\sin\omega t = I_m \sin\omega t$$

در شکل ۳۷–۵– الف مدار عبور جریان متناوب از مقاومت اهمی و در شکل ۳۷–۵– ب شکل موج جریان سینوسی رسم شده است.



الف– مدار الکتریکی



ب– شکل موج جریان سینوسی

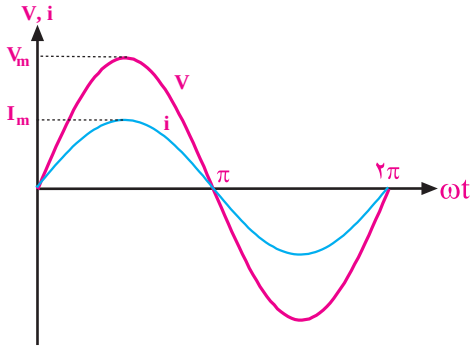
شکل ۳۷–۵ مدار الکتریکی و شکل موج جریان عبوری از آن

اگر یک منبع ولتاژ سینوسی را به دو سر یک مقاومت اهمی وصل کنیم، در مقاومت اهمی جریان سینوسی جاری خواهد شد.

وقتی جریان سینوسی از مقاومت اهمی عبور می کند بین جریان و ولتاژ هیچگونه اختلاف فازی به وجود نمی آید . در شکل ۳۸–۵ شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی و شکل موج جریان عبوری از آن نشان داده شده است.

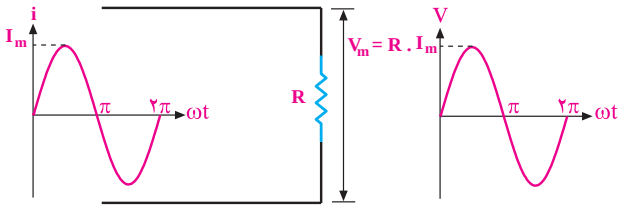
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳۸-۵ شکل موج ولتاژ و جریان در مقاومت اهمی

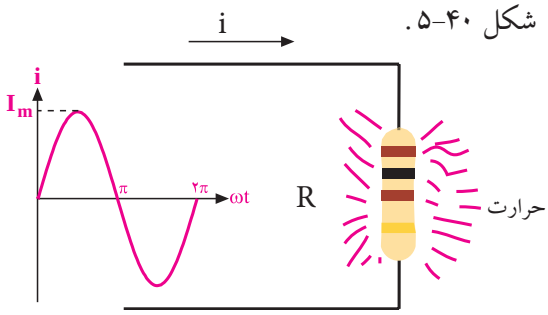
اگر جریان سینوسی از یک مقاومت اهمی عبور کند در دو سر مقاومت اهمی، یک ولتاژ سینوسی افت می‌کند که با جریان عبوری از مدار هم‌فاز است، شکل ۳۹-۵.



شکل ۳۹-۵ هم‌فاز بودن جریان و ولتاژ در مقاومت

۵-۵ توان تلف شده در یک مقاومت اهمی در جریان متناوب

در صورتی که از یک مقاومت اهمی جریانی عبور کند، در آن مقاومت توانی به‌صورت حرارت تلف می‌شود، شکل ۴۰-۵.



شکل ۴۰-۵ توان تلف شده در مقاومت

مقدار توان تلف شده بستگی به شکل موج جریان دارد. اگر جریان عبوری از مدار، سینوسی باشد توان تلف شده در مقاومت از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید.

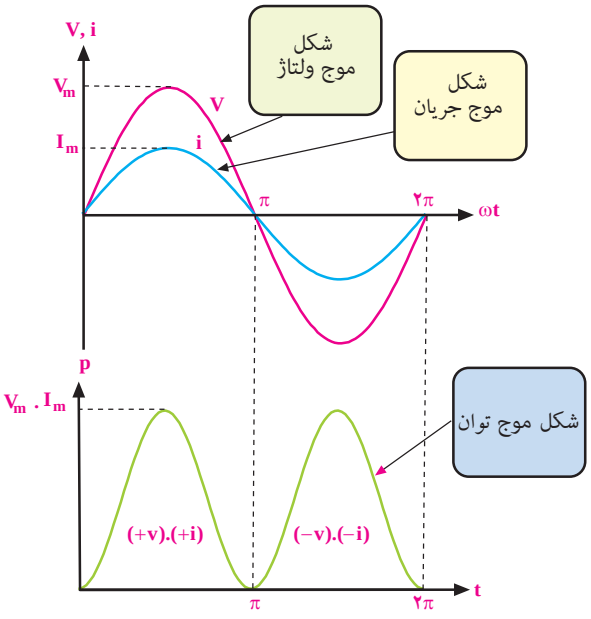
$$P = V_{eff} \cdot I_{eff}$$

توان تلف شده — ولتاژ مؤثر — جریان مؤثر

می‌دانیم $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{۲}}$ و $V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{۲}}$ است. مقدار توان از رابطه‌ی زیر نیز قابل محاسبه است.

$$P = R.I_{eff}^{۲} = \frac{(V_{eff})^{۲}}{R}$$

در شکل ۴۱-۵، شکل موج‌های ولتاژ، جریان و توان تلف شده در مقاومت نشان داده شده است.



شکل ۴۱-۵ منحنی توان تلف شده در دو سر یک مقاومت اهمی

در نیم سیکل مثبت در فاصله‌ی صفر تا π مقادیر لحظه‌ای ولتاژ و جریان مثبت و در نتیجه حاصل‌ضرب آن‌ها نیز مثبت است. در نیم سیکل منفی در فاصله‌ی π تا ۲π مقادیر لحظه‌ای ولتاژ و جریان هر دو منفی هستند که حاصل‌ضرب آن‌ها مثبت

CarGeek.Live

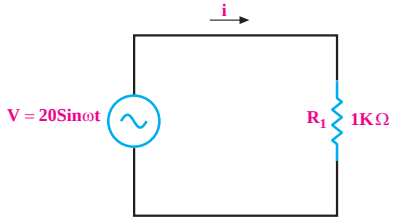
CarGeek.Live

می‌شود. به این ترتیب در دو سر مقاومت اهمی هیچ‌گاه مقدار توان، منفی نمی‌شود. توانی که در مقاومت اهمی تلف می‌شود توان مؤثر است و آن را با P_{eff} نشان می‌دهند.

مقدار P_{eff} از حاصل‌ضرب V_{eff} در I_{eff} به دست می‌آید. یعنی:

$$P_{eff} = V_{eff}\ I_{eff}$$

مثال ۹: به دو سر یک مقاومت اهمی $R=1\ K\Omega$، یک منبع ولتاژ سینوسی مطابق شکل ۴۲-۵ وصل شده است. توان تلف شده و جریان گذرنده از مقاومت اهمی را حساب کنید.



شکل ۴۲-۵ مثال

حل:

$$V_m = ۲۰V$$

$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{۲۰}{۱۰۰۰} = ۰/۰۲$$

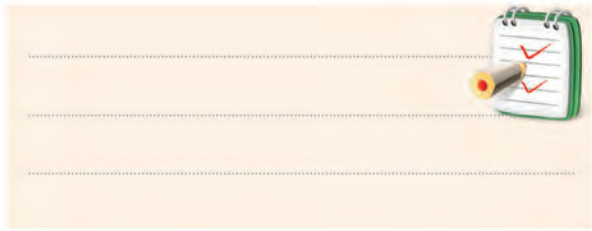
$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{۲}} = \frac{۰/۰۲}{\sqrt{۲}} = ۰/۰۱۴A \Rightarrow I = ۰/۰۱۴A$$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} = \frac{۲۰}{\sqrt{۲}} = ۱۴/۱۴V$$

$$P = V_{eff}.I_{eff} = ۱۴/۱۴ \times ۰/۰۱۴ = ۰/۲ \text{ وات}$$

$$P = ۰/۲ \text{ وات}$$

تمرین کلاسی ٤: دو مقاومت اهمی $R_1=10K\Omega$ و $R_2=12K\Omega$ به‌صورت سری به یک منبع ولتاژ سینوسی $(V=10\sin\omega t)$ وصل شده است. توان تلف شده در هر مقاومت را حساب کنید.

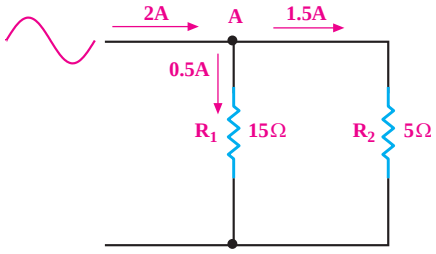


هرتز (۱۸۵۷-۱۸۹۴) فیزیکدان آلمانی، واحد فرکانس به نام او ثبت شده‌است.

۵-۶ قوانین کریشهف در جریان متناوب

قانون جریان کریشهف (KCL):

اصول مربوط به قوانین جریان و ولتاژ کریشهف در ولتاژها و جریان‌های DC و AC تفاوتی با یکدیگر ندارند. طبق قانون جریان کریشهف(KCL)، جمع جبری جریان‌هایی که به یک نقطه از مدار وارد می‌شوند برابر با صفر است. در شکل ۴۳-۵ جریان ۲A متناوب سینوسی به نقطه‌ی (گره) A وارد می‌شود و از همان نقطه (گره) جریان ۲A = ۱/۵ + ۰/۵ خارج می‌شود.



شکل ۴۳-۵ بررسی قانون جریان کریشهف

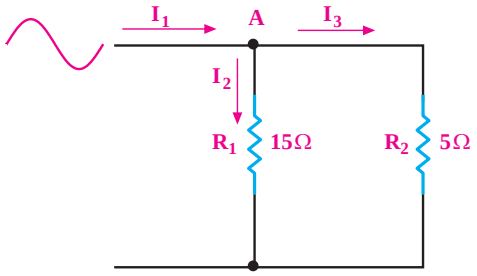
معمولا چندین جریان به یک نقطه وارد و یا از آن خارج می‌شوند. جریان‌های وارد شده را با علامت + و جریان‌های خارج شده را با علامت - مشخص می‌کنیم.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

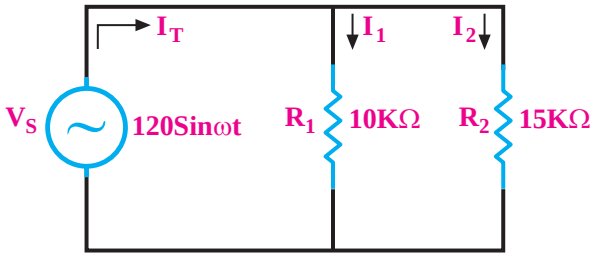
در شـکل ۴۴-۵ اگر جریان(هـای) ورودی را با علامت «+» و جریان(هـای) خروجـی را با علامت «−» نشـان دهیم، می‌توانیم در گره A رابطه‌ی زیر را بنویسیم.

$$\left.\begin{array}{l}\text{۰ = جمع جبری جریان های ورودی و خروجی}\\ +I_۱-I_۲-I_۳=۰\end{array}\right\} \Rightarrow I_۱=I_۲+I_۳$$



شکل ۴۴-۵ جمع جبری جریان‌های وارد شده و خارج شده گره A برابر با صفر است.

مثـال ۱۰: در شـکل ۴۵-۵ رابطه‌ی جریـان عبوری از مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ و جریان خروجی از منبع ولتاژ سینوسی را به‌دست آورید.



شکل ۴۵-۵

حل:

چون ولتاژ در مدار ثابت اسـت جریان هر شاخه با استفاده از قانون اهم محاسبه می‌شود.

$I_۱=I_{۱m}\sin\omega t$ و $I_۲=I_{۲m}\sin\omega t$

ابتدا مقدار $I_{۱m}$ و $I_{۲m}$ را محاسبه می کنیم :

$$I_{۱m}=\frac{V_m}{R_۱}=\frac{۱۲۰V}{۱۰K\Omega}=۱۲mA$$

$$I_{۲m}=\frac{V_m}{R_۲}=\frac{۱۲۰V}{۱۵K\Omega}=۸mA$$

جریـان I_T را از مجمـوع جریان‌هـای $I_۱$ و $I_۲$ به دسـت می‌آوریم .

$$I_T=I_{۱m}+I_{۲m}\Rightarrow$$
$$I_T=۱۲+۸=۲۰mA$$

بعد از محاسبه ی مقدار ماکزیمم جریان های $I_۱$ و $I_۲$ و I_T معادله‌ی جریان‌ها را می‌نویسیم:

$$I_۱=۱۲\sin\omega t$$
$$I_۲=۸\sin\omega t$$
$$I_T=۲۰\sin\omega t$$

تمرین کلاسـی ۵: رابطه‌ی جریان عبوری از مقاومت‌های $R_۱=۴K\Omega$ و $R_۲=۵K\Omega$ که به طور موازی به منبع ولتاژ سینوسـی $V_s=۲۰\sin\omega t$ وصل می‌باشند را به دست آورید.

قانون ولتاژ کریشهف (KVL)

طبق قانون ولتاژ کریشهف، در یک مدار بسته با منبع ولتاژ متنـاوب یا مسـتقیم، جمع جبری ولتاژها برابر صفر اسـت. به

CarGeek.Live

CarGeek.Live

عبارت دیگر در یک مدار بسته ولتاژ منبع باید با مجموع افت ولتاژهای دو سر مقاومت‌ها برابر باشد. با توجه به شکل ۴۶-۵ می‌توانیم رابطه‌ی زیر را بنویسیم.

V_1= افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1

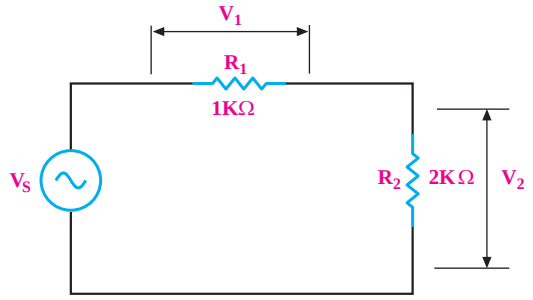
V_2= افت ولتاژ دو سر مقاومت R_2

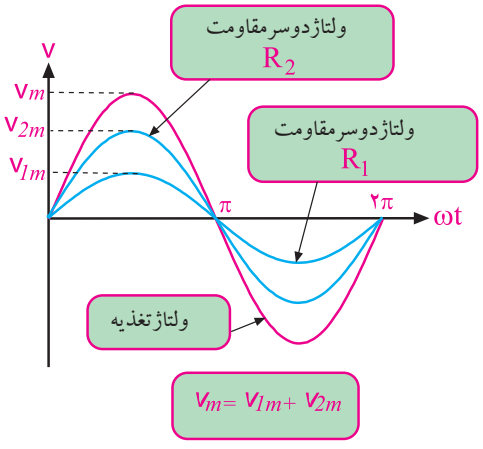
V_S= ولتاژ منبع

$$-V_S+V_1+V_2=0$$

افت ولتاژ دو سر مقاومت R_2 + افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 = ولتاژ منبع

$$V_S=V_1+V_2$$

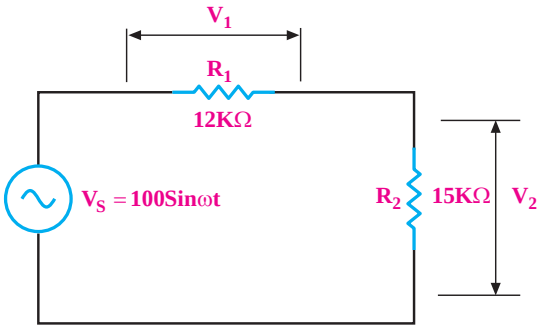




شکل ۴۶-۵ قانون ولتاژ کریشهف

نکته‌ی مهم: اگر بین ولتاژ و جریان در یک مدار اختلاف فاز وجود داشته باشد در این صورت به‌جای جمع جبری باید از جمع برداری استفاده شود.

مثال ۱۱: در شکل ۴۷-۵ رابطه‌ی ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 را به دست آورید.



شکل ۴۷-۵ محاسبه‌ی ولتاژ دو سر هر مقاومت

حل:

$$V_1 = V_{1max}.\sin\omega t \ , V_2 = V_{2max}.\sin\omega t$$

$$V_{1max} = I_m.R_1 \ , V_{2max} = I_m.R_2$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R_1+R_2} = \frac{100}{12k+15k} = 3/7mA$$

$$V_{1max} = 3/7\times12 = 44/44V$$

$$V_{2max} = 3/7\times15 = 55/56V$$

$$V_1 = 44/44\sin\omega t$$

$$V_2 = 55/56\sin\omega t$$

تمرین کلاسی ۶: رابطه‌ی ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1=۱۰KΩ و R_2=۱۲KΩ که به طور سری به منبع ولتاژ سینوسی با رابطه‌ی V_s=۱۱۰sinωt اتصال دارند را به دست آورید.

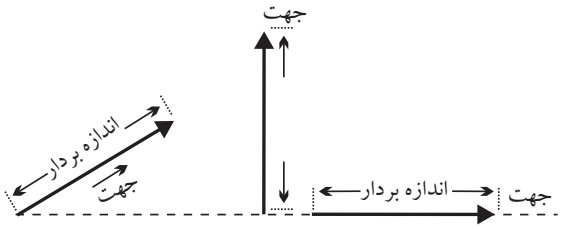
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵–۷ بردار

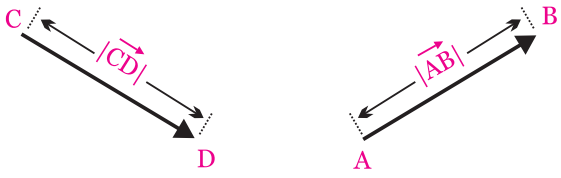
بـردار پاره‌خطی اســت که دارای انــدازه (طول) و جهت است. از بردار در مدارهای الکتریکی به عنوان وسیله‌ای برای نمایش و محاســبه کمیت‌های مختلف الکتریکی مانند ولتاژ، جریان، مقاومت و توان استفاده می کنند.

در شکل ۴۸–۵ چند نمونه بردار رسم شده است.



شکل ۴۸–۵ چند نمونه بردار

اگــر ابتدای برداری نقطــه‌ی A و انتهای آن در نقطه‌ی B باشــد آن را بردار $\overrightarrow{AB}$ می نامنــد . اندازه ی بردار $\overrightarrow{AB}$ را با $\overline{AB}$ یا $|\overrightarrow{AB}|$ نشان می‌دهند. در شکل ۴۹–۵ دو نمونه بردار رسم شده است.



الف– بردار $\overrightarrow{AB}$ ب– بردار $\overrightarrow{CD}$

شکل ۴۹–۵ دو نمونه بردار

۵–۷–۱ هم‌سنگ (هم‌ارز) بردار

هم‌ســنگ یک بردار، برداری هم جهت و هم‌اندازه‌ی آن بردار است. برای رسم هم‌سنگ یک بردار ابتدا از یک نقطه‌ی دلخواه خطی را به موازات راستای بردار رسم می کنیم. سپس روی این خط، برداری هم‌طول و هم‌جهت با بردار اصلی می کشیم.

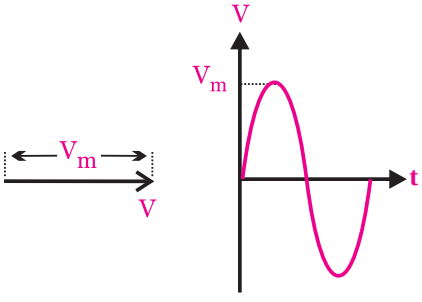
در شکل ۵۰–۵ هم‌سنگ بردار $\overrightarrow{AB}$ را از نقطه‌ی دلخواه M رســم کرده‌ایم و بردار $\overrightarrow{MN}$ را که هم‌سنگ بردار AB است به وجود آورده‌ایم.

شکل ۵۰–۵ بردار MN هم‌سنگ بردار AB است.

دو بــردار هم‌ســنگ دارای اندازه (طــول) و جهت یکسان هستند.

۵–۷–۲ نمایش برداری موج سینوسی

برای مقایسه‌ی فاز امواج متناوب می‌توان از بردار استفاده کرد. در شــکل ۵۱–۵ مــوج سینوســی $V=V_m\sin\omega t$ را به صورت برداری رسم کرده‌ایم.



الف– شکل موج ولتاژ سینوسی ب– نمایش برداری

ج– معادله‌ی ولتاژ سینوسی $V=V_m\sin\omega t$

شکل ۵۱–۵ نمایش برداری موج سینوسی

CarGeek.Live

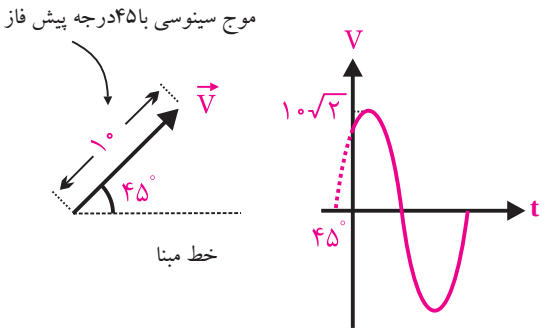
CarGeek.Live

توجه

در شکل ۵-۵۱ برای نشان دادن جریان و ولتاژ سینوسی به صورت برداری، اندازه‌ی بردارها برابر دامنه‌ی ماکزیمم موج جریان یا ولتاژ رسم شده است. از آن جا که در محاسبه‌ها معمولاً مقادیر مؤثر ولتاژ و جریان به‌کار می‌رود، می‌توان اندازه‌ی این بردارها را برابر با مقدارمؤثر امواج نیز رسم کرد. در این کتاب از مقدار مؤثر برای نمایش اندازه‌ی بردار استفاده خواهد شد.

برای کسب موفقیت، تنها به دست آوردن اطلاعات و دانش کفایت نمی کند، بلکه به کارگیری و تمرین مستمر آن اطلاعات است.

در شکل ۵-۵۲ یک نمونه موج سینوسی که دارای تقدم فاز (پیش فاز) است را مشاهده می کنید. برای رسم «نمایش برداری» لازم است میزان اختلاف فاز را با توجه به پیش فاز یا پس فاز بودن در نظر گرفت. اگر بخواهیم حالت پیش فازی را نشان دهیم باید نسبت به محور افقی که خط مبنا است در خلاف حرکت عقربه‌های ساعت زاویه‌ی فاز را انتخاب نماییم و بردار را رسم کنیم. امواج با تاخیر فاز (پس‌فاز) نیز با زاویه‌ای در جهت حرکت عقربه‌های ساعت رسم می‌شوند.

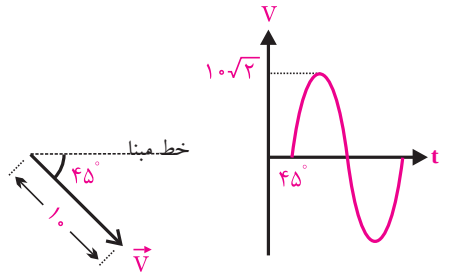


الف- شکل موج ولتاژ سینوسی ب- نمایش برداری

ج- معادله‌ی ولتاژ سینوسی $V = ۱۰\sqrt{۲}\sin(\omega t + ۴۵)$

شکل ۵-۵۲ نمایش موج ولتاژ سینوسی با تقدم فاز

در شکل ۵-۵۳ یک نمونه شکل موج ولتاژ سینوسی که دارای تأخیر فاز است را نشان داده‌ایم.



الف- شکل موج ولتاژ سینوسی ب- نمایش برداری

ج- معادله‌ی ولتاژ سینوسی $V = ۱۰\sqrt{۲}\sin(\omega t - ۴۵)$

شکل ۵-۵۳ موج سینوسی با تاخیر فاز ° ۴۵

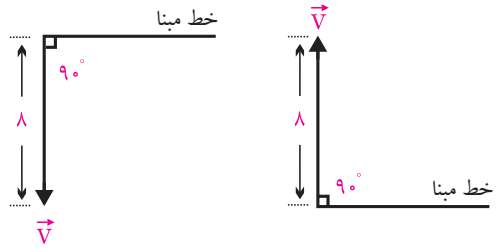
توجه

برای تعیین اندازه‌ی بردار موج سینوسی، مقدار مؤثر موج را در نظر می گیرند.

مثال ۱۲: معادله‌ی ولتاژ سینوسی مربوط به بردارهای شکل ۵-۵۴ را بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



ب)　　الف)

شکل ۵-۵۴

حل

الف: چون بردار به انـدازه‌ی ۹۰ درجه از خط مبنا جلوتر است، پس موج پیش‌فاز است و تقدم فاز دارد پس می‌توانیم بنویسیم:

$$V = ۸\sqrt{۲}\sin(\omega t + ۹۰^\circ)$$

ب: چـون بردار ولتاژ بـه اندازه‌ی ۹۰ درجـه از خط مبنا عقب‌تر است پس ولتاژ تأخیر فاز دارد و می‌توانیم بنویسیم:

$$V = ۸\sqrt{۲}\sin(\omega t - ۹۰^\circ)$$

مثال ۱۳: دیاگـرام برداری مربـوط به معـادلات ولتاژ سینوسی $V_۱$ و $V_۲$ را رسم کنید:

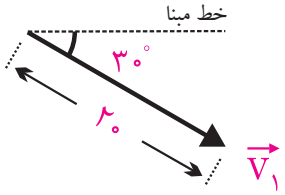
الف - $V_۱ = ۲۰\sqrt{۲}\sin(\omega t - ۳۰^\circ)$

ب - $V_۲ = ۱۲\sqrt{۲}\sin(\omega t + ۳۰^\circ)$

حل:

الف: در معادله‌ی(الف) ولتاژ به اندازه‌ی ۳۰ درجه از خط مبنا عقب‌تر است (تأخیر فاز دارد) پس بردار آن نیز باید تأخیر فاز داشته باشد.

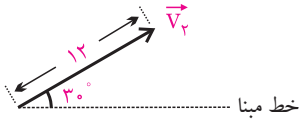
$V_۱$ موج ولتاژ با ۳۰ درجه تأخیر فاز



شکل ۵-۵۵-الف پاسخ مثال

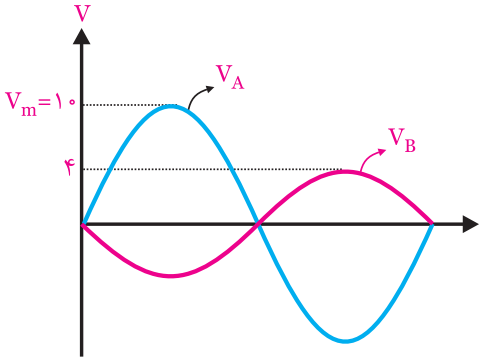
ب: در معادله‌ی (ب) چون علامت ۳۰ درجه مثبت است، پس ولتاژ نسـبت به خط مبنا تقدم فاز دارد (جلو افتاده و پیش فاز است). بنابراین بردار آن نیز باید تقدم فاز داشته باشد.

$V_۲$ موج ولتاژ با ۳۰ درجه تقدم فاز



شکل ۵-۵۵-ب پاسخ مثال

مثال ۱۴: دو موج رسم شده در شکل ۵-۵۶ را به صورت برداری نمایش دهید.



شکل ۵-۵۶

حل: با توجه به اینکه دو موج سینوسـی رسم شده دارای ۱۸۰ درجه اختلاف فاز هسـتند، بنابراین بـردار آن‌ها نیز باید ۱۸۰ درجه نسبت به یکدیگر اختلاف فاز داشته باشد.

اندازه‌ی بردارها مقدارمؤثر موج سینوسی است.

$$\text{مؤثر}\quad V_B = V_{Beff} = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} = \frac{۴}{\sqrt{۲}} = ۲\sqrt{۲}$$

$$\text{مؤثر}\quad V_A = V_{Aeff} = \frac{V_m}{\sqrt{۲}} = \frac{۱۰}{\sqrt{۲}} = ۵\sqrt{۲}$$

شکل ۵-۵۷ پاسخ مثال

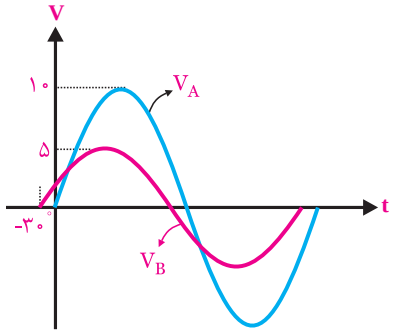
CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ۱۵: در شکل ۵۸-۵ دو موج A و B نشان داده شده است.

الف- امواج Aو B را به صورت برداری نمایش دهید.

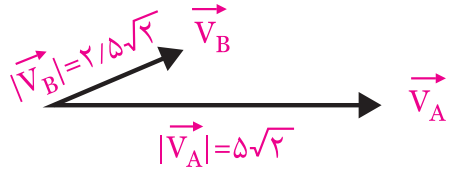
ب- روابط مربوط به معادله‌ی امواج سینوسی Aو B را بنویسید.



شکل ۵۸-۵

حل:

الف- چون پیک موج B از پیک موج A جلوتر است پس موج B نسبت به موج A پیش فاز است. از سوی دیگر موج A از مبدا صفر شروع می‌شود پس بردار مربوط به موج A را روی خط مبدا می‌کشیم و بردار B را با 30° تقدم فاز ترسیم می‌کنیم.



اندازه‌ی بردارها نیز مقدار مؤثر موج سینوسی می‌باشد.

$$\left|\vec{V_B}\right| = \frac{V_{Bm}}{\sqrt{2}} = \frac{5}{\sqrt{2}} = 2/5\sqrt{2}$$

$$\left|\vec{V_A}\right| = \frac{V_{Am}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 5\sqrt{2}$$

شکل ۵۹-۵ پاسخ قسمت الف

ب- موج A چون از مبدا شروع می‌شود اختلاف فازی ندارد و معادله‌ی آن به صورت زیر است.

$$V_A = 10\sin\omega t$$

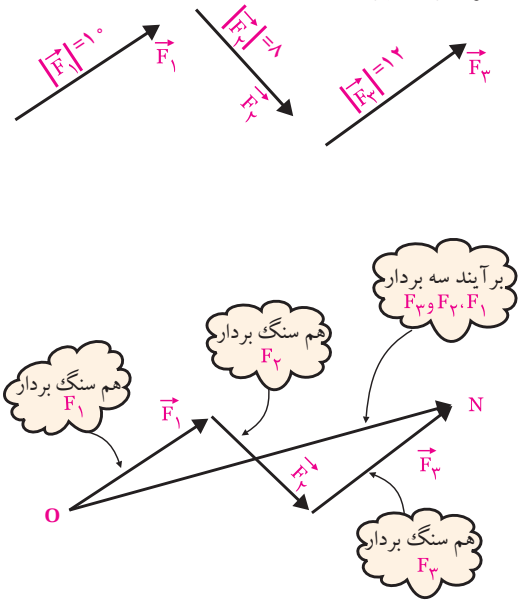
موج B به اندازه‌ی ۳۰ درجه تقدم فاز دارد و معادله‌ی آن به صورت زیر است.

$$V_B = 5\sin(\omega t + 30^\circ)$$

۳-۷-۵ برآیند دو یا چند بردار

برآیند دو یا چند بردار، برداری است که به تنهایی، خاصیت و تأثیر آن دو یا چند بردار را داشته باشد.

برای تعیین برآیند چند بردار، ابتدا از یک نقطه مانند «O» هم‌سنگ بردار $\vec{F_1}$ و سپس از انتهای هم‌سنگ بردار $\vec{F_1}$، هم‌سنگ بردار $\vec{F_2}$ را رسم می‌کنیم. این عمل را برای همه‌ی بردارها ادامه می‌دهیم تا انتهای آخرین بردار هم‌سنگ (نقطه‌ی N) به دست آید. در شکل ۶۰-۵ اگر نقطه‌ی «O» را به نقطه‌ی «N» وصل کنیم، بردار $\overrightarrow{ON}$ برآیند بردارهای مورد نظر خواهد بود.



شکل ۶۰-۵ برآیند بردارهای $\vec{F_1}$، $\vec{F_2}$ و $\vec{F_3}$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

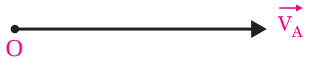
برآیند بردارهای $\vec{F_1}$ ، $\vec{F_2}$ و $\vec{F_3}$ را با $\vec{R}$ نشان می‌دهند و به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\vec{R} = \vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3}$$

مثال۱۶: برآیند بردارهای رسم شده در شکل ۶۱-۵ را رسم کنید.

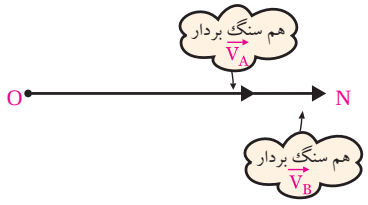
شکل ۶۱-۵

حل: برای رسم برآیند لازم است بردار هم‌سنگ را رسم کنیم. به این منظور ابتدا هم‌سنگ بردار $\vec{V_A}$ را از نقطهٔ O رسم می‌کنیم، شکل ۶۲-۵.



شکل ۶۲-۵ هم‌سنگ بردار $\vec{V_A}$

سپس از انتهای بردار $\vec{V_A}$، هم‌سنگ بردار $\vec{V_B}$ را رسم می‌کنیم و نقطهٔ انتهایی را N می‌نامیم، شکل ۶۳-۵.



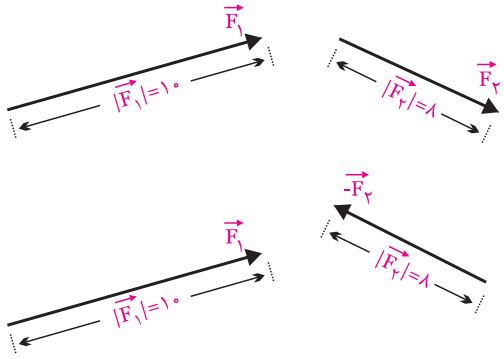
شکل ۶۳-۵ هم‌سنگ بردار $\vec{V_A}$ و $\vec{V_B}$

حال از نقطهٔ O به N برداری رسم می‌کنیم، بردار $\overrightarrow{ON}$ برآیند دو بردار $\vec{V_A}$ و $\vec{V_B}$ است، شکل ۶۴-۵.

شکل ۶۴-۵ برآیند بردارهای $\vec{V_A}$ و $\vec{V_B}$

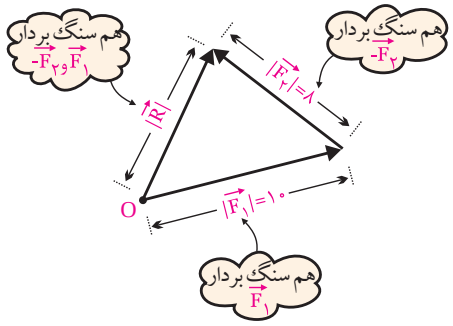
۵-۷-۴ تفاضل بردارها

برای تعیین تفاضل بردارهای $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$ $(\vec{F_1} - \vec{F_2})$ ابتدا منفی بردار $\vec{F_2}$ را رسم می‌کنیم. منفی یک بردار، هم‌سنگ آن بردار در جهت مخالف است. در شکل ۶۵-۵ برای رسم بردار $-\vec{F_2}$ ابتدا برداری هم‌اندازه ولی در جهت مخالف بردار $\vec{F_2}$ رسم می‌کنیم.



شکل ۶۵-۵ تفاضل بردارهای $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$

سپس طبق شکل ۶۶-۵ برآیند دو بردار $\vec{F_1}$ و $-\vec{F_2}$ را به دست می‌آوریم.



شکل ۶۶-۵ تفاضل بردارهای $\vec{F_1}$ و $\vec{F_2}$

۵-۷-۵ ضرب یک بردار در یک کمیت عددی

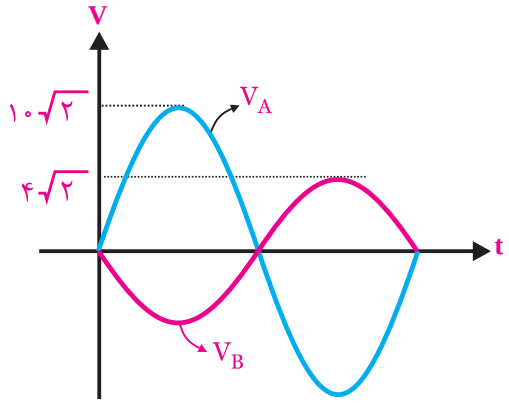
اگر عددی مثل K را در یک بردار مانند $\vec{F}$ ضرب کنیم بردار حاصلضرب طبق شکل ۶۷-۵ هم جهت با بردار $\vec{F}$ است و اندازهٔ آن K برابر اندازهٔ بردار $\vec{F}$ خواهد شد. اگر K مثبت باشد بردار $\overrightarrow{KF}$ هم جهت با بردار F و اگر K منفی باشد، بردار $\overrightarrow{KF}$ در خلاف جهت بردار $\vec{F}$ است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

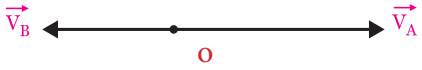
شکل ۶۷-۵ ضرب بردار (K مثبت)

مثال ۱۷: برآیند بردارهای مربوط به شکل موج‌های رسم شده در شکل ۶۸-۵ را به دست آورید.



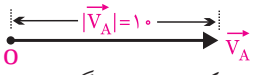
شکل ۶۸-۵ مثال

حل: ابتدا بردارهای مربوط به هر دو موج سینوسی را رسم می‌کنیم، شکل ۶۹-۵.



شکل ۶۹-۵

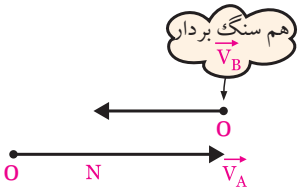
سپس برای رسم برآیند بردارها، ابتدا هم‌سنگ بردار $\vec{V}_A$ را رسم می‌کنیم، شکل ۷۰-۵.



شکل ۷۰-۵ هم‌سنگ بردار

هم‌سنگ بردار $\vec{B}$ را از انتهای بردار رسم می‌کنیم، شکل ۷۱-۵.

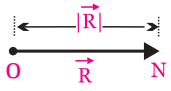
برداری که از وصل دو نقطه‌ی O و N به‌دست می‌آید را



شکل ۷۱-۵

بردار برآیند می‌نامند، شکل ۷۲-۵.

$$\vec{R}=\vec{ON}=\vec{V}_A+\vec{A}_B$$



شکل ۷۲-۵ برآیند بردارهای $\vec{V}_A$ و $\vec{V}_B$

اندازه‌ی برآیند بردارهای $\vec{V}_A$ و $\vec{V}_B$، از تفاضل اندازه‌ی دو بردار به‌دست می‌آید.

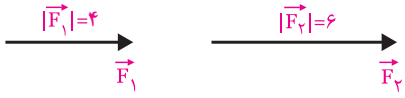
$$|\vec{R}|=|\vec{V}_A|-|\vec{V}_B|$$
$$|\vec{R}|=۱۰-۴=۶$$
$$|\vec{R}|=۶$$

توجه

اگر دو بردار در یک جهت باشند اندازه‌ی برآیند دو بردار از جمع جبری اندازه‌ی هر بردار به دست می‌آید.

اگر دو بردار در خلاف جهت یکدیگر باشند اندازه‌ی برآیند دوبردار از تفاضل اندازه‌ی دو بردار به دست می‌آید.

مثال ۱۸: اندازه‌ی برآیند دو بردار هم‌جهت $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ در شکل ۷۳-۵ را محاسبه کنید.



شکل ۷۳-۵

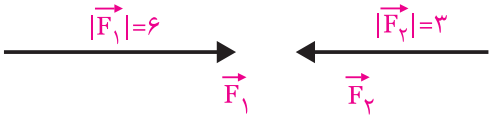
CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل: با توجه به هم‌جهت بودن ۲ بـردار اندازه‌ی برآیند بردارها از جمع جبری اندازه‌ی هر بردار محاسبه می‌شود.

$$|\vec{R}| = |\vec{F_1}| + |\vec{F_1}| \Rightarrow$$
$$|\vec{R}| = ۴ + ۶ = ۱۰$$
$$|\vec{R}| = ۱۰$$

تمرین کلاسی ۷: اندازه‌ی برآیند دو بردار F_1 و F_2 در شـکل ۵-۷۴ کـه در خلاف جهت هم رسـم شده‌اند را به‌دست آورید.

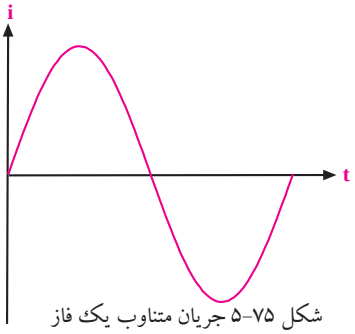


شکل ۵-۷۴

۵-۸ جریان‌های سه‌فازه

۵-۸-۱ جریان متناوب یک فازه

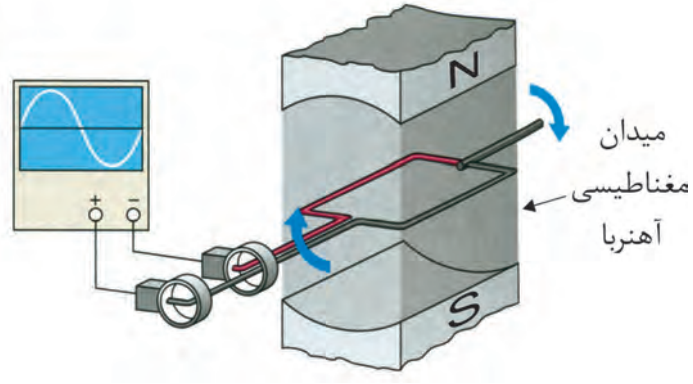
همان‌طور که در قبل گفته شـد یکی از دلایل تولید ولتاژ به صورت شکل موج سینوسی، تولید و انتقال آسان آن است. به جریان سینوسی رسم شـده در شکل ۵-۷۵ جریان متناوب یک فاز می‌گویند.



شکل ۵-۷۵ جریان متناوب یک فاز

جریـان متنـاوب یک فـاز، از حرکت یـک مجموعه‌ی سـیم‌پیچ در داخـل میدان مغناطیسـی ایجاد می‌شـود. میدان مغناطیسـی را می‌توان توسـط آهن ربای طبیعـی یا مصنوعی تولید کرد. در شکل ۵-۷۶ حرکت یک مجموعه سیم‌پیچ در میدان مغناطیسی نشان داده شده است.

شکل ۵-۷۶ حرکت سیم پیچ در میدان مغناطیسی

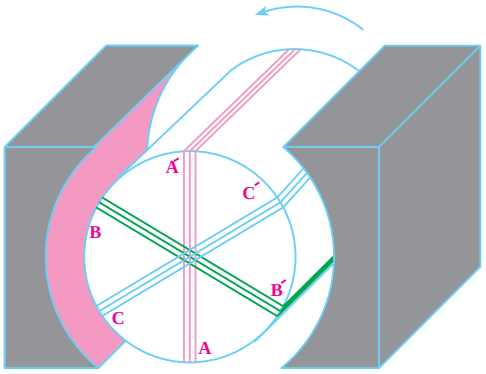


CarGeek.Live

CarGeek.Live

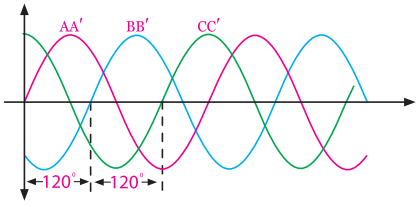
۲-۸-۵ جریان متناوب سه فازه

در صورتی که سه دسته سیم‌پیچی را در داخل میدان مغناطیسی آهنربا حرکت دهیم، شکل موج جریان متناوب سه‌فاز ایجاد می‌شود. در شکل ۷۷-۵ سیم‌پیچ‌ها در داخل میدان مغناطیسی نشان داده شده است.



شکل ۷۷-۵ موقعیت سیم‌پیچ‌ها در یک نمونه مولد جریان متناوب ۳ فاز

در شکل ۷۷-۵ با چرخش سیم‌پیچ‌ها در خلاف جهت عقربه‌های ساعت، در هر یک از سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' ولتاژ سینوسی ایجاد می‌شود. سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' با زاویه‌ی مکانی ۱۲۰ درجه نسبت به هم قرار دارند. با توجه به موقعیت مکانی سیم پیچ‌ها، ولتاژ القایی در سیم‌پیچ BB' به اندازه‌ی ۱۲۰ درجه از ولتاژ القایی در سیم‌پیچ AA' پس‌فاز است. هم‌چنین ولتاژ القا شده در سیم‌پیچ CC' به اندازه‌ی ۲۴۰ درجه نسبت به ولتاژ القا شده در سیم‌پیچ AA' پس‌فاز است. در شکل ۷۸-۵ موج‌های تولید شده توسط سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' نشان داده شده است.



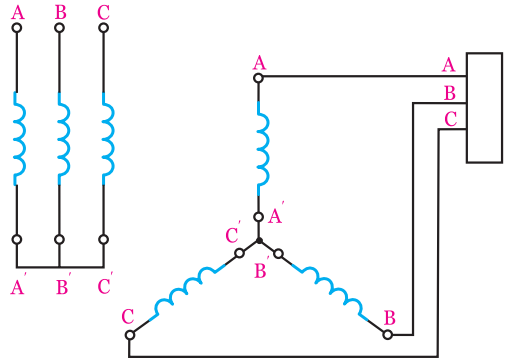
شکل ۷۸-۵ جریان‌های متناوب سه‌فازه

همان‌طور که در شکل ۷۸-۵ مشاهده می‌کنید شکل موج‌های $V_{AA'}$، $V_{BB'}$ و $V_{CC'}$ نسبت به‌یکدیگر ۱۲۰° اختلاف فاز دارند.

۳-۸-۵ اتصال سیم‌پیچ‌های مدار سه‌فاز

سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' به دو صورت به هم اتصال داده می‌شوند.

اتصال ستاره: اگر انتهای سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' به یکدیگر اتصال یابند و از ابتدای سیم‌پیچ‌ها جریان دریافت شود، این نوع اتصال را «اتصال ستاره» می‌گویند و با (Y) نشان می‌دهند. در شکل ۷۹-۵ نحوه‌ی اتصال ستاره نشان داده شده است.



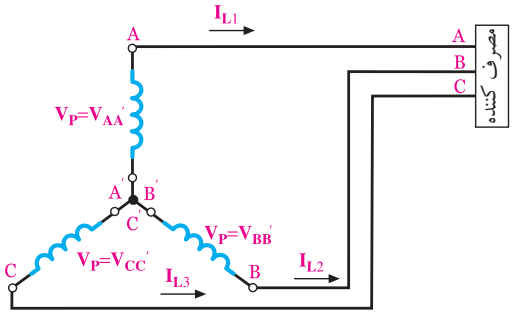
شکل ۷۹-۵ اتصال ستاره

در اتصال ستاره انرژی توسط سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' از مولد به مصرف کننده انتقال می‌یابد. سیم‌های AA'، BB' و CC' را به ترتیب R،S و T یا L_1، L_2 و L_3 نام‌گذاری می‌کنند و به آن‌ها سیم‌های فاز A، فاز B و فاز C می‌گویند.

در شکل ۸۰-۵ ولتاژها و جریان‌های اتصال ستاره نشان داده شده است.

CarGeek.Live

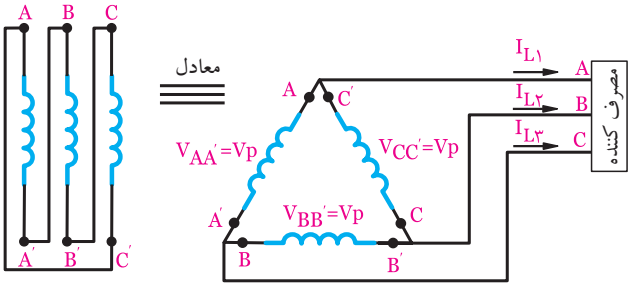
CarGeek.Live



شکل ۸۰-۵ مشخصات جریان و ولتاژ در اتصال ستاره

اتصال مثلث

اگـر انتهای سـیم‌پیچ اول به ابتدای سـیم‌پیچ دوم، انتهای سـیم‌پیچ دوم به ابتدای سیم‌پیچ سـوم و انتهای سیم‌پیچ سوم به ابتدای سـیم‌پیچ اول متصل شـود این نوع اتصال را اتصال مثلث می‌گویند و آن را با علامت (Δ) نشان می‌دهند. این نوع اتصال در شکل ۸۱-۵ نشان داده شده است.



شکل ۸۱-۵ اتصال مثلث

در اتصال مثلث ولتاژ دو سـر سیم‌پیچ‌های AA'، BB' و CC' را ولتاژ فاز می‌نامند و آن را با V_p نشان می‌دهند.

در زمان اوج مصرف به دلیل نوسانات برق امکان آسیب دیدن وسیله‌ی برقی شما بیشتر است. در زمان اوج مصرف، از وسایل برقی پرمصرف استفاده نکنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۵)

۱- شکل موج ولتاژ متناوب را با رسم شکل شرح دهید.

۲- مشخصات یک شکل موج سینوسی را نام ببرید.

۳- مقدار مؤثر و متوسط یک شکل موج سینوسی چگونه به دست می‌آید؟ به طور کامل شرح دهید.

۴- فاز و اختلاف فاز در شکل‌موج‌های سینوسی را توضیح دهید.

۵- چهار نمونه موج متناوب را نام ببرید و شکل موج آن‌ها را رسم کنید.

۶- زمان تناوب را تعریف کنید.

۷- به تعداد سیکل در یک ثانیه ..... می‌گویند.

۸- مقدار پیک شکل موج سینوسی را تعریف کنید. در صورتی که مقدار مؤثر موج را داشته باشیم مقدار پیک را چگونه محاسبه کنیم؟

۹- دو موج با ۹۰ درجه اختلاف فاز را رسم کنید.

۱۰- در یک موج سینوسی کامل مقدار متوسط ولتاژ ..... است.

الف) صفر ب) V_m

۱۱- مقدار متوسط موج سینوسی یک سو شده‌ی نیم‌موج

CarGeek.Live

CarGeek.Live

از کدام رابطه به دست می‌آید؟

الف) $\frac{V_m}{\pi}$ ب) V_m

ج) $\frac{2V_m}{\pi}$ د) صفر

۱۲- مقدار موثر موجی سینوسی با دامنه‌ی ۲۰ ولت را محاسبه کنید.

۱۳- کدام رابطه توان تلف شده در مقاومت را نشان می‌دهد؟

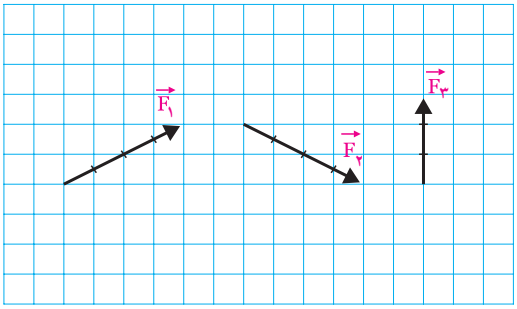
الف- $P=V_{eff.}I_{eff}$ ب- $P=RI^2_{eff}$

ج- $P=\frac{V^2_{eff}}{R}$ د- همه‌ی موارد

۱۴- بردار را تعریف کنید.

۱۵- هم‌سنگ بردار را چگونه رسم می‌کنند؟ با رسم شکل توضیح دهید.

۱۶- برآیند بردارهای زیر را به صورت رنگی رسم کنید و اندازه‌ی آن‌را به دست آورید.



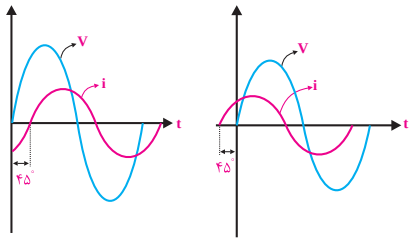
شکل ۸۲-۵

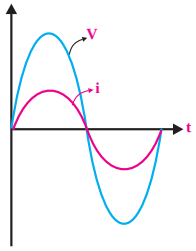
۱۷- چگونگی تعیین تفاضل بردارهای F_1 و F_2 را شرح دهید.

۱۸- دیاگرام برداری هر یک از امواج نشان داده شده در شکل ۸۳-۵ را ترسیم کنید و اختلاف فاز بین آن‌ها را به دست آورید.

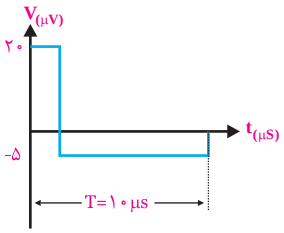
CarGeek.Live

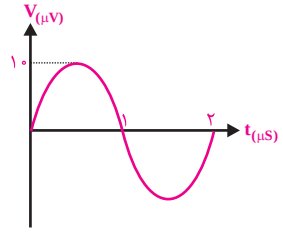
CarGeek.Live





شکل ۸۳-۵





شکل ۸۴-۵

۱۹- مقدار پیک تو پیک و فرکانس هر یک از امواج نشان داده شده در شکل ۸۴-۵ را محاسبه کنید.

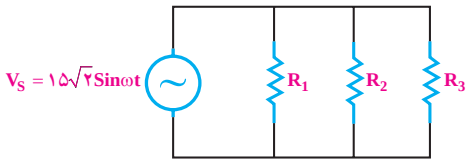
۲۰- زوایای 30°، 180° و 360° را بر حسب رادیان بنویسید.

۲۱- سه مقاومت اهمی $R_1=6K\Omega$ ، $R_2=10K\Omega$ و $R_3=15K\Omega$ به صورت موازی به یک منبع ولتاژ سینوسی مطابق شکل ۸۵-۵ وصل شده است. توان تلف شده در هر

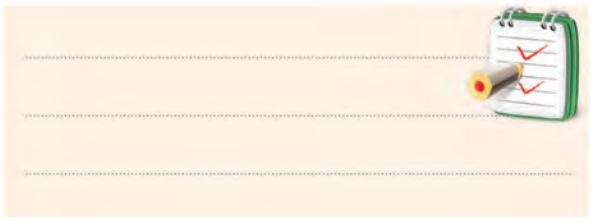
CarGeek.Live

CarGeek.Live

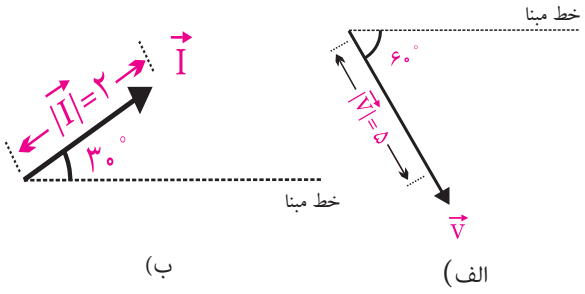
مقاومت را حساب کنید.



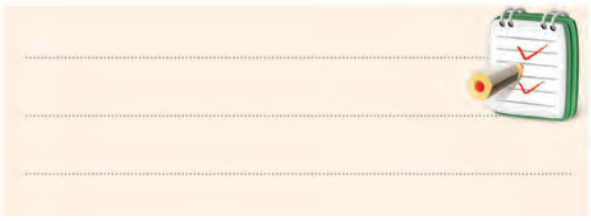
شکل ۸۵-۵



۲۲- معادله‌ی ولتاژ سینوسی مربوط به بردارهای شکل ۸۶-۵ را بنویسید.



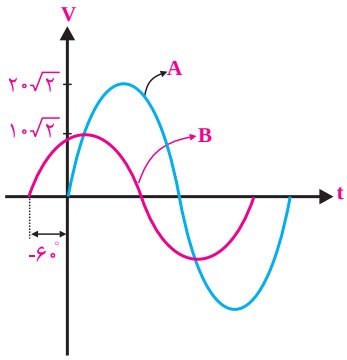
شکل ۸۶-۵



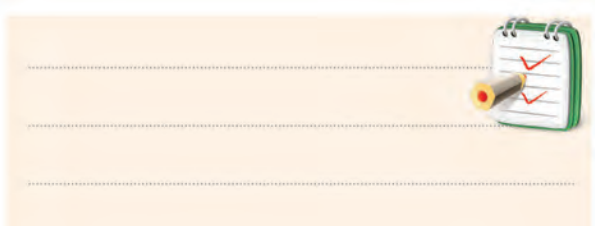
۲۳- در شکل ۸۷-۵ دو موج A و B نشان داده شده است.

الف- امواج A و B را به صورت برداری نمایش دهید.

ب- روابط مربوط به معادله‌ی امواج سینوسی A و B را بنویسید.



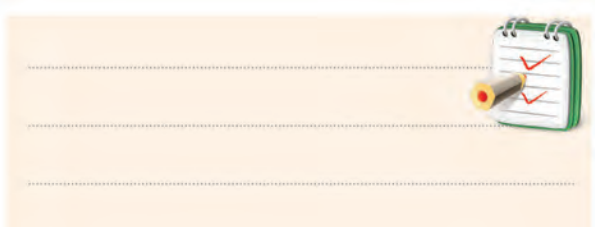
شکل ۸۷-۵



۲۴- اندازه‌ی برآیند دو بردار هم‌جهت F_1 و F_2 را محاسبه کنید.

$|\vec{F_1}| = ۶$

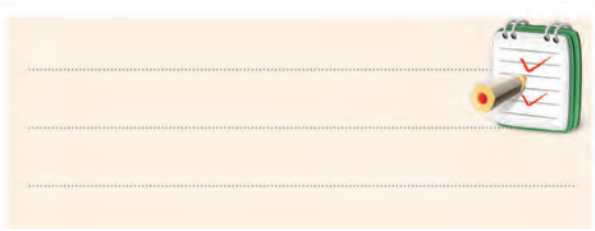
$|\vec{F_2}| = ۸$



۲۵- اندازه‌ی برآیند دو بردار غیر هم‌جهت (خلاف جهت) F_1 و F_2 را محاسبه کنید.

$|\vec{F_1}| = ۱۰$

$|\vec{F_2}| = ۱۰$



CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل ششم

دستگاه اسیلوسکوپ و انواع منابع تغذیه‌ی آزمایشگاهی

هدف کلی : کار با چند نمونه دستگاه‌های آزمایشگاهی الکترونیکی

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- ساختمان اسیلوسکوپ را شرح دهد.

۲- کلیدهای روی صفحه‌ی جلوی اسیلوسکوپ را از یکدیگر تمیز دهد.

۳- وظیفه‌ی هر یک از کلیدها را شرح دهد.

۴- پروب و اجزای آن را شرح دهد .

۵- نحوه‌ی عملکرد ترمینال تنظیم (کالیبراسیون) اسیلوسکوپ را شرح دهد.

۶- دستگاه اسیلوسکوپ را تنظیم کند.

۷- پروب اسیلوسکوپ را تنظیم کند.

۸- با استفاده از اسیلوسکوپ ولتاژ DC را اندازه بگیرد.

۹- انواع مولد سیگنال را نام ببرد.

۱۰- مشخصات سیگنال ژنراتور صوتی را شرح دهد.

۱۱- مشخصات سیگنال ژنراتور رادیویی را بیان کند.

۱۲- مشخصات فانکشن ژنراتور و نحوه‌ی کار را با آن را بیان کند.

۱۳- نحوه‌ی استفاده از منبع تغذیه‌ی DC را شرح دهد.

۱۴- ولتاژ و جریان خروجی یک منبع تغذیه DC را تنظیم کند.

۱۵- مشخصات شکل موج‌های خروجی فانکشن ژنراتور را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کند.

۱۶- مقدار ماکزیمم شکل موج سینوسی را توسط اسیلوسکوپ اندازه‌گیری کند.

۱۷-کلیه‌ی هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
۶	۶	۸	۱۴

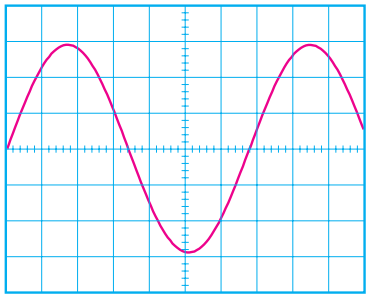
CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۶)

۱- تفاوت بین سیگنال ژنراتور صوتی و فانکشن ژنراتور را به‌طور خلاصه بیان کنید.

۲- در شکل زیر فرکانس سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ چند هرتز است.



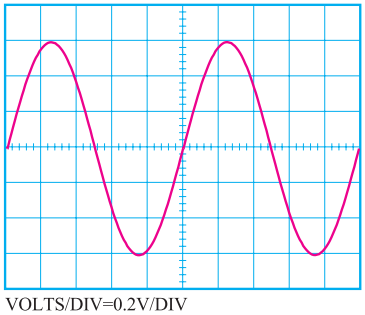
الف) ۲۹۴

ب) ۲۶۴

ج) ۲۳۴

د) ۲۱۴

۳- در شکل زیر مقدار موثر سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ چند میلی‌ولت است؟



الف) ۲۲۴

ب) ۳۲۴

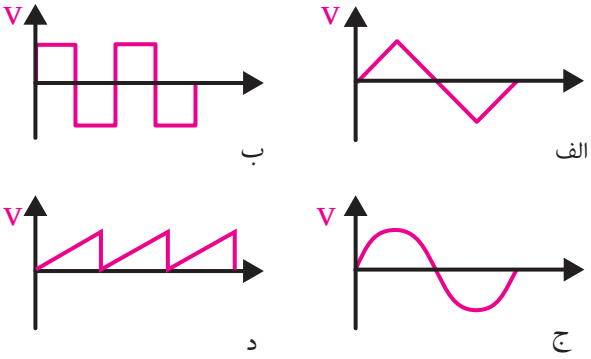
ج) ۴۲۴

د) ۵۲۴

۴- زمان تناوب یک شکل موج سینوسی با فرکانس ۱۰۰KHz چند میکرو ثانیه است؟

الف) ۱۰ ب) ۱۰۰ ج) ۱۰۰۰ د) ۱۰۰۰۰

۵- کدامیک از امواج زیر dc است؟



۶- مقدار مؤثر یک موج سینوسی با ماکزیمم دامنه $V_m = ۲۰V$ برابر با چند ولت است؟

الف) ۱۲/۷۴ ب) ۷/۰۷ ج) ۱۴/۱۴ د) ۰/۶۳۶

۷- فرکانس موجی با زمان تناوب ۵ میلی ثانیه چند هرتز است؟

الف) ۱۰۰ ب) ۲۰۰ ج) ۲۰ د) ۰/۰۰۵

۸- دراسیلوسکوپ دو کاناله، حالت chop برای نمایش ..... است.

الف) دو موج به طور همزمان در فرکانس پایین

ب) دو موج به طور همزمان در فرکانس بالا

ج) یک موج با فرکانس پایین

د) یک موج با فرکانس بالا

۹- کدام گزینه ولتاژ معادل حرارتی DC موج سینوسی را مشخص می کند؟

الف)مؤثر ب) پیک تو پیک ج) پیک د) متوسط

۱۰- تعداد نوسانات یک موج متناوب در مدت یک ثانیه را ..... می گویند.

الف) زمان تناوب ب) فرکانس

CarGeek.Live

CarGeek.Live

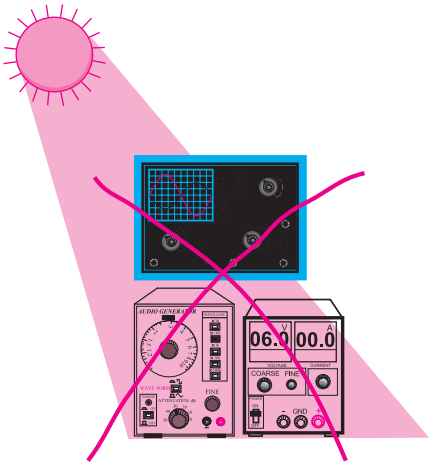
نکات ایمنی فصل (۶)

۱- هنگام حمـــل و جابه جایی دســـتگاه‌های اندازه‌گیری مانند اسیلوســـکوپ، منبع تغذیه، مولتی‌متر و سیگنال ژنراتور، مواظب باشـــید دســـتگاه به زمین نیفتد. این دســـتگاهها بسیار حساس هستند و ممکن است بر اثر ضربه طوری معیوب شوند که دیگر قابل تعمیر نباشند.

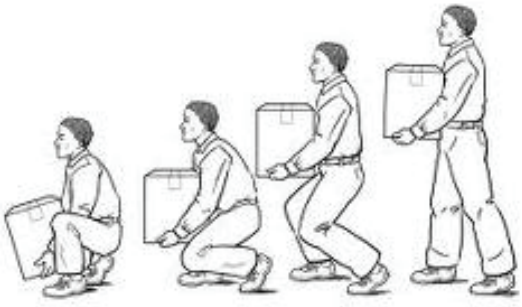
۲- با دکمه‌ها، کلیدها، ولوم‌ها و ســـلکتورهای دستگاه ها بازی نکنید.

۳- کلید ولوم و سلکتورهای روی دستگاه‌های الکترونیکی مانند اسیلوســـکوپ و سیگنال ژنراتور بسیار ظریف هستند. در صورت نیاز به تغییر رنج، خیلی آهسته و با احتیاط کامل عمل کنید.

۴- دســـتگاه‌های الکترونیکـــی را زیر نور آفتـــاب و یا در مجاورت گرما قرار ندهید. حرارت سبب معیوب شدن دستگاه و کاهش عمر مفید آن می‌شود.



۵- هنگام برداشتن بار سنگین از روی زمین، بار را به طور صحیح بردارید.



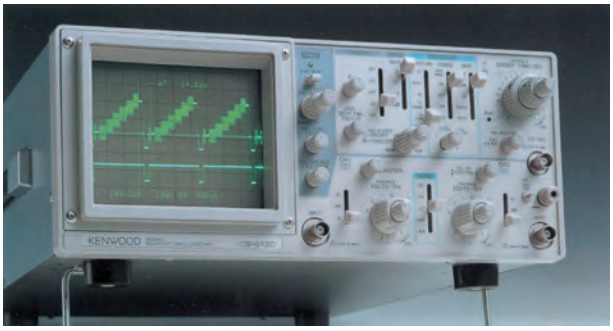
حفاظت از وســـایل، مهارت ارزش‌گذاری بر ثروت عمومی ، مسئولیت‌پذیری و توجه به هزینه‌هایی را که برای تحصیل هر فرد صرف می‌شود ، ایجاد می کند .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۶ اسیلوسکوپ

اسیلوسکوپ دستگاهی است که برای مشاهده‌ی شکل موج و اندازه‌گیری دامنه و زمان تناوب سیگنالهای متناوب به کار می رود. در شکل ۱-۶ یک نمونه اسیلوسکوپ نشان داده شده است.



شکل ۱-۶ یک نمونه اسیلوسکوپ

ساختمان اسیلوسکوپ از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود:

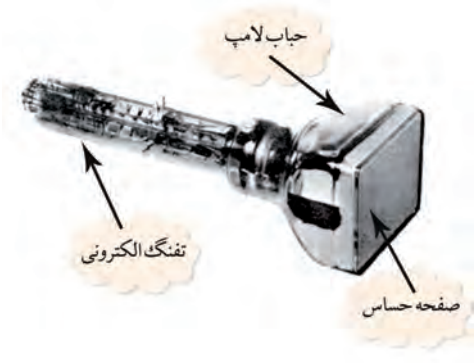
- لامپ اشعه‌ی کاتدیک
- مدارهای آماده سازی لامپ و سیگنال

۱-۱-۶ لامپ اشعه ی کاتدیک (CRT)

در شکل ۲-۶ شکل ظاهری یک لامپ اشعه‌ی کاتدیک نشان داده شده است. این لامپ از سه قسمت کلی شامل تفنگ الکترونی، حباب لامپ و صفحه‌ی حساس تشکیل شده است.

تفنگ الکترونی اشعه‌ی الکترونی را تولید و آن را به سمت صفحه‌ی حساس پرتاب می کند.

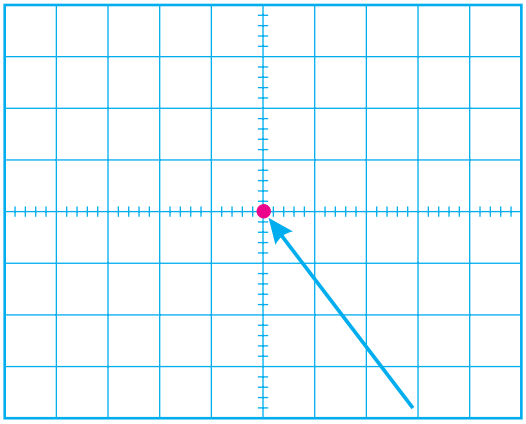
حباب لامپ، صفحه‌ی حساس را به تفنگ الکترونی متصل می کند و مسیر مناسبی را برای عبور اشعه و شتاب دادن به آن فراهم می کند.



شکل ۲-۶ شکل ظاهری یک لامپ اشعه کاتدیک

همانطور که اشاره شد ، اشعه‌ی الکترونی توسط یک تفنگ الکترونی تولید می‌شود. اگر این اشعه به سمت پوشش فسفر سانس صفحه‌ی حساس تابانده شود ، طبق شکل ۳-۶ روی صفحه‌ی حساس یک نقطه‌ی نورانی تولید می‌شود.

با قطع شدن اشعه، نقطه‌ی نورانی نیز محو می‌شود. به کمک ولوم INTEN که در صفحه‌ی جلویی اسیلوسکوپ قرار دارد می‌توان مقدار نور ایجاد شده توسط اشعه را کم یا زیاد کرد. همچنین توسط ولوم FOCUS که معمولا در کنار ولوم INTEN قرار دارد، می توان قطر اشعه را تغییر داد.



نقطه نورانی حاصل ازاشعه

شکل ۳-۶ صفحه‌ی حساس

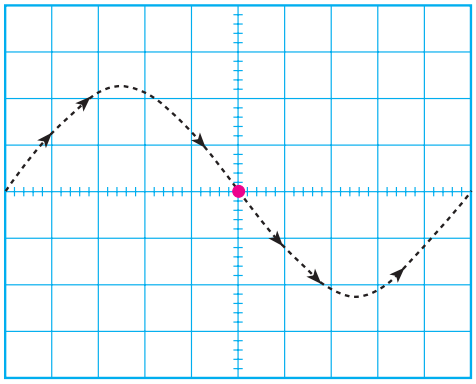
در داخل حباب لامپ اشعه‌ی کاتدیک صفحات انحراف افقی و انحراف قائم قرار دارد. به این صفحات ولتاژهایی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جهت انحراف اشعه متصل می‌نمایند.

همان‌طور که اشـاره شد هنگامی که اشـعه‌ی الکترونی به صفحه‌ی حساس برخورد می‌کند یک نقطه‌ی نورانی به وجود می‌آید. این نقطه توسـط میدان‌های صفحات انحراف افقی و عمـودی ، در دو جهت عمودی و افقی به حرکت در می‌آید و شـکل موج را به وجود می‌آورد. به عنوان مثال وقتی شکل موج سینوسـی را روی صفحه‌ی حسـاس می‌بینیـم باید مانند شکل ۴-۶ حرکت اشعه روی صفحه‌ی حساس نیز به صورت سینوسی باشد.



شکل ۴-۶ حرکت اشعه روی صفحه‌ی حساس

وقتـی یک شـکل موج سینوسـی به اسیلوسـکوپ اعمال کنیم ، مسیر حرکت اشعه (نقطه‌ی نورانی) به صورت سینوسی است. اما چون حرکت اشعه سریع صورت می‌گیرد چشـم انسان شکل موج را سینوسی پیوسته و کامل احساس می‌کند.

توجه داشـته باشید که اسیلوسـکوپ فقط ولتاژ DC و شـکل موج‌های متناوب یعنی سـیگنال‌هایی که سیکل‌های آن در فواصل منظم زمانی تکرار می‌شود را به صورت ثابت و پایدار نشان می‌دهد.

۲-۱-۶ مدارهای آماده سازی لامپ و سیگنال

پروب

برای اعمال سـیگنال الکتریکی به اسیلوسکوپ از پروب استفاده می‌شود. در شـکل ۵-۶ یک نمونه پروب رایج نشان داده شـده است. سـیم رابط پروب از جنس کابل کواکسیال اسـت لذا می‌تواند میزان نویز (پارازیت) را به حداقل برساند. نوک پروب به صورت گیره‌ای فنری است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار اتصال داد. اگر پوشـش پلاستیکی نوک پروب را برداریم ، نوک سوزنی آن ظاهر می‌شود که با توجه به نیاز از آن استفاده می‌شود.

شکل ۵-۶ پروب و اجزای آن

نحوه‌ی اتصال پروب BNC به اسیلوسکوپ

BNC یک شـیار مورّب دارد که وقتی آن را به ورودی اسیلوسـکوپ وصل کنیم و تقریبا به انـدازه‌ی ۹۰° بچرخانیم BNC کاملا به اسیلوسکوپ متصل می‌شود، شکل ۶-۶ .

CarGeek.Live

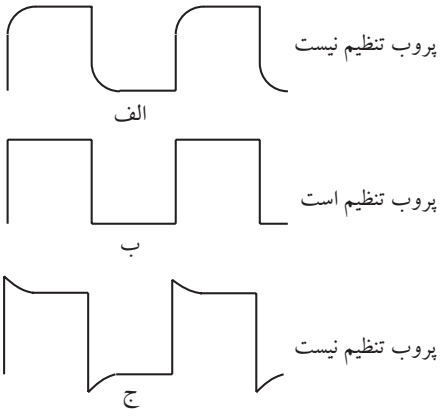
CarGeek.Live

شکل ۶-۶ نحوه‌ی اتصال BNC به اسیلوسکوپ

نکته‌ی مهم:

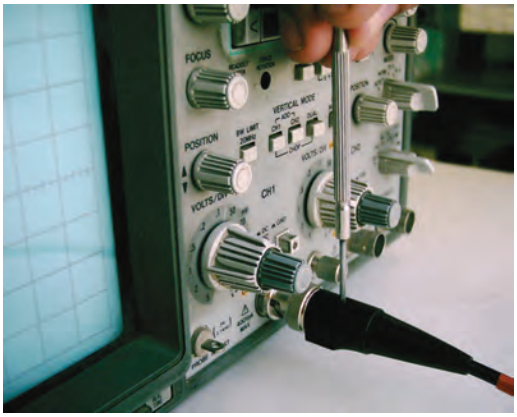
با اســتفاده از اسیلوســکوپ، علاوه بر مشاهده‌ی شکل مــوج، می‌توانیــم مقــدار دامنــه‌ی ســیگنال ، فرکانس و اختلاف فاز را اندازه بگیریم.

در نزدیکی BNC، یک پیچ تنظیم وجود دارد که توسط آن می‌توان پروب را برای مشــاهده‌ی دقیق شکل موج مربعی تنظیم کرد. برای تنظیم پروب، یک نمونه شــکل موج مربعی را به اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم. شکل موج ظاهر شده روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ باید مانند شکل ۶-۷ - ب دقیقا مربعی باشــد. در غیر این صــورت باید با یک پیچ گوشــتی ، خازن متغیــر (تریمــر) روی پــروب را تغییر دهیم تا شــکل موج به صورت شکل ۶-۷ - ب دربیاید.



شکل ۶-۷ تنظیم پروب

شکل ۶-۸ نحوه‌ی تنظیم پروب را نشان می‌دهد.



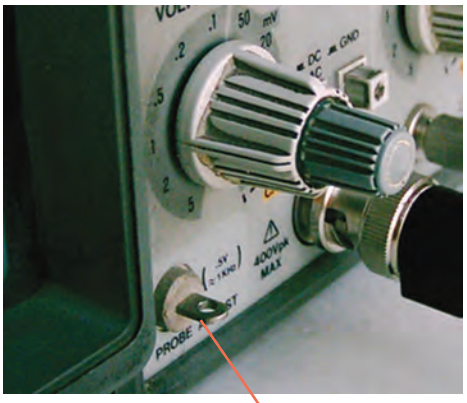
شکل ۶-۸ نحوه‌ی تنظیم پروب

نکتــه‌ی ایمنــی: پیــچ تنظیم پروب را زیاد نچرخانید، زیرا آســیب می‌بیند و پروب را غیر قابل استفاده می‌کند.

لازم به یادآوری است که موج مربعی مورد نیاز برای تنظیم پروب، توســط اسیلوسکوپ نیز تولید می‌شــود. این سیگنال در صفحه‌ی جلویی اسیلوســکوپ (پانل اسیلوســکوپ) قابل دسترســی است. موج مربعی تولید شــده توسط اسیلوسکوپ معمولادارای فرکانســی برابر بــا ۱ KHz و دامنه ی ۰/۵ یا ۱ ولت اســت. در شــکل ۶-۹ پایه‌ی خروجی مولد شکل موج مربعی را روی دستگاه اسیلوسکوپ مشاهده می‌کنید.

CarGeek.Live

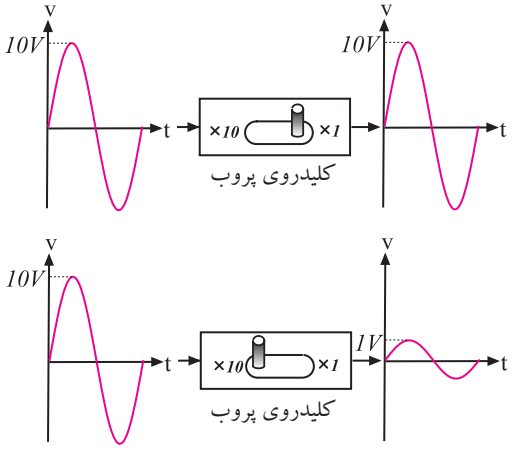
CarGeek.Live



شکل ۹-۶ پایه‌ی خروجی مولد شکل مربعی

نحوه‌ی استفاده از کلید دو حالته‌ی ۱۰× و ۱×:

در روی پروب معمولا یک کلید تبدیل ۱۰× و ۱× وجود دارد،شکل ۱۰-۶ . اگر این کلید در حالت ۱× قرار گیرد، سیگنال مستقیما و بدون تضعیف وارد اسیلوسکوپ می‌شود. در صورتی که کلید روی حالت ۱۰× گذاشته شود، سیگنال ورودی به میزان ۱۰ برابر در مسیر پروب تضعیف می‌شود و سپس به مدار اسیلوسکوپ میرسد. به عبارتی دیگر، عملا $\frac{۱}{۱۰}$ سیگنال مورد آزمایش وارد مدار اسیلوسکوپ می‌شود.



شکل ۱۰-۶ کلید ۱۰× و ۱× پروب اسیلوسکوپ

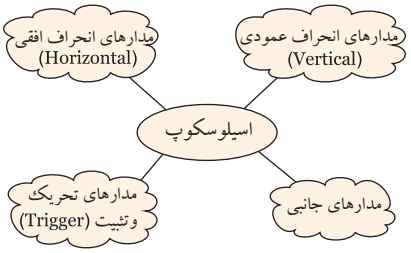
اگر کلید تبدیل ۱۰× و ۱× پروب، در حالت ۱۰× باشد، سیگنال ورودی به اندازه ده برابر تضعیف می‌شود و به مدار اسیلوسکوپ می‌رسد.

۳-۱-۶ کلیدها، ولوم‌ها و سلکتورهای اسیلوسکوپ

برای این که بتوان امواج را روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ به نمایش درآورد، لازم است در داخل اسیلوسکوپ مدارهای خاصی در نظر گرفته شود. به طور کلی مدارهای داخلی دستگاه اسیلوسکوپ را می‌توان به چهار دسته‌ی زیر تقسیم کرد:

- مدارهای انحراف عمودی (vertical)
- مدارهای انحراف افقی (Horizontal)
- مدارهای تحریک یا Trigger
- مدارهای جانبی

برای هر یک از سامانه‌های ذکر شده روی صفحه‌ی جلویی اسیلوسکوپ کنترل‌هایی وجود دارد. کاربر توسط این کنترل‌ها می‌تواند تنظیم‌های مورد نیاز را برای به دست آوردن شکل موج مناسب و دلخواه انجام دهد، شکل ۱۱-۶ .

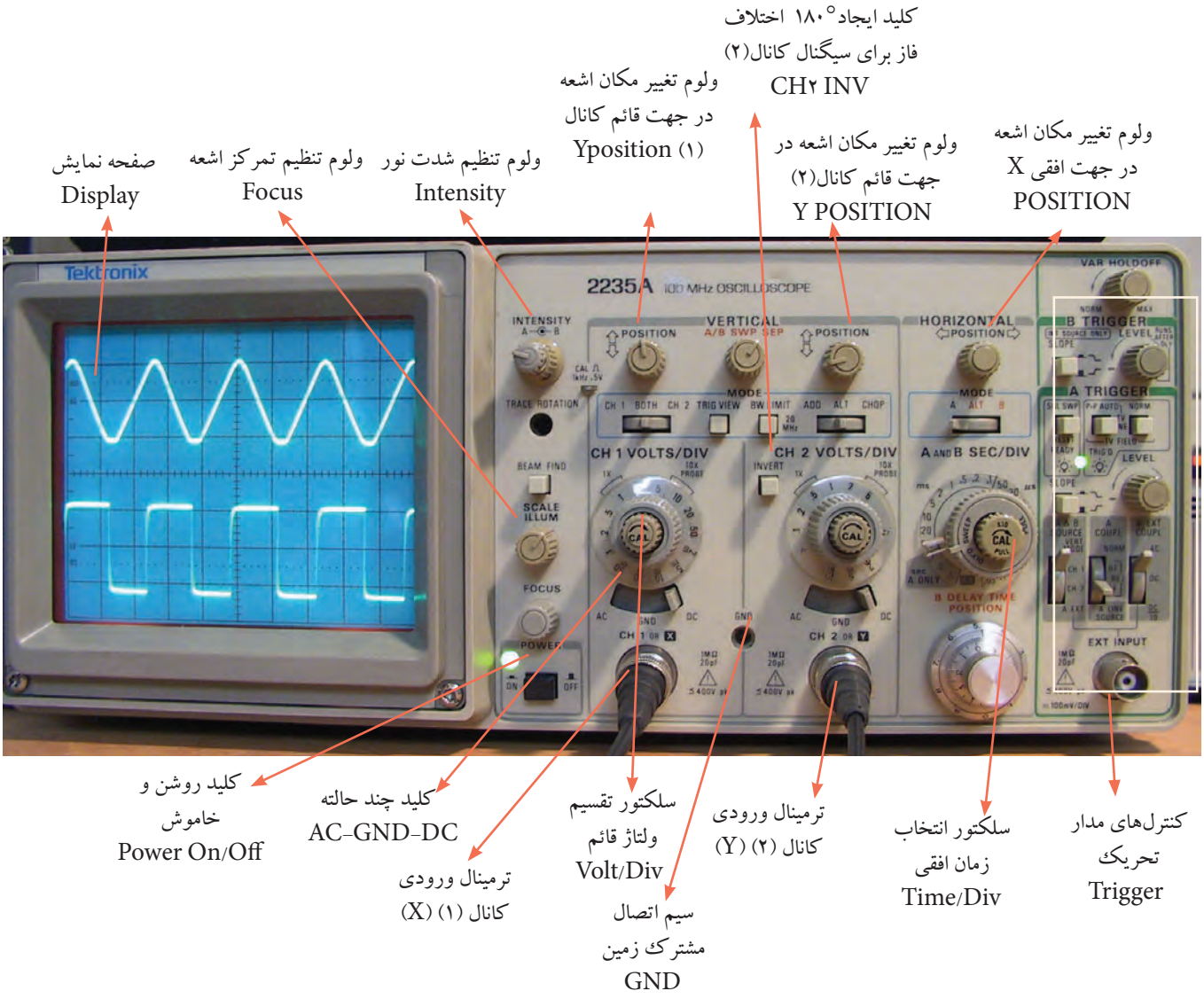


شکل ۱۱-۶ مدارهای موجود در اسیلوسکوپ

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در شـکل ۱۲-۶ کلیدهـا، ولوم‌هـا و سـلکتورهای یک اسیلوسکوپ دو کاناله را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۱۲-۶ سلکتورها و کلیدها و ولوم‌های یک نمونه اسیلوسکوپ دو کاناله

نکته : متناسـب با طراحی و سـلیقه‌ی کارخانه‌ی سازنده، محل سلکتورها و کلیدها و ولوم‌ها جابه‌جا می‌شود. مثلا ولوم intensity ممکن اسـت در بالا سمت چپ، بالا سـمت راست، پایین سـمت چپ، پایین سمت راست یا در وسـط قرار گیرد. اما عملکرد آن برای تمام اسیلوسکوپ‌ها یکسان است.

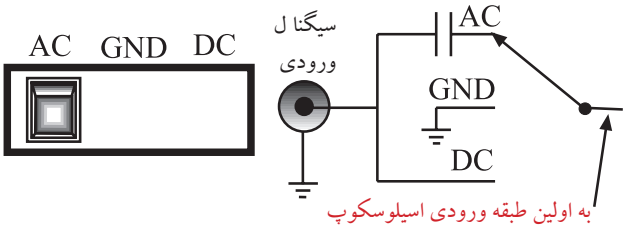
کلید AC-GND-DC

روی اسیلوسـکوپ، کلیـد دیگـری نیـز ماننـد شـکل ۱۳-۶ وجـود دارد کـه دارای سـه حالـت AC ، DC و GND اسـت. اگر کلید در حالت AC باشـد، فقط سیگنال متناوب (AC) وارد مدار اسیلوسـکوپ می‌شـود و از ورود مؤلفـه DC ولتاژ جلوگیـری می‌کنـد. در صورتی که کلید

CarGeek.Live

CarGeek.Live

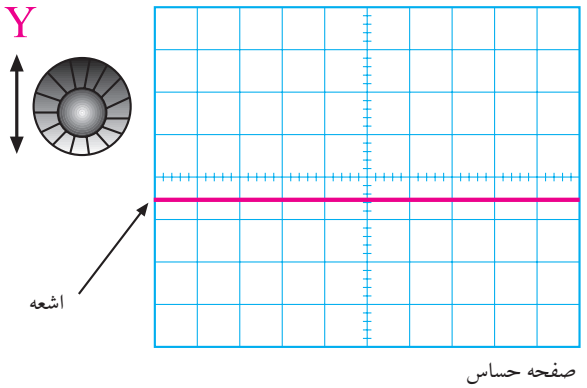
AC-GND-DC در حالت GND قرار گیرد ، ارتباط ترمینال ورودی با مدار ورودی اسیلوسکوپ قطع می‌شود. یعنی ورودی اولین طبقه اسیلوسکوپ را به زمین اتصال می‌دهد. چنان‌چه کلید در حالت DC باشد ترکیب‌های مختلف سیگنال ورودی شامل ولتاژهای DC، AC یا ترکیبی از این دو، وارد مدار اسیلوسکوپ می‌شود.



شکل ۶-۱۳ کلید AC- GND- DC

کاربرد کلید (AC–GND–DC) در حالت GND

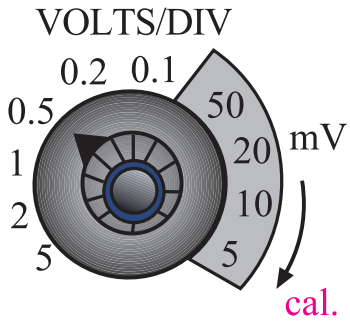
قبل از اعمال سیگنال به ورودی اسیلوسکوپ ، باید کلید (AC-GND-DC) در حالت GND (زمین) قرار گیرد و مکان صفر اشعه تنظیم شود. در این حالت اشعه معمولاً به صورت خط افقی دیده می‌شود. به کمک ولوم جابه‌جا کننده اشعه در جهت عمودی (Y) می‌توان طبق شکل ۶-۱۴ محل اشعه را تنظیم کرد. بهتر است مکان صفر درست در وسط صفحه حساس قرار گیرد.



شکل ۶-۱۴ تنظیم محل اشعه

خواندن مقادیر ولتاژ و نحوه‌ی استفاده از کلید سلکتور ولتاژ بر قسمت یا Volts/Div:

در صفحه‌ی جلوی اسیلوسکوپ (پانل اسیلوسکوپ) کلید سلکتوری به نام Volts/Div وجود دارد، شکل ۶-۱۵. نقش این کلید سلکتور مانند نقش کلید حوزه‌ی کار (رنج) ولت‌متر یا مولتی متر است. عددی که نشانک این کلید سلکتور به آن اشاره می کند، مقدار ولتاژ را برای انحراف اشعه به اندازه‌ی یک خانه مشخص می کند.



شکل ۶-۱۵ کلید سلکتور Volt/Div و نشانک آن

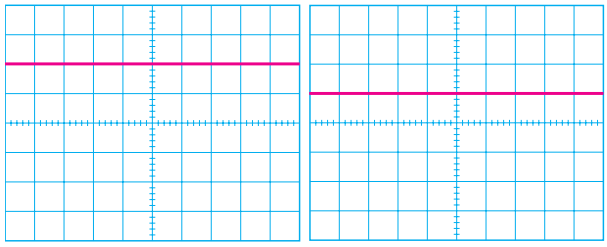
نشانک، پیکان یا علامتی است که روی کلیدها و کلید سلکتورها قرار دارد و کمیت مورد نظر را نشان می‌دهد.

در صورتی که مانند شکل ۶-۱۶ - الف نشانک کلید سلکتور به عدد ۲ اشاره کند یعنی در مقابل عدد ۲ قرار گیرد، به ازای اعمال ۲ ولت ولتاژ ورودی (DCیا AC)، اشعه به اندازه‌ی یک خانه در جهت عمودی منحرف می‌شود. متناسب با مثبت یا منفی بودن ولتاژ ورودی، اشعه از مرکز یا نقطه تنظیم شده به سمت بالا یا پایین حرکت می کند. چنان چه مطابق شکل ۶-۱۶ - ب، مقدار ولتاژ ورودی ۴ ولت باشد و نشانک کلید سلکتورVolts/Div روی عدد ۲ قرار گیرد،

CarGeek.Live

CarGeek.Live

اشعه به اندازهٔ دو خانه منحرف می‌شود.

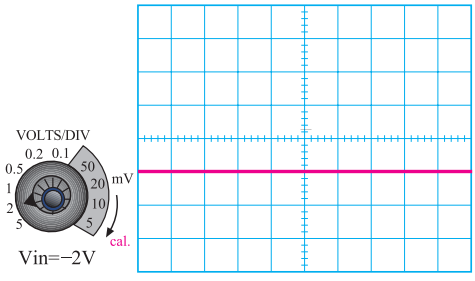


الف – نمایش ولتاژ ۲+ ولت ب – نمایش ولتاژ ۴+ ولت

Vin= 2V Vin=4V

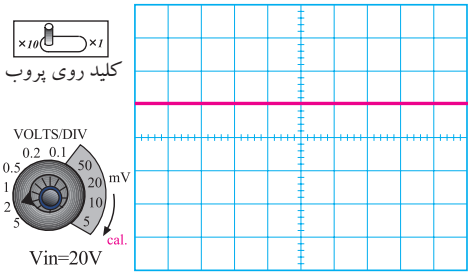
شکل ۱۶-۶ کلید سلکتور Volts/Div

چنان‌چه ولتاژ ورودی منفی باشد یعنی قطب مثبت منبع به زمین (مشترک) اسیلوسکوپ اتصال یابد و قطب منفی منبع به ورودی اسیلوسکوپ وصل شود، اشعه از نقطهٔ تنظیم شده به سمت پایین حرکت می‌کند، شکل ۱۷-۶ الف. در صورتی که کلید (۱۰× و ۱×) پروب در حالت ۱۰× باشد و نشانک کلید Volts/Div به عدد دو ولت اشاره کند، به ازای ۲۰ ولت ولتاژ ورودی، اشعه به اندازهٔ یک خانه منحرف می‌شود، شکل ۱۷-۶ – ب.



الف – نمایش ولتاژ ۲– ولت

Vin=–2V

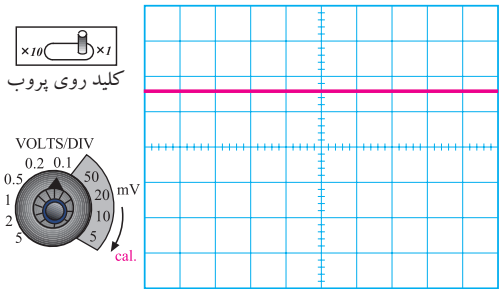


ب – نمایش ولتاژ ۲۰ ولت

Vin=20V

شکل ۱۷-۶ عملکرد سلکتور Volts/Div

با اندازه‌گیری میزان انحراف اشعه و عددی که نشانک کلید سلکتور Volts/Div به آن اشاره می‌کند، می‌توان مقدار ولتاژ داده شده به ورودی اسیلوسکوپ را اندازه گرفت. به عنوان مثال در شکل ۱۸-۶ اشعه به اندازهٔ ۱/۶ خانه منحرف شده است و نشانک کلید سلکتور Volts/Div روی عدد ۱۰۰ mV قرار دارد. بنابراین ولتاژ داده شده به ورودی اسیلوسکوپ برابر با ۱/۶×۱۰۰ mv=۱۶۰mV است.

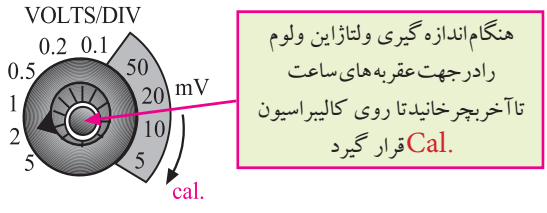


شکل ۱۸-۶ نحوهٔ اندازه‌گیری ولتاژ DC

مقدار ولتاژ مجهول = عددی که نشانک کلید × تعداد خانه‌های انحراف اشعه
Volt /Div نشان می دهد

۱/۶ × ۱۰۰ mV = ۱۶۰mV

مطابق شکل ۱۹-۶ در روی پانل اسیلوسکوپ ولومی به نام Volt Variable وجود دارد که هنگام اندازه‌گیری ولتاژ باید در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخانده شود تا نشانک آن مقابل Cal (Calibratory) قرار گیرد . چنان چه ولوم از این حالت خارج شود مقدار اندازه‌گیری شده دقیق نخواهد بود.



شکل ۱۹-۶ ولوم Volt Variable

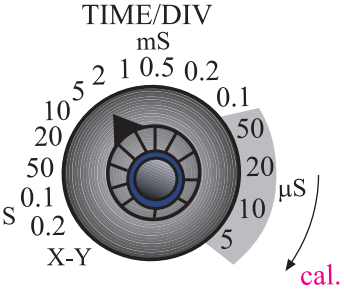
CarGeek.Live

CarGeek.Live

خواندن مقادیر زمان تناوب

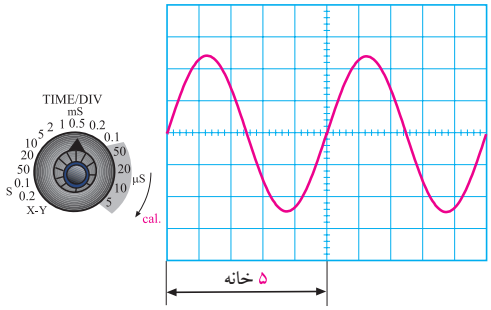
نحوه‌ی استفاده از سلکتور زمان بر قسمت Time/Div:

کلید سلکتور دیگری به نام Time/Div نیز روی اسیلوسکوپ وجود دارد. عددی که نشانک این کلید به آن اشاره می‌کند، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا اشعه در جهت افقی مسیر یک خانه را طی کند. این کلید سلکتور برای اندازه‌گیری زمان تناوب شکل موج‌های متناوب به کار می‌رود. در شکل ۲۰-۶ این کلید سلکتور نشان داده شده است.



شکل ۲۰-۶ کلید سلکتور Time/Div

برای اندازه‌گیری زمان تناوب، تعداد خانه‌های یک سیکل کامل روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ را در عددی که نشانک کلید سلکتور Time/Div به آن اشاره می‌کند ضرب می‌کنیم. برای مثال در شکل ۲۱-۶ نشانک کلید سلکتور Time/Div روی عدد ۰/۵ ms قرار دارد. چون بر روی صفحه‌ی حساس ، یک سیکل کامل ، ۵ خانه را می‌پوشاند بنابراین زمان تناوب موج ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس برابر با T=۵ × ۰/۵=۲/۵ms است.



شکل ۲۱-۶ نحوه‌ی اندازه گیری زمان تناوب

$$T = \text{تعداد خانه های پوشش داده شده برای یک سیکل} \times \text{حوزه ی کار (رنج) کلید Time/Div}$$

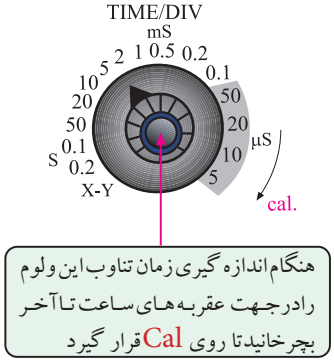
$$T = ۵ \times ۰/۵\ ms = ۲/۵\ ms$$

برای به دست آوردن فرکانس کافی است که از رابطه‌ی زیر استفاده کنیم:

$$f = \frac{۱}{T}$$

$$f = \frac{۱}{۲/۵ ms} = ۴۰۰ Hz$$

بنابراین با اسیلوسکوپ نمی‌توان به طور مستقیم فرکانس را اندازه گرفت. روی پانل اسیلوسکوپ ولوم دیگری به نام Time Variable وجود دارد. هنگام اندازه‌گیری زمان تناوب باید این ولوم را در جهت فلش تا آخر بچرخانید تا نشانک آن در مقابل Cal قرار گیرد، شکل ۲۲-۶. در غیر این صورت نمی‌توان زمان تناوب را با دقت اندازه گرفت.



شکل ۲۲-۶ نحوه‌ی تنظیم ولوم Time Variable

CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه: اسیلوسکوپ‌های دیجیتالی می‌توانند به طور مستقیم فرکانس را نشان دهند.

در روی پانل اسیلوسکوپ کلید و ولوم‌های دیگری نیز وجود دارند که در ادامه به آنها اشاره می‌کنیم:

الف- CH۱ : اگر کلید MODE در این حالت باشد، فقط سیگنال داده شده به کانال (CH۱) روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود و کانال دوم (CH۲) در حالت قطع قرار می‌گیرد. این کلید در شکل ۲۳-۶ نشان داده شده است.

شکل ۲۳-۶ کلید CH۱

ب- CH۲ : در صورتی که کلید MODE در حالت کانال ۲ (CH۲) قرار گیرد، در این شرایط فقط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود و کانال ۱ از مدار خارج می‌گردد، شکل ۲۴-۶.

شکل ۲۴-۶ کلید CH۲

ج- Alt : چنان چه فرکانس سیگنال‌های دو کانال بیشتر از KHz ۱ باشد می‌توانیم از کلید Alt برای نمایش همزمان سیگنال‌های کانال ۱ و ۲ استفاده کنیم، شکل ۲۵-۶.

شکل ۲۵-۶ کلید Alt برای نمایش همزمان دو سیگنال

د- Chop : برای نمایش همزمان سیگنال‌هایی که فرکانس آنها کمتر از KHz ۱ است و با استفاده از کلید Alt مشاهده‌ی آنها امکان پذیر نیست از کلید Chop استفاده می‌شود. در این حالت سیگنال کانال ۱ و سیگنال کانال ۲ به طور همزمان و به صورت شکل موج‌های بریده شده یا Chopping روی صفحه‌ی حساس نمایش داده می‌شوند، شکل ۲۶-۶.

شکل ۲۶-۶ استفاده از کلید Chop

هـ- Dual: در بعضی از اسیلوسکوپ‌ها به جای کلید Alt و Chop، کلید Dual وجود دارد که هر دو سیگنال اعمالی به کانال ۱ و ۲ را به طور همزمان نشان می‌دهد، شکل ۲۷-۶.

شکل ۲۷-۶ کلید Dual

و- ADD: با قرار دادن کلید در حالت ADD، دو سیگنال کانال ۱ و ۲ که روی صفحه‌ی حساس ظاهر شده اند با یکدیگر جمع لحظه ای می‌شوند، شکل ۲۸-۶.

شکل ۲۸-۶ کلید ADD

ز- DIFF : این کلید فقط در بعضی از اسیلوسکوپ‌های دو کانالـه وجود دارد. در این حالت دو سیگنال کانال ۱ و کانال ۲ که روی صفحه ی حساس ظاهر شده‌اند از یکدیگر به طور لحظه‌ای تفریق می‌شوند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه

چنانچه در اسیلوسکوپ حالت DIFF وجود ندارد، ابتدا کانال ۲ (CH۲) را INVERT کنید سپس با استفاده از کلید ADD تفاضل شکل موج‌های داده شده به کانالهای ۱ و ۲ را مشاهده نمایید.

ح- CH۲INV : این کلید، سیگنال مربوط به کانال ۲ را ۱۸۰ درجه تغییر فاز می‌دهد، شکل ۲۹-۶.

شکل ۲۹-۶ کلید CH۲INV

کلیدهای منابع Trigger یا تحریک

توجه داشته باشید که زمانی سیگنال روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ به صورت ثابت ظاهر می‌شود که مدار همزمانی یا Trigger فعال شود. عمل Trigger با استفاده از کلیدهای Level، slope +/-، source Trig، Auto/NORM انجام می‌شود.

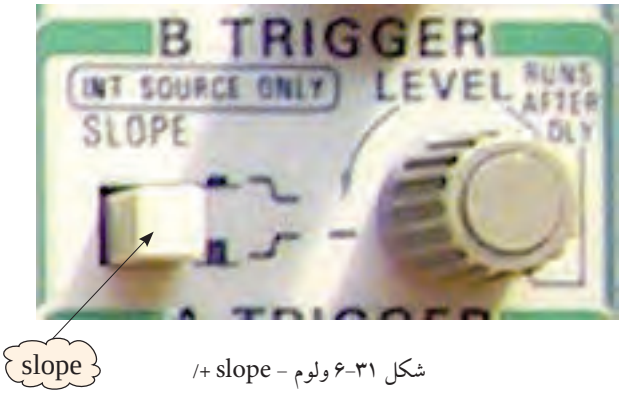
ولوم Level

با تغییر این ولوم می‌توان لحظه‌ی شروع موج از سمت چپ صفحه‌ی حساس را تعیین کرد. این ولوم می‌تواند حول نقطه‌ی صفر، به سمت چپ یا راست تغییر کند، شکل ۳۰-۶.

شکل ۳۰-۶ ولوم Level

ولوم slope +/-

این کلید اگر از حالت مثبت (+) به حالت منفی (-) درآید شروع سیگنال ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس معکوس می‌شود. این کلید معمولا همراه با ولوم Level کار می‌کند. بنابراین با کمک این کلید، می‌توانیم هر نقطه از شکل موج را از سمت چپ صفحه‌ی حساس شروع کنیم. تغییر slope از حالت مثبت به منفی ، شروع نیم سیکل را از مثبت به منفی انتقال می‌دهد، شکل ۳۱-۶.



شکل ۳۱-۶ ولوم +/- slope

کلید source Trig

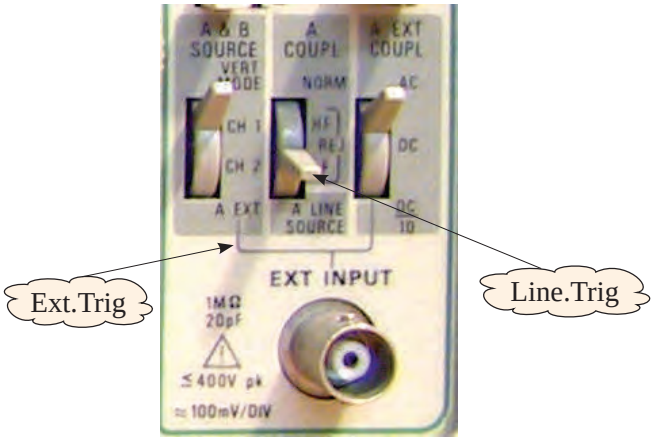
این کلید معمولا دو حالت Ext.Trig و Line.Trig را به خود اختصاص می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

Ext.Trig: با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید هم‌زمانی موج ورودی و سیگنال داخلی اسیلوسکوپ را با منبع خارجی انجام دهید، شکل ۳۲-۶.

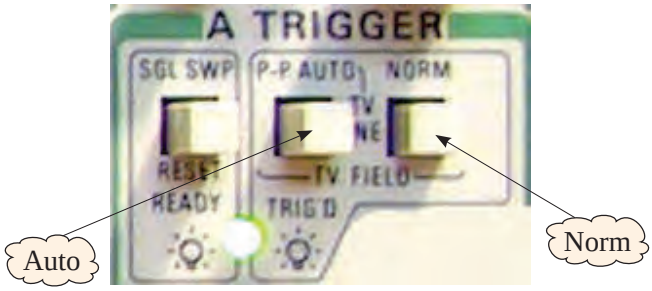
Line.Trig : با استفاده از این حالت کلید، می‌توانید از برق شهر برای هم‌زمانی استفاده کنید.



شکل ۳۲-۶ کلیدهای Ext.Trig و Line.Trig

Auto/NORM: در مدارهای الکتریکی اسیلوسکوپ، قسمتی وجود دارد که می‌تواند وجود و یا عدم وجود سیگنال ورودی را تشخیص دهد. اگر این کلید در حالت Auto باشد، همواره محور افقی روی صفحه ظاهر می‌شود.

اگر کلید در حالت NORM قرار گیرد، زمانی سیگنال روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود که اولاً سیگنال ورودی وجود داشته باشد، ثانیا موج جاروب سنکرون باشد. در غیر این صورت هیچ شکل موجی روی صفحه‌ی حساس ظاهر نخواهد شد و در حالت عادی محور افقی نیز دیده نمی شود، شکل ۳۳-۶.



شکل ۳۳-۶ Auto/NORM

قسمت افقی و عمودی(Position)

با کمک این ولوم‌ها می‌توانید اشعه را در جهت عمودی یا افقی تغییر مکان دهید، شکل ۳۴-۶.

شکل ۳۴-۶ Y Position و X Position

اسیلوسکوپ‌ها معمولا به صورت یک کاناله و دو کاناله ساخته می‌شوند البته اسیلوسکوپ های ۶،۴ و ۸ کاناله نیز وجود دارند که در کارهای خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. در اسیلوسکوپ‌های دو کاناله به طور همزمان می‌توانید دو شکل موج را مشاهده کنید.در شکل ۳۵-۶ یک اسیلوسکوپ دو کاناله را مشاهده می‌کنید که به طور همزمان دو شکل موج را نشان می‌دهد.

شکل ۳۵-۶ نمایش همزمان دو شکل موج توسط اسیلوسکوپ

توجه

در عصر حاضر معمولا اسیلوسکوپ‌های یک کاناله ساخته نمی‌شود و اسیلوسکوپ‌ها حداقل دو کانال دارند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

اسیلوسکوپ‌های چند کاناله می‌توانند چند موج را به طور همزمان نشان دهند. اسیلوسکوپ‌های مدرن امروزی به صورت دیجیتالی ساخته می‌شوند و سلکتورهای آن‌ها نیز دیجیتالی هستند. در شکل ۶-۳۶ یک نمونه از اسیلوسکوپ دیجیتالی که روی صفحه‌ی آن شکل موج نشان داده شده است را ملاحظه می‌کنید.

شکل ۶-۳۶ اسیلوسکوپ دیجیتالی

تحقیق کنید:

با جستجو در اینترنت و منابع دیگر کوچک‌ترین اسیلوسکوپ ساخته شده را بیابید و مشخصات آن را بنویسید.

۶-۲ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

۶-۲-۱ هدف آزمایش:

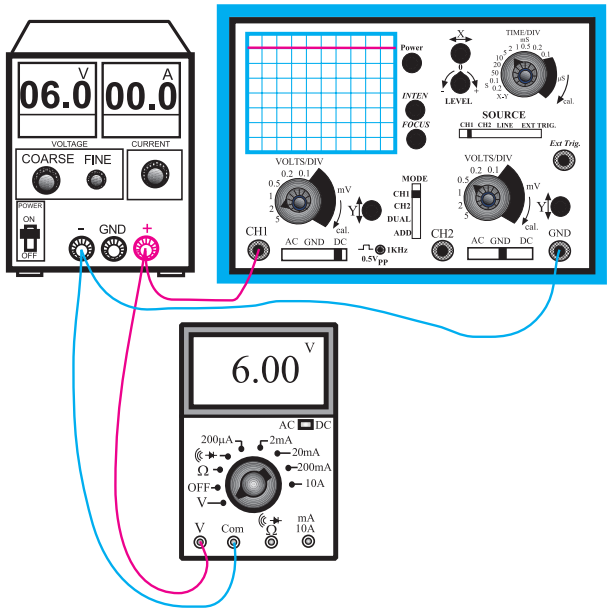
تنظیم اسیلوسکوپ و اندازه‌گیری ولتاژ DC با اسیلوسکوپ

۶-۲-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۰- ۱۵V / ۱A	یک دستگاه
۳	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۴	سیم های رابط یک سر گیره سوسماری	دو عدد
۵	سیم های رابط دو سر فیش دار	چهار عدد
۶	پروب اسیلوسکوپ	یک عدد

۶-۲-۳ مراحل اجرای آزمایش :

با استفاده از وسایل مورد نیاز مدار شکل ۶-۳۷ را ببندید.



شکل ۶-۳۷ مدار آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید، حدود یک دقیقه صبر کنید تا اسیلوسکوپ کاملا گرم شود.

■ به کمک ولوم INTEN، نور اشعه را طوری تنظیم کنید که به راحتی قابل مشاهده باشد.

■ به کمک ولوم FOCUS اشعه را تا حد ممکن کانونی کنید (اشعه باید فوق‌العاده باریک باشد).

■ بعد از تنظیم اشعه از نظر نور و ضخامت، تنظیم‌های زیر را روی اسیلوسکوپ و کانال CH۱ انجام دهید.

الف) کلید Mode را در حالت CH۱ قرار دهید.

ب)کلید AC– GND –DC را در حالت GND قرار دهید.

ج) به کمک کلید جابه‌جا کننده‌ی عمودی، اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید. در این حالت اشعه به صورت یک خط دیده می‌شود.

د) کلید Volt/Div را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.

ه) ولوم Volt Variable را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید به‌طوری که نشانک آن مقابل Cal قرار گیرد.

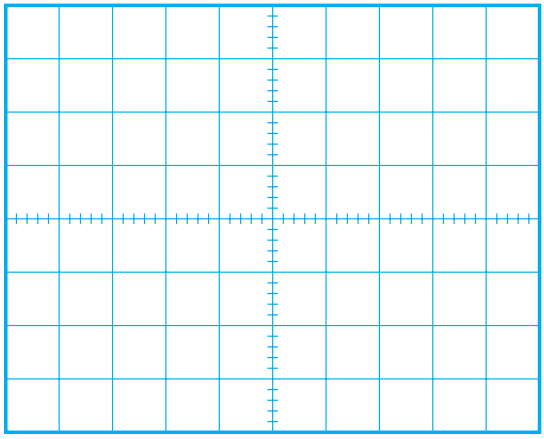
و) کلید Time/Div را روی ۰/۵ ms قرار دهید.

ز) کلید AC– GND –DC را در حالت DC بگذارید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را از صفر به آرامی زیاد کنید. هنگام زیاد کردن ولتاژ منبع تغذیه به حرکت اشعه در جهت عمودی روی صفحه‌ی حساس نیز توجه داشته‌باشید.

■ ولتاژ تغذیه را به ۶ ولت تغییر دهید.

■ شکل موج ولتاژ مشاهده شده روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل ۳۸-۶ رسم کنید.



شکل ۳۸-۶ شکل ولتاژ مشاهده شده روی صفحه‌ی حساس

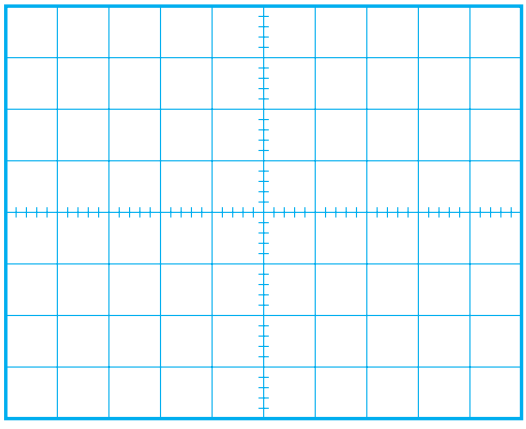
■ با توجه به موقعیت کلیدVolt/Div ولتاژ DC را از روی نمودار شکل ۳۸-۶ محاسبه کنید و آن را با مقداری که ولت‌متر DC نشان می‌دهد، مقایسه کنید.

مقدار ولتاژ DC = رنج کلید Volt/Div × تعداد خانه های جابه جا شده اشعه در جهت عمودی

مقدار ولتاژ DC = ... × ۲ Volt/Div = ... V

مقدار ولتاژ DC = ... V مقدار ولتاژی که ولت متر نشان می دهد.

■ در شرایطی که منبع تغذیه به اسیلوسکوپ وصل است کلید AC– GND –DC را در حالت AC قرار دهید و شکل موج مشاهده شده روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل ۳۹-۶ رسم کنید.

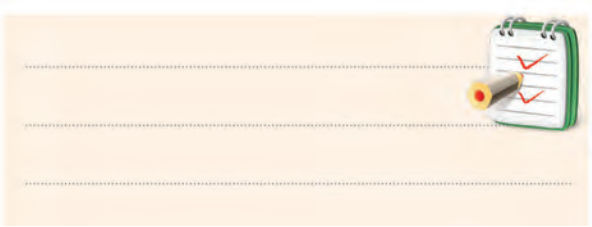


شکل ۳۹-۶ نمایش ولتاژ مشاهده شده روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ

CarGeek.Live

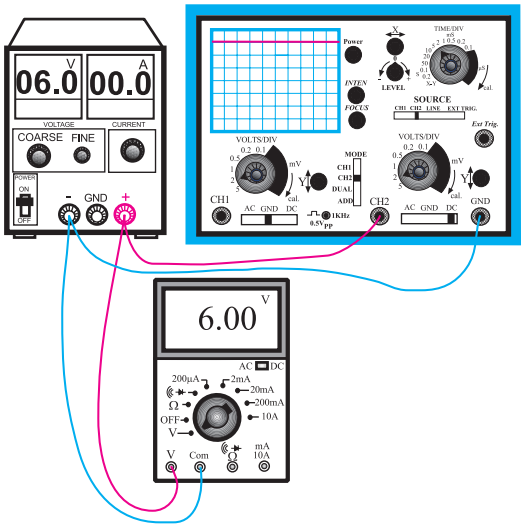
CarGeek.Live

سوال ۱: چرا هنگامی که کلید AC– GND –DC در حالت AC قرار دارد، اشعه در جهت عمودی جابه‌جا نمی‌شود؟ توضیح دهید.



در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های توضیح داده شده درباره ی اسیلوسکوپ مراجعه و مطالب را مجددا مرور کنید.

■ این بار ولتاژ منبع تغذیه را به ورودی کانال CH۲ اسیلوسکوپ مطابق شکل ۴۰-۶ وصل کنید و تنظیمات زیر را انجام دهید.



شکل ۴۰-۶ مدار آزمایش

الف) کلید Mode را در حالت CH۲ بگذارید.

ب) کلید Time/Div را روی عدد ۰/۵ms قرار دهید.

ج) Volt/Div کانال ۲ را روی عدد ۲ ولت قرار دهید.

د) کلید AC– GND –DC را در حالت GND بگذارید.

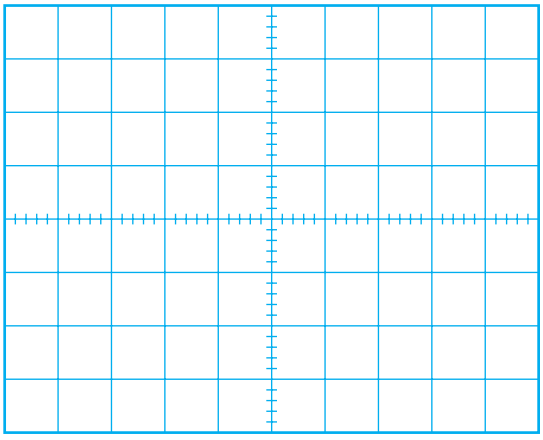
■ به کمک کلید جابه‌جا کننده اشعه در جهت عمودی، مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه حساس تنظیم کنید.

■ کلید Volt Variable کانال CH۲ را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید تا نشانک این ولوم مقابل Cal قرار گیرد.

■ منبع تغذیه را روی صفر ولت قرار دهید و کلید AC– GND –DC را در حالت DC بگذارید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را تا سقف ۶ ولت به‌آرامی زیاد کنید و حرکت اشعه را روی صفحه‌ی حساس مشاهده کنید.

■ شکل موج ولتاژ را در نمودار شکل ۴۱-۶ رسم کنید.



شکل ۴۱-۶ شکل ولتاژ مشاهده شده روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ

■ با استفاده از شکل ۴۱-۶ و روابط داده شده مقدار ولتاژ را محاسبه و با مقدار ی که ولت‌متر DC نشان می دهد مقایسه کنید.

مقدار ولتاژ DC = رنج کلید Volt/Div × تعداد خانه های جابه جا شده اشعه در جهت عمودی

مقدار ولتاژ DC = ... × ۲ Volt/Div = ... V

..... V = مقدار ولتاژی که ولت متر نشان می دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴-۲-۶ نتایج آزمایش :

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

در محیط‌های مختلف به خصوص محیط‌های کارگاهی تا حد امکان از نور طبیعی استفاده کنید و همیشه حباب لامپ‌ها و سطوح انعکاس‌دهنده‌ی نور را تمیز نگه‌دارید.

۳-۶ مولدهای سیگنال(signal Generators)

دستگاه‌های مولد سیگنال، دستگاه‌هایی هستند که می‌توانند ولتاژهای متناوب مانند سینوسی و مربعی را با فرکانس و دامنه‌ی قابل تنظیم تولید کنند. دستگاه‌های مولد سیگنال به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند:

سیگنال ژنراتور صوتی (Audio Frequency- مولد سیگنال صوتی)

سیگنال ژنراتور رادیویی (Radio Frequency- مولد سیگنال رادیویی)

فانکشن ژنراتور (Function Generator- مولد سیگنال‌های مختلف)

۱-۳-۶ سیگنال ژنراتور صوتی

این دستگاه شکل موجی سینوسی و مربعی تولید می‌کند و محدوده‌ی فرکانس تولیدی آن معمولا از حدود یک هرتز تا یک مگاهرتز است. بعضی از سیگنال ژنراتورها، سیگنال‌هایی با فرکانس تا دو مگاهرتز نیز تولید می‌کنند. دامنه‌ی سیگنال تولیدی در سیگنال ژنراتورهای AF، تقریباً به ۱۰ ولت می‌رسد. در شکل ۴۲-۶ دو نمونه سیگنال ژنراتور AF نشان داده شده است.

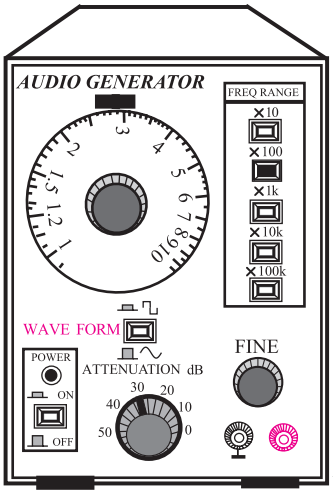
شکل ۴۲-۶ دو نمونه سیگنال ژنراتور صوتی

برای تنظیم فرکانس، باید عددی که عقربه یا نشانک نشان می‌دهد را در حوزه‌ی کار (رنج) کلید سلکتور که می‌تواند ضرایبی مانند ۱× یا ۱۰× یا ۱۰۰×، ۱K× یا ۱۰K× داشته باشد ضرب کنیم و فرکانس خروجی را به دست آوریم.

برای مثال در شکل ۴۳-۶ سیگنال ژنراتور، فرکانس ۲/۹ × ۱۰۰=۲۹۰Hz را تولید می‌کند.

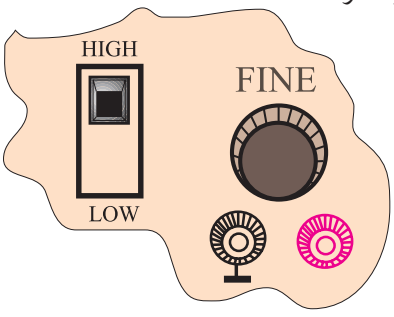
CarGeek.Live

CarGeek.Live



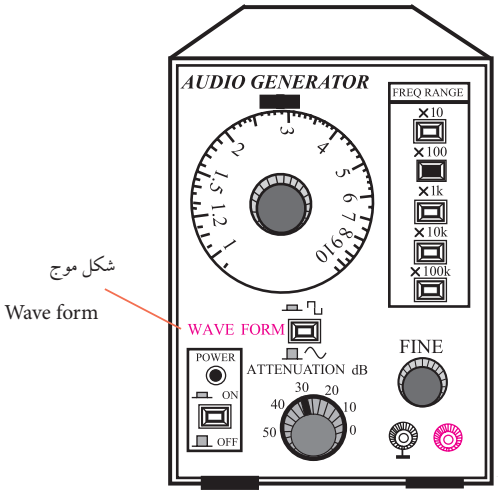
شکل ۴۳-۶ سیگنال ژنراتور با سیگنال ۲۹۰ هرتز

برای تنظیم دامنه، ولومی با نام Fine روی صفحه‌ی جلویی سیگنال ژنراتور وجود دارد. با تغییر این ولوم می‌توان دامنه‌ی شکل موج خروجی را از صفر تا ماکزیمم تغییر داد. علاوه بر ولوم ، یک عدد کلید با حالت‌های High و Low نیز روی دستگاه سیگنال ژنراتور قرار دارد. در حالت High حداکثر دامنه‌ی خروجی شکل موج را می‌توانید از دستگاه دریافت کنید. در حالت Low معمولا دامنه ۱۰ تا ۱۰۰ برابر تضعیف می‌شود. در شکل ۴۴-۶ کلید High -Low و ولوم Fine نشان داده شده است. در بعضی از سیگنال ژنراتورها به جای کلید High- Low کلید دو یا چند حالته مانند ۱× و ۰/۱× وجود دارد.



شکل ۴۴-۶ قسمتی از پانل سیگنال ژنراتور

همچنین کلید دو حالته‌ی دیگری به نام Wave Form (شکل موج) روی سیگنال ژنراتورهای صوتی وجود دارد که با تنظیم آن می‌توان موج مربعی یا سینوسی را از ترمینال خروجی دستگاه دریافت کرد. این کلید دو حالته در شکل ۴۵-۶ نشان داده شده است.



شکل ۴۵-۶ کلید دو حالته‌ی Wave form

۶-۳-۲ سیگنال ژنراتور رادیویی

این سیگنال ژنراتور فقط شکل موج سینوسی تولید می‌کند. دامنه‌ی سیگنال تولیدی این دستگاه معمولاً حداکثر تا ۵ ولت است. در دستگاه‌های معمولی محدوده‌ی فرکانس سیگنال تولیدی تقریباً بین ۱۰۰ KHz تا ۱۵۰MHz است. در شکل ۴۶-۶ یک نمونه‌ی سیگنال ژنراتور رادیویی نشان داده شده است. نحوه‌ی تنظیم دامنه و فرکانس خروجی این سیگنال ژنراتور شبیه سیگنال ژنراتور صوتی است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

شکل ۴۶-۶ یک نمونه سیگنال ژنراتور رادیویی

۳-۳-۶ فانکشن ژنراتور

این دستگاه شکل موج‌های سینوسی، مربعی، مثلثی و پالس تولید می‌کند. محدوده ی فرکانس تولیدی این نوع سیگنال ژنراتورها معمولا بین ۰/۱ هرتز تا ۱ مگاهرتز است. بعضی از فانکشن ژنراتورها تا فرکانس ۲MHz نیز تولید می‌کنند. دامنه‌ی سیگنال‌های تولیدی خروجی فانکشن ژنراتورها معمولا به ۱۰ ولت می‌رسد. در شکل ۴۷-۶ یک نمونه‌ی فانکشن ژنراتور نشان داده شده است. نحوه‌ی تنظیم فرکانس و دامنه‌ی فانکشن ژنراتورها مانند سیگنال ژنراتور صوتی است. برای تعیین نوع شکل موج خروجی، معمولا روی صفحه ی دستگاه کلیدهای فشاری تعبیه می‌شود. روی هر کلید فشاری نماد و شکل موج ،ترسیم شده است. با فشار دادن هر کلید شکل موج، ولتاژ خروجی از ترمینال خروجی دستگاه قابل دریافت است.

شکل ۴۷-۶ یک نمونه دستگاه فانکشن ژنراتور

نحوه‌ی کار با فانکشن ژنراتور

همان‌طور که اشاره شد روی فانکشن ژنراتور کلیدها، سلکتورها و ولوم‌های فراوانی وجود دارد، که تعدادی از آن‌ها کاربرد عمومی دارند و در کلیه‌ی فانکشن ژنراتورها مشترک هستند. کلیدها، سلکتورها و ولوم ها در موارد زیر به کار می‌روند:

۱- تنظیم دامنه

۲- تنظیم فرکانس

۳- انتخاب شکل موج

۴- ترمینال‌های ورودی و خروجی

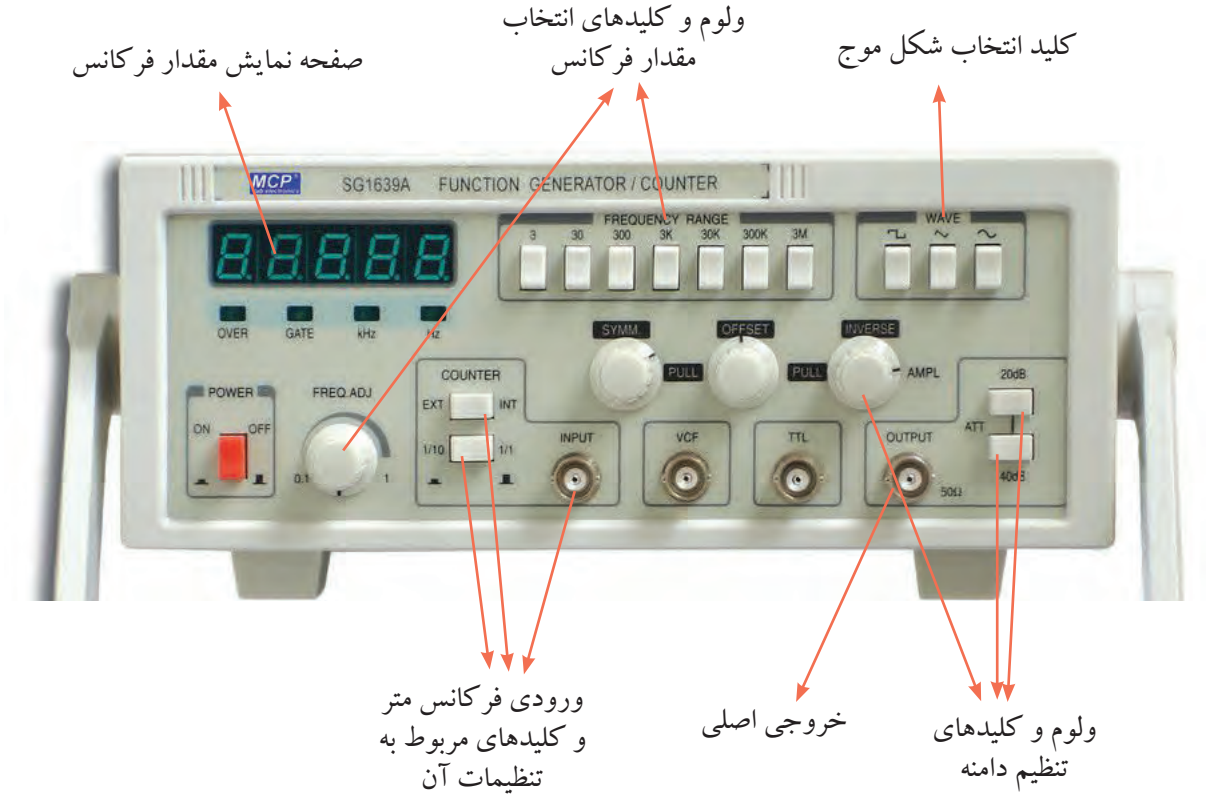
در شکل ۴۸-۶ یک نمونه دستگاه فانکشن ژنراتور به همراه مشخصات کلیدها، ولوم‌ها و سلکتورهای آن آورده شده است.

توجه

روی برخی از فانکشن ژنراتورها مانند نمونه‌ی نشان داده شده در شکل ۴۸-۶، دستگاه فرکانس‌متر نیز نصب شده است. فرکانس‌متر می‌تواند فرکانس‌های خروجی دستگاه را نشان دهد. هم‌چنین از طریق ترمینال ورودی INPUT می‌توانید، فرکانس‌های مربوط به مدار مورد آزمایش را اندازه بگیرید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۸-۶ یک نمونه فانکشن ژنراتور

توجه

کلیدهای ۲۰dB (۲۰ دسی‌بل) و ۱۰dB- (۱۰- دسی بل) میزان تقویت و تضعیف دامنه‌ی سیگنال را بر عهده دارند. با این کلیدها می‌توانید دامنه‌ی سیگنال ورودی را با ضریب ۲۰ dB تقویت و یا با ضریب ۱۰ dB- تضعیف نمایید.

توجه

روی دستگاه فانکشن ژنراتور دکمه‌ها و ترمینال‌های ویژه‌ی دیگری نیز وجود دارد که برای کاربردهای خاص است.

با مراجعه به سایت‌های اینترنتی یا منابع دیگر، راهنمای کاربرد یک نمونه فانکشن ژنراتور را پیدا کنید و مشخصات آن را بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

به دلیل عدم آشنایی هنرجویان با اسیلوسکوپ درفصل ۵، دو ساعت زمان کار عملی فصل ۵ به این آزمایش اضافه شده است.

۶-۴ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا : ۶ ساعت آموزشی

۶-۴-۱ هدف آزمایش :

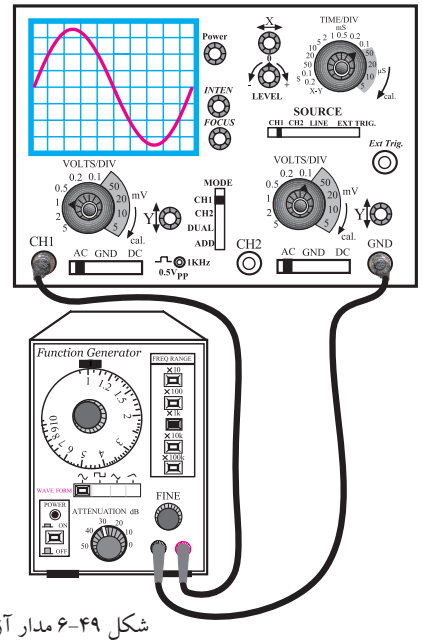
مشاهده و اندازه‌گیری دامنه و زمان تناوب شکل موج ولتاژ خروجی مربعی و سینوسی در فانکشن ژنراتور

۶-۴-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۳	سیم رابط	به مقدار کافی

۶-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش :

با استفاده از وسایل و تجهیزات مورد نیاز مدار شکل ۶-۴۹ را ببندید.



شکل ۶-۴۹ مدار آزمایش

■ فرکانس فانکشن ژنراتور را روی ۱ KHz تنظیم کنید.

■ تنظیم‌های زیر را روی اسیلوسکوپ انجام دهید.

الف) کلید SOURCE را در حالت CH ۱ قرار دهید.

ب) کلید Mode را روی CH ۱ بگذارید.

ج) کلید سلکتور Time/Div را روی عدد ۰/۱ ms قرار دهید.

د) به کمک ولوم‌های INTEN و FOCUS شدت نور اشعه و ضخامت آن را در حد مطلوب تنظیم کنید.

ه) ولوم Time Variable را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.

و) کلید Volt/Div کانال ۱ را روی یک ولت تنظیم کنید.

ز) ولوم Volt Variable کانال یک را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید.

ح) کلید AC- GND –DC کانال یک را روی حالت GND قرار دهید و مکان صفر اشعه را در مرکز صفحه ی حساس تنظیم کنید.

ط) ولوم Level را در حالت ۰ (صفر) تنظیم کنید. (تقریبا حالت وسط).

ی) کلید AC– GND –DC را در حالت AC بگذارید.

■ کلید انتخاب شکل موج روی فانکشن ژنراتور را در حالت سینوسی قرار دهید.

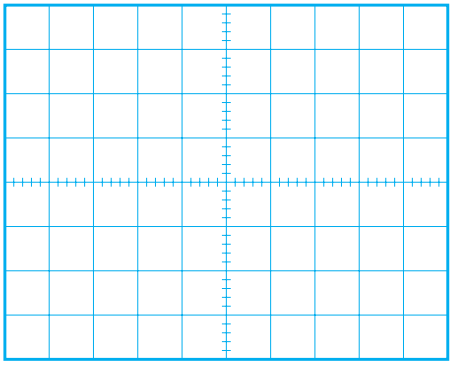
■ ولوم Fine را تغییر دهید تا دامنه ی شکل موج سینوسی روی صفحه‌ی حساس حدود سه خانه را دربربگیرد.

■ شکل موج روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۶-۵۰ رسم کنید. با استفاده از شکل موج ترسیم شده، دامنه و زمان تناوب شکل موج سینوسی را اندازه بگیرید.



شکل ۶-۵۰ شکل موج در حالتی که کلید AC- GND -DC روی حالت DC است.

■ با استفاده از شکل موج ترسیم شده، دامنه‌ی شکل موج سینوسی قابل محاسبه است.

$$\text{دامنه‌ی شکل موج} = \text{تعداد خانه‌هایی که دامنه را در بر گرفته‌اند} \times \text{رنج کلید Volt/Div}$$

$$\text{دامنه شکل موج} = \ldots\ldots\ldots \times ۱\ \text{Volt/Div}$$

$$\text{دامنه شکل موج} = \ldots\ldots\ldots\ \text{V}$$

■ با استفاده از شکل موج ترسیم شده در شکل ۶-۵۰، زمان تناوب شکل موج سینوسی به روش زیر قابل محاسبه است.

$$T \text{ زمان تناوب} = \text{تعداد خانه‌هایی که یک سیکل کامل را در بر گرفته‌اند} \times \text{رنج کلید Time/Div}$$

$$T = \ldots\ldots\ldots \times ۰/۱ \times ۱۰^{-۳}$$

$$T = \ldots\ldots\ldots\ \text{S}$$

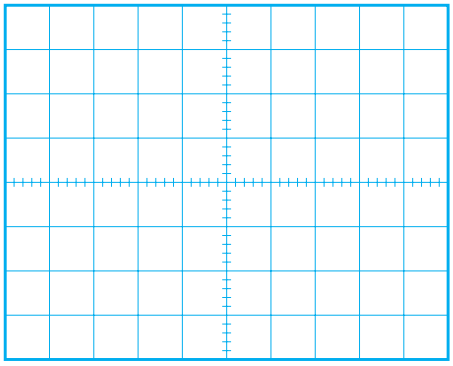
■ فرکانس شکل موج سینوسی را به دست آورید.

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{\ldots\ldots} = \ldots\ldots\ldots\ldots \text{Hz}$$

■ با توجه به مقدار دامنه‌ی شکل موج، مقدار مؤثر موج سینوسی را محاسبه کنید.

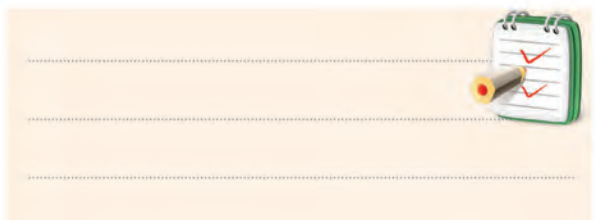
$$V_e = \ldots\ldots\ldots\ldots\ \text{V}$$

■ کلید AC- GND -DC را در حالت DC قرار دهید و شکل موج نشان داده شده را در نمودار شکل ۶-۵۱ رسم کنید.



شکل ۶-۵۱ شکل موج در حالتی که کلید AC- GND -DC در حالت AC است.

سؤال ۲: چرا در حالتی که کلید AC- GND -DC روی حالت AC و یا DC قرار دارد شکل موج‌های سینوسی تفاوتی ندارند؟ توضیح دهید.



CarGeek.Live

CarGeek.Live

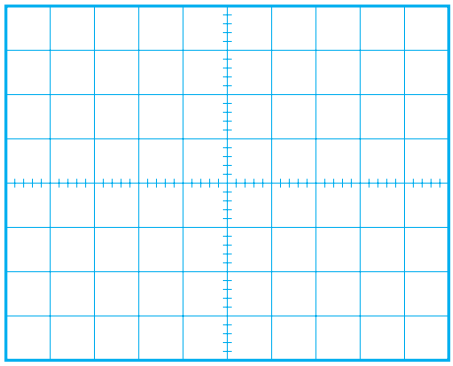
در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های توضیح داده شده درباره‌ی اسیلوسکوپ مراجعه و مطالب را مجددا مرور کنید.

■ کلید AC– GND –DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید انتخاب شکل موج فانکشن ژنراتور را در حالت موجی مربعی(PULSE) قرار دهید.

■ شکل موج ظاهر شده روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل ۶-۵۲ رسم کنید.

■ به کمک اسیلوسکوپ زمان تناوب و دامنه‌ی شکل موج را اندازه بگیرید.



شکل ۶-۵۲ شکل موج ولتاژ در حالتی که کلید AC– GND –DC در حالت AC قرار دارد.

■ با استفاده از شکل موج ترسیم شده، دامنه ی شکل موج مربعی را محاسبه کنید.

دامنه‌ی شکل موج = تعداد خانه‌هایی که دامنه را در بر گرفته‌اند × رنج کلید Volt/Div

مقداردامنه شکل موج = ... ×۱ Volt/Div

Vm=Vp =..... V

■ با استفاده از شکل موج ترسیم شده در شکل ۶-۵۳ زمان تناوب شکل موج را محاسبه کنید.

زمان تناوب T = تعداد خانه‌هایی که یک سیکل کامل را دربر گرفته‌اند × رنج کلید Time/Div

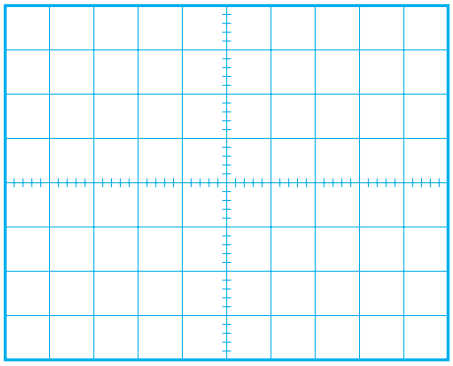
T=..... × ۰/۱ ms

T=..... ms

■ فرکانس شکل موج مربعی را محاسبه کنید.

$$f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{.....} = ...Hz$$

■ با توجه به تنظیم‌های فوق، کلید AC– GND –DC را در حالتی که موج مربعی به اسیلوسکوپ وصل است روی وضعیت DC بگذارید و شکل موج را روی نمودار شکل ۶-۵۳ رسم کنید.



شکل ۶-۵۳ شکل موج ولتاژ در حالتی که کلید AC– GND –DC روی DC است .

سؤال ۳: آیا در حالتی که کلید AC– GND –DC روی حالت DC و AC قرار می‌گیرد شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس جابه‌جا می‌شود؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های توضیح داده شده درباره‌ی اسیلوسکوپ مراجعه و مطالب را مجددا مرور کنید.

۴-۴-۶ نتایج آزمایش :

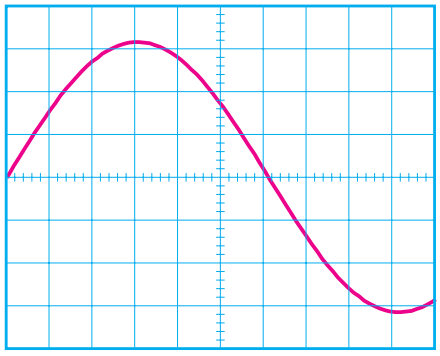
آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

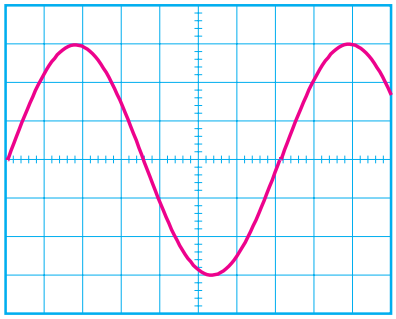
آزمون پایانی فصل (۶)

۱- فرکانس موج سینوسی نشان داده شده در شکل ۶-۵۴ چند هرتز است؟



شکل ۶-۵۴

۲- در شکل موج نشان داده شده در شکل ۶-۵۵ مقدار موثر شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس چند ولت است؟



شکل ۶-۵۵

۳- برای مشاهده‌ی شکل موج متناوب مانند شکل ۶-۵۵ روی صفحه ی اسیلوسکوپ دو کاناله، چه تنظیم هایی باید انجام شود؟

۴- چرا در اسیلوسکوپ باید کنترل های مربوط به هر کانال را به‌طور جداگانه تنظیم کنیم؟

۵- یک لامپ اشعه‌ی کاتدیک از چند قسمت تشکیل شده است؟ نام ببرید.

۶- چرا وقتی یک ولتاژ DC را به اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم فقط یک خط مستقیم روی صفحه‌ی حساس ظاهر می‌شود؟ شرح دهید.

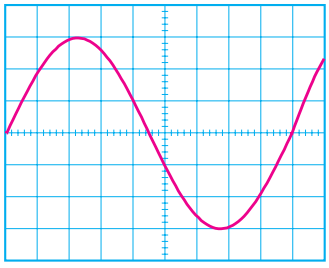
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷- کاربرد کلید AC- GND -DC را شرح دهید.

۸- چگونگی اندازه‌گیری مقدار موثر موج سینوسی توسط اسیلوسکوپ را شرح دهید.

۹- در شکل ۵۶-۶ مقدار موثر ولتاژ و فرکانس سیگنال نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را حساب کنید.



شکل ۵۶-۶

۱۰- انواع مولد سیگنال را نام ببرید، چه سیگنال‌هایی توسط این مولدها تولید می شود؟

۱۱- تفاوت سیگنال ژنراتور صوتی (AF) و سیگنال ژنراتور رادیویی(RF) را به طور خلاصه بنویسید.

۱۲- فاز و اختلاف فاز در شکل موج‌های سینوسی را توضیح دهید.

۱۳- وظیفه‌ی پروب را در اسیلوسکوپ شرح دهید.

۱۴- جریانی که در سیم های برق شهر جاری است از نوع ..... است؟

الف) ❐DC ب) ❐AC

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۵- کلیدهـای ۱۰× و ۱× بر روی پـروب چه کاربردی دارند؟

۱۶- وظیفـه‌ی کلیدهـای Alt، chop، CH۲INV و Level را بر روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ توضیح دهید.

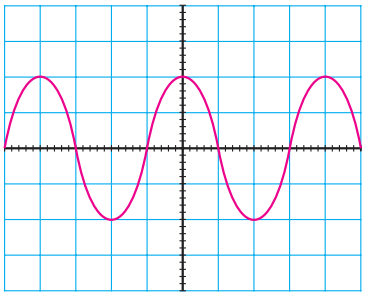
۱۷- تفاوت سـیگنال ژنراتور صوتی با فانکشن ژنراتور را به طور خلاصه شرح دهید.

۱۸- بـرای اندازه‌گیـری ولتاژ DC با اسیلوسـکوپ چه تنظیم‌هایی را باید روی اسیلوسکوپ انجام دهید؟

۱۹- آیا کانال‌هـای CH۱ و CH۲ در اسیلوسـکوپ با یکدیگر تفاوت دارند؟ چرا؟

۲۰- در شـکل ۵۷-۶ مقـدار مؤثر سـیگنال روی صفحه حساس اسیلوسکوپ تقریبا چند میلی‌ولت است؟

الف) ۴۰۰ ب) ۲۸۲ ج) ۸۰۰ د) ۵۷۰



شکل ۵۷-۶

۲۱- برای مشاهده‌ی همزمان دو شکل موج متناوب بر روی صفحه‌ی حساس، اسیلوسکوپ چگونه باید تنظیم شود؟

۲۲- پاسـخ‌های صحیح سـتون چپ را به سـتون سـمت راست اتصال دهید.

Level	نمایش دو موج به‌طور همزمان در فرکانس پایین
ADD	نمایش دو موج به‌طور همزمان در فرکانس بالا
Alt	جمع لحظه‌ای سیگنال‌های کانال ۱ و کانال ۲
Line Trig	تفریق لحظه‌ای سیگنال‌های کانال ۱ و کانال ۲
Chop	تعیین لحظه‌ی شروع موج از سمت چپ صفحه‌ی حساس
DIFF	استفاده از برق شهر برای ایجاد همزمانی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل هفتم

خازن در جریان مستقیم و متناوب

هدف کلی : بررسی رفتار خازن در جریان‌های مستقیم و متناوب

هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- ساختمان داخلی خازن را شرح دهد.

۲- ظرفیت خازن و عوامل مؤثردر آن را شرح دهد.

۳- شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم را شرح دهد.

۴- رابطه‌ی بین بار الکتریکی ذخیره شده و ولتاژ دو سر خازن را شرح دهد.

۵- انرژی ذخیره شده در خازن را محاسبه کند.

۶- ثابت زمانی را در یک مدار RC شرح دهد.

۷- ثابت زمانی را در یک مدار RC اندازه بگیرد.

۸- روش آزمایش صحت کار خازن را شرح دهد.

۹- صحت کار یک خازن را به کمک اهم‌متر عقربه‌ای آزمایش کند.

۱۰- ظرفیت یک خازن را به کمک دستگاه LCR متر اندازه بگیرد.

۱۱- انواع خازن ثابت را نام ببرد.

۱۲- فرق خازن ثابت و متغیر را بیان کند.

۱۳- خازن متغیر را شرح دهد.

۱۴- مقدار ظرفیت خازن را با استفاده از رمز عددی بخواند.

۱۵- مشخصات خازن را نام ببرد.

۱۶- مشخصات خازن را شرح دهد.

۱۷- اتصال سری و موازی خازن ها را توضیح دهد.

۱۸- آزمایش اتصال سری و موازی خازن‌ها را انجام دهد.

۱۹- ظرفیت معادل را در اتصالات سری و موازی خازن‌ها به دست آورد.

۲۰- رفتار خازن در جریان متناوب را شرح دهد.

۲۱- رآکتانس خازنی را محاسبه کند.

۲۲- رآکتانس خازنی را اندازه بگیرد.

۲۳- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی را توضیح دهد.

۲۴- اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از آن را اندازه بگیرد.

۲۵- مدار RC سری و موازی را توضیح دهد.

۲۶- روابط مربوط به مدار RC سری و موازی را محاسبه کند.

۲۷- امپدانس مدار RC سری و موازی را اندازه بگیرد.

توانایی شماره	ساعت آموزش 28:00		
	نظری	عملی	جمع
۷	۱۲	۱۶	۲۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون (۷)

۱- ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت ..... و با فاصله‌ی بین دو صفحه نسبت ..... دارد.

الف) معکوس- مستقیم　　ب) مستقیم- مستقیم

ج) مستقیم- معکوس　　د) معکوس- معکوس

۲- چرا در کنار پایه‌ی بعضی از خازن‌ها علامت مثبت و منفی می گذارند؟

الف) برای اتصال صحیح پایه‌های خازن به مدار

ب) برای مشخص کردن بار ذخیره شده در خازن

ج) به منظور تعیین میزان بارهای مثبت و منفی

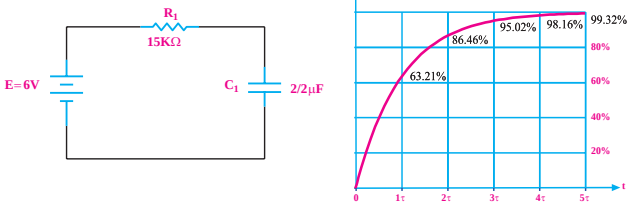
د) برای اندازه‌گیری مقدار ولتاژ

۳- ظرفیت خازن مقابل چه مقدار است؟

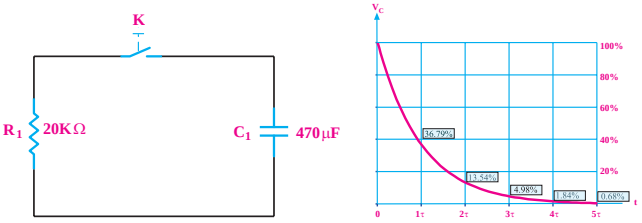
الف) ۳۳۳PF　　ب) ۳۳۰۰۰nF

ج) ۳۳nF　　د) ۳۳Pf

۴- در شکل زیر با توجه به منحنی شارژ خازن بعد از ۳ ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می‌شود؟



۵- در شکل زیر در شرایطی که کلید K در حالت باز قرار دارد، ولتاژ دو سر خازن ۱۵ ولت است. اگر کلید را وصل کنیم ، با توجه به منحنی دشارژ خازن پس از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می‌شود؟



۶- کدام گزینه‌ی زیر صحیح است؟

الف) $V=\frac{C}{Q}$　　ب) $Q=\frac{V}{C}$

ج) $V=\frac{Q}{C}$　　د) $Q=\frac{C}{V}$

۷- خازن ..... خازن متغیری است که مقدار ظرفیت آن را می‌توان با پیچ گوشتی تغییر داد.

۸- ظرفیت خازن معادل در مدار سری از ظرفیت خازن‌های موجود در مدار ..... است.

الف) کم‌تر　　ب) بیش‌تر

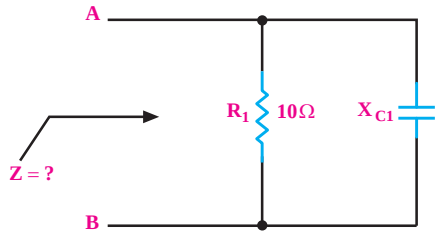
۹- در شکل زیر اگر $\cos\varphi = ۰/۵$ باشد مقدار Z چند اهم است؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

الف) ۱۰ ب) $\sqrt{۱۰}$

ج) ۵ د) $\sqrt{۵}$



۱۰- بـه حداکثر میزان تغییر ظرفیت خـازن به ازای تغییر یک درجه حرارت تلرانس می گویند.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۱- مقـدار ظرفیت خازن معادل n خازن مسـاوی که به طور سری قرار گیرند از رابطه‌ی ..... قابل محاسبه است.

الف) $C_T = \frac{C}{n}$ ب) $C_T = nc$

۱۲- در مـدار RC موازی جریـان موثر کل مدار از ولتاژ کل مدار ..... است.

جلوتر ❐ عقب‌تر ❐

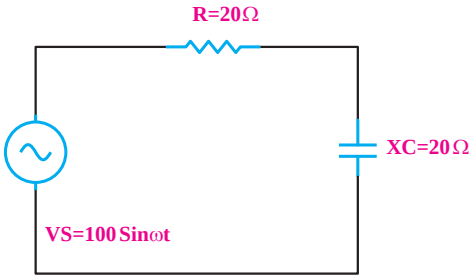
۱۳- پاسخ های صحیح ستون سمت چپ را به ستون سمت راست اتصال دهید.

RC سری	● عامل مشترک جریان
	● عامل مشترک ولتاژ
	● $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$
	● $\cos\varphi = \frac{Z}{R}$
	● $Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$
RC موازی	● $I = \sqrt{I_R^2 + I_c^2}$

۱۴- در شکل زیر امپدانس مدار تقریبا چند اهم است؟

الف) ۱۴ ب) ۴۰

ج) ۲۸ د) بی‌نهایت



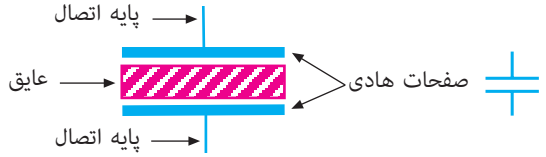
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱–۷ ساختمان داخلی خازن

ساختمان داخلی خازن از دو صفحه‌ی هادی که بین آن‌ها عایق قرار دارد تشکیل می‌شود.

به صفحات هادی، جوشن نیز گفته می‌شود. در شکل ۱–۷، علامت قرار دادی و ساختمان داخلی خازن در حالت کلی نشان داده شده است.



الف) علامت قراردادی خازن ب) ساختمان داخلی خازن

شکل ۱–۷ ساختمان داخلی و علامت قرار دادی خازن

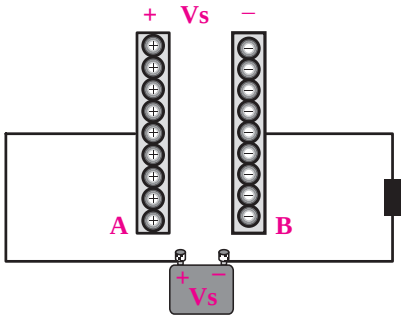
همان‌طور که از شکل ۱–۷ مشاهده می‌شود خازن از دو قسمت اصلی تشکیل شده است.

الف– صفحات هادی

ب– ماده‌ی عایق (دی‌الکتریک)

۲–۷ مفهوم ظرفیت

در صورتی که مانند شکل ۲–۷ صفحات یک خازن را به ولتاژ اتصال دهیم، در صفحات خازن بار الکتریکی ذخیره می‌شود. این شرایط تا زمانی که خازن خالی نشود باقی می‌ماند. به‌همین دلیل در مدارهای الکتریکی از خازن به منظور ذخیره‌ی انرژی الکتریکی استفاده می شود.



شکل ۲–۷ ذخیره‌ی بار الکتریکی خازن

با ذخیره شدن بارهای الکتریکی در خازن، اختلاف پتانسیل به وجود می‌آید. نسبت بین بارهای الکتریکی ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل ایجاد شده در دو سر آن را **ظرفیت خازن** می‌نامند و آن را با حرف C نشان می‌دهند. واحد اندازه‌گیری ظرفیت **فاراد** است. رابطه‌ی ظرفیت خازن با ولتاژ و مقدار بار به‌صورت زیر است.

$$C = \frac{Q}{V}$$

در این رابطه مقادیر C ، Q و V به شرح زیر است:

C= ظرفیت خازن بر حسب فاراد

Q= بار الکتریکی ذخیره شده در خازن بر حسب کولمب (کولن)

V= ولتاژ دو سر خازن بر حسب ولت

یک فاراد ظرفیت نسبتا بزرگی است و در عمل معمولاً از واحدهای خیلی کوچک‌تر از فاراد مانند میکرو فاراد، نانو فاراد و پیکو فاراد استفاده می‌شود.

جدول ۱–۷ واحدهای کوچک‌تر خازن و ضرایب آن‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱–۷ واحدهای ظرفیت خازن

چگونگی تبدیل	ضریب	حرف اختصاری	واحد
برای تبدیل واحد بیشتر به واحد کمتر، عدد در ۱۰۰۰ ضرب می‌شود.	واحد اصلی	F	فاراد
	$۱۰^{-۳}$ F	mF	میلی فاراد
	$۱۰^{-۶}$ F	μF	میکرو فاراد
	$۱۰^{-۹}$ F	nF	نانو فاراد
	$۱۰^{-۱۲}$ F	pF	پیکوفاراد

CarGeek.Live

CarGeek.Live

میزان توانایی یک خازن در ذخیره بار الکتریکی را « ظرفیت خازن » می گویند.

توجه

در صورتی که بخواهیم واحد کوچکتر را به واحد بزرگ‌تر تبدیل کنیم باید مقدار ظرفیت را بر ضرایب فوق تقسیم کنیم.

مثال ۱: ظرفیت خازنی ۱۰۰ نانو فاراد است. مقدار ظرفیت را بر حسب فاراد به دست آورید.

$$C=۱۰۰nF$$
$$C=۱۰۰\div ۱۰^{۹}=۱۰^{-۷}F$$
$$C=۱۰^{-۷}F$$

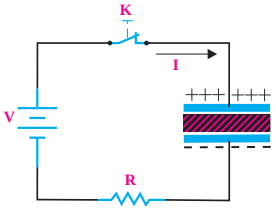
مثال ۲: در یک خازن ۳۳ میکرو کولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ولتاژ دو سر خازن ۱۰V باشد ظرفیت آن چند میکروفاراد است؟

حل :

$$Q=۳۳ \text{ میکروکولمب } ۳۳\times ۱۰^{-۶}=۰/۰۰۰۰۳۳$$
$$Q=C.V$$
$$C=\frac{Q}{V}=\frac{۰/۰۰۰۰۳۳}{۱۰}=۰/۰۰۰۰۰۳۳F$$
$$C=۰/۰۰۰۰۰۳۳\times ۱۰۰۰۰۰۰=۳/۳\mu F$$
$$C=۳/۳\mu F$$

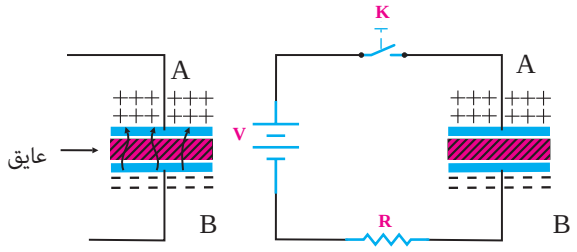
۳-۷ شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم

وقتی یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن شارژ می‌شود. در هنگام شارژ، انرژی الکتریکی از منبع به خازن انتقال می یابد و در آن ذخیره می‌شود. مقدار این انرژی بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد. همان‌طور که در شکل ۳-۷ ملاحظه می‌شود، زمانی که کلید بسته می‌شود، در اثر عبور جریان، ذخیره‌ی بارهای الکتریکی در صفحات خازن شروع می‌شود. با تداوم ذخیره‌ی بار الکتریکی در خازن ولتاژ بین صفحات خازن شروع به افزایش و جریان مدار شروع به کاهش می کند، این روند ادامه می‌یابد تا ولتاژ دو سر خازن برابر با ولتاژ منبع و جریان مدار صفر می‌شود. در این حالت می گویند خازن به طور کامل شارژ شده است.



شکل ۳-۷ نحوه‌ی شارژ خازن

همان‌طور که در شکل ۴-۷ می‌بینید اگر خازن از منبع جدا شود تا مدتی در دو سر آن ولتاژ وجود دارد یعنی انرژی ذخیره شده را در خود نگه می‌دارد. از طرفی چون مقاومت عایق خازن بی‌نهایت نیست (عایق مطلق نیست)، به مرور زمان، الکترون‌ها از طریق عایق از صفحه‌ی B به طرف صفحه‌ی A حرکت می کنند و خازن را تخلیه می‌نمایند. بدیهی است اگر خاصیت عایقی خازن، مطلق باشد خازن برای همیشه انرژی ذخیره شده را در خود حفظ می کند.



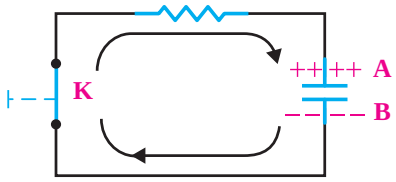
الف) شارژ کامل خازن ب) عایق غیر مطلق

شکل ۴-۷ شارژ کامل خازن

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بـرای تخلیه‌ی بار الکتریکی صفحات خازن ابتدا خازن را از منبع تغذیه جدا می کنیم، سـپس دو صفحه‌ی A و B خازن را از طریق یک مقاومت به یکدیگر اتصال می‌دهیم.



شکل ۵-۷ مسیر تخلیه ی بار الکتریکی (دشارژ) خازن

۴-۷ انرژی ذخیره شده در خازن

وقتی خازن را به طور مستقیم به یک منبع ولتاژ DC (مثلاً باتری) وصل کنیم بلافاصله انرژی الکتریکی از منبع به خازن انتقـال می یابد و در آن ذخیره می شـود. مقـدار این انرژی بستگی به ظرفیت خازن و ولتاژ منبع دارد.

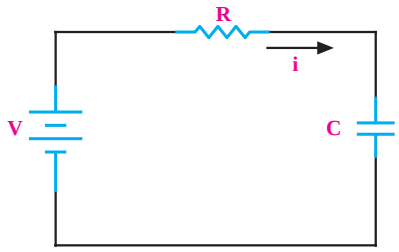
اگـر بار الکتریکی ذخیره شـده بـر روی صفحات خازن معادل Q و اختلاف پتانسـیل بین دو صفحه V باشـد انرژی ذخیره شده در خازن از روابط زیر به‌دست می آید:

$$\begin{cases} W = \frac{1}{2} Q.V \\ Q = CV \end{cases} \Rightarrow W = \frac{1}{2} CV^2$$

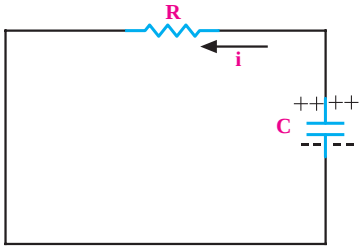
۵-۷ ثابت زمانی

اگر طبق شکل ۶-۷ مداری شـامل یک مقاومت اهمی و یک خازن را که به صورت سـری بسته شـده‌اند به یک منبع ولتاژ DC وصل می کنیم، خازن فوراً شارژ (پُر) نمی‌شود بلکه مدتی طول می کشد تا به شارژ کامل برسد. زمان شارژ بستگی به مقدار R و C دارد. همچنین اگر پایه‌های یک خازن شـارژ شده را به‌وسیله‌ی یک مقاومت اهمی به یکدیگر اتصال دهیم خازن به یک‌باره دشـارژ (خالی) نمی شود، بلکه مدت زمانی طول می کشد تا خازن شارژ خود را از دست بدهد.

این زمان را اصطلاحـاً ثابت زمانی مدار RC می‌نامند که بستگی به مقدار R و C دارد.



الف) مدار شارژ خازن



ب) مدار د شارژ خازن

شکل ۶-۷ مدار شارژ و دشارژ خازن

مقـدار ثابـت زمانـی از حاصل‌ضرب R در C به دسـت می‌آید و آن را با حرف τ(تاو) نشان می‌دهند یعنی

$$\tau = RC$$

τ= ثابت زمانی بر حسب ثانیه

R= مقاومت اهمی سری شده با خازن

C= ظرفیت خازن بر حسب فاراد

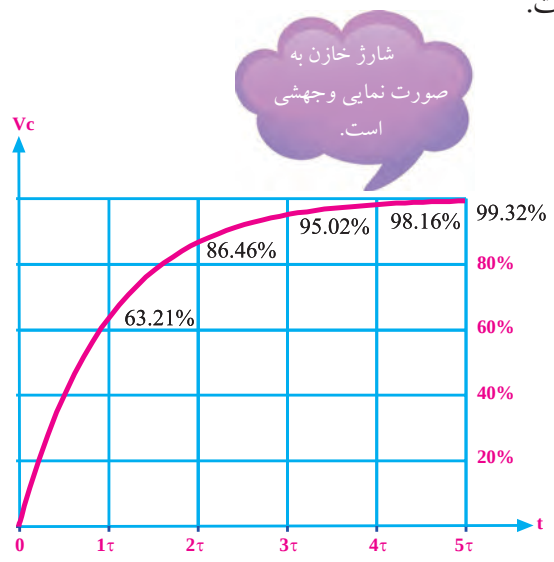
رابطه ی شـارژ خـازن در مـدار شـکل ۶-۷ الف، یک رابطه‌ی خطی نیسـت، بلکه به صورت نمایی (جهشی) است. خازن موجود در مدار شـکل ۶-۷ -الف تقریباً بعد از ۵ ثابت زمانی به‌طور کامل شـارژ می شـود. (بیش از ۹۹/۳ ٪) شکل ۷-۷ -الف منحنی شـارژ خازن را نشـان می‌دهد. به ازای هر ثابت زمانی، خازن به اندازه‌ی درصد معینی شارژ می شود که

CarGeek.Live

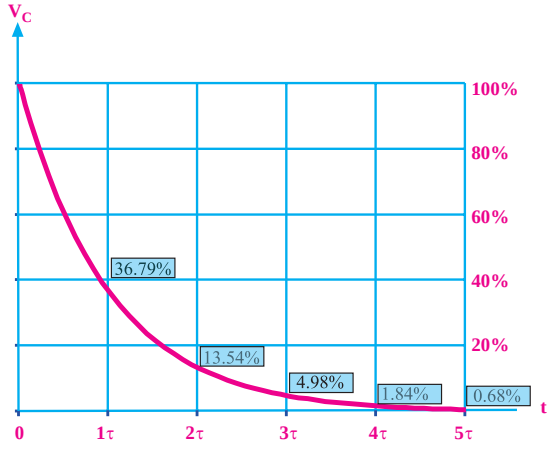
CarGeek.Live

مقدار آن روی منحنی مشخص شده است. شکل ۷-۷ -ب منحنی دشارژ خازن را نشان می دهد. در ثابت زمانی اول، ولتاژ دو سر خازن ۶۳/۲۱ ٪ کم می شود. کاهش ولتاژ در ثابت زمانی دوم به ۸۶/۴۶ ٪ ، در ثابت زمانی سوم به ۹۵/۰۲ ٪ و در ثابت زمانی چهارم به ۹۸/۱۶ ٪ و بالاخره در ثابت زمانی پنجم به ۹۹/۳۲٪ می‌رسد.

در این حالت می گوییم خازن کاملا تخلیه شده است. درصدهای مربوط به شارژ خازن نیز کاملا مشابه دشارژ آن است.



الف- منحنی شارژ خازن



ب- منحنی دشارژ خازن

شکل ۷-۷ منحنی‌های شارژ و دشارژ خازن

۷-۶ آزمایش شماره‌ی (۱)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۷-۶-۱ هدف آزمایش

اندازه‌گیری مقدار ثابت زمانی شارژ و دشارژ خازن در مدار RC سری

۷-۶-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	کرونومتر	یک دستگاه
۲	ولت متر DC	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۴	مقاومت ۱MΩ و ۱۰Ω	از هر کدام یک عدد
۵	خازن ۱۰μF-۲۵V	یک عدد
۶	سیم دو سر گیره دار ۴۰cm	چهار رشته
۷	سیم یک سر گیره دار ۴۰cm	چهار رشته
۸	سیم بدون گیره (معمولی) ۴۰cm	چهار رشته
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

توجه

خازن مورد استفاده در این آزمایش از نوع الکترولیتی می باشد. هنگام کاربرد این خازن حتما باید قطب مثبت منبع ولتاژ به قطب مثبت خازن و قطب منفی منبع ولتاژ به قطب منفی خازن وصل شود. در غیر این‌صورت خازن به سرعت آسیب می‌بیند.

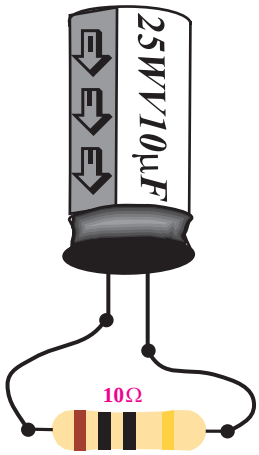
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۶-۷ مراحل اجرای آزمایش

الف- اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RC سری (در حالت شارژ)

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- دو سر خازن را از طریق یک مقاومت کم اهم برای یک لحظه اتصال کوتاه کنید تا اگر قبلا در آن ولتاژی وجود داشته باشد (شارژ شده باشد) کاملا تخلیه شود، شکل ۸-۷.



شکل ۸-۷ نحوه‌ی تخلیه‌ی خازن

توجه

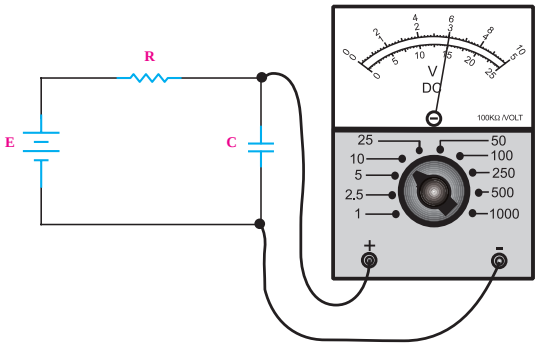
قبل از استفاده از خازن جهت تخلیه ی آن، چند لحظه دوپایه‌ی آن را به کمک یک مقاومت ۱۰Ω به هم اتصال کوتاه کنید.

علامت WV نشان دهنده ی ولتاژ کار خازن (Working Voltage) است.

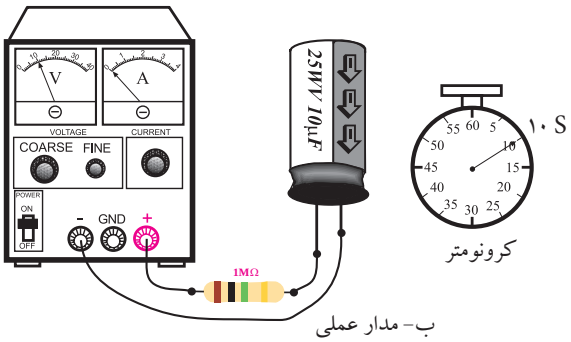
- مدار شکل ۹-۷ را ببندید.

توجه

در شکل ۹-۷ نقشه‌ی فنی مدار را ملاحظه می کنید. در این لحظه منبع تغذیه را به مدار متصل نکنید.



الف- نقشه ی فنی مدار



کرونومتر

ب- مدار عملی

شکل ۹-۷

- ثابت زمانی شارژ خازن را از رابطه‌ی زیر محاسبه ومقدار آن را یادداشت کنید.

$$\tau = RC = ۱M\Omega \times ۱۰\mu F = ۱۰S$$

- منبع تغذیه را قبل از اتصال به مدار روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و رنج کلید ولت‌متر را نیز روی ۱۰V قرار دهید.
- کرونومتر را آماده کنید.
- منبع تغذیه را در حالی که خاموش است به مدار وصل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

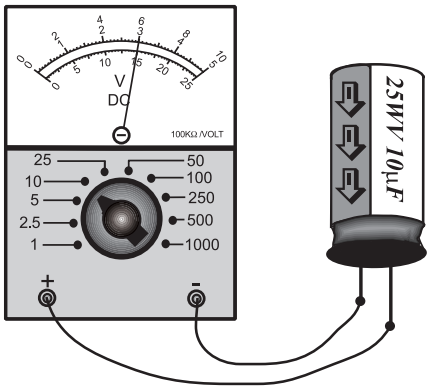
کنید.

■ هم‌زمان با روشن کردن منبع تغذیه، کرونومتر را فعال کنید تا زمان شارژ اندازه گیری شود.

■ به محض اینکــه کرونومتر ۱۰ ثانیه (یک ثابت زمانی) را نشــان داد، بلافاصله منبع تغذیه را خاموش کنید و خازن را از مدار جدا نمایید.

■ مطابق شــکل ۱۰-۷ ولتاژ دو ســر خازن را با ولت متر اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

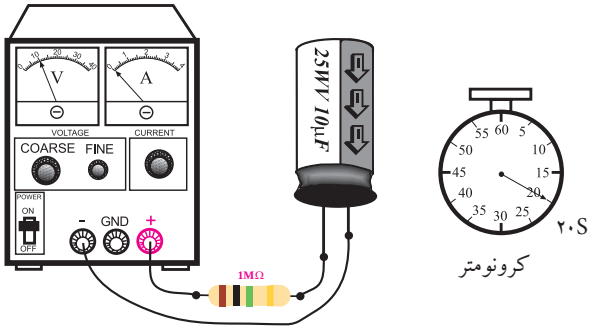
T_1=۱۰S V_c= V



شکل ۱۰-۷ اندازه گیری ولتاژ خازن

■ دوباره دو سر خازن را برای یک لحظه به کمک یک مقاومت ۱۰Ω اتصال کوتاه کنید تا کاملاً دشارژ شود.

■ مدار شکل ۱۱-۷ را دوباره با خازن کاملا دشارژ شده ببندید.



کرونومتر

شکل ۱۱-۷ مدار آزمایش

■ منبــع تغذیه را دقیقا روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را خاموش نمایید.

■ کرونومتــر را صفر کنید. مدار را بــه منبع تغذیه وصل کنید. به طور همزمان منبع تغذیه و کرونومتر را فعال کنید.

■ بعــد از ۲۰ ثانیه (دو ثابت زمانــی) بلافاصله منبع تغذیه را خاموش کنید.

■ خــازن را از مدار جــدا کنید و ولتاژ دو ســر آن را با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

T_2=۲۰S V_c= V

■ مراحل فــوق را بــرای ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه تکرار کنید. هر بار پس از اندازه‌گیری ولتاژ دو سر خازن، خازن را دشارژ کنید.

مقادیر اندازه‌گیری شده را یادداشت کنید.

T_3=۳۰S V_C= V

T_4=۴۰S V_C= V

T_5=۵۰S V_C= V

سؤال ۱: آیــا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیری که قبلاً به‌صورت تئوری خوانده‌اید تطبیق دارد؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نکته‌ی مهم:

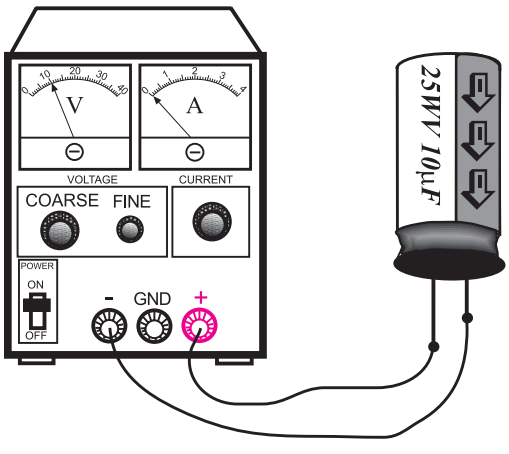
معمولاً مقدار اندازه‌گیری شده با مقدار محاسبه شده قدری تفاوت دارد که مربوط به خطاهای ناشی از اندازه گیری است. ولی در هر صورت باید نتایج تقریبی قابل قبولی به دست آید. در صورت نیاز آزمایش را تکرار کنید.

ب– اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RC سری در حالت دشارژ

- ابتدا وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- منبع تغذیه را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید و آن را خاموش نمایید.
- خازن را مطابق شکل ۱۲–۷ به منبع تغذیه وصل کنید.

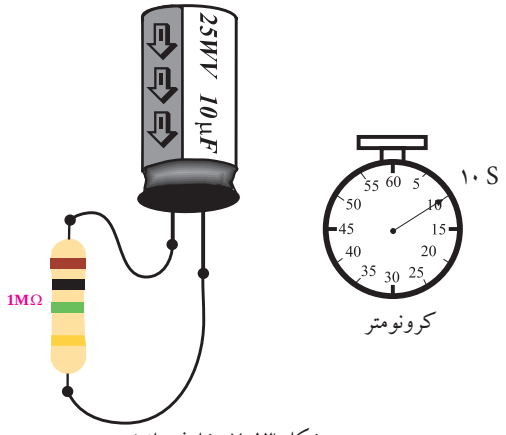
توجه

در هنگام وصل خازن به منبع تغذیه حتماً قطب مثبت خازن را به قطب مثبت منبع تغذیه و قطب منفی آن را به قطب منفی منبع تغذیه وصل کنید



شکل ۱۲–۷ شارژ خازن

- منبع تغذیه را روشن کنید. کمی صبر نمایید سپس آن را خاموش کنید و خازن را از منبع تغذیه جدا کنید.
- کرونومتر را صفر کنید و آماده نگه‌دارید.
- با استفاده از خازن شارژ شده در مرحله‌ی قبل مدار شکل ۱۳–۷ را ببندید. به محض اتصال، کرونومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

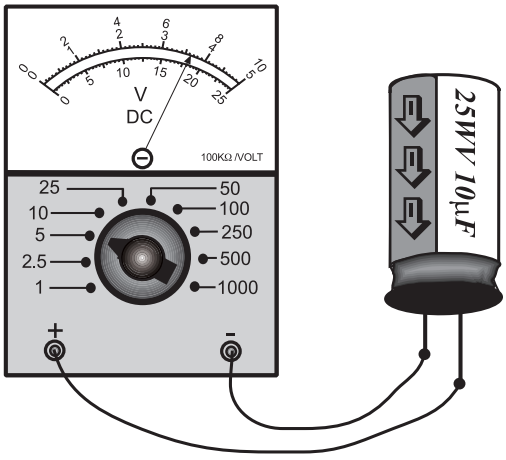


کرونومتر

شکل ۱۳–۷ دشارژ خازن

- پس از ۱۰ ثانیه مقاومت را از خازن جدا کنید.
- ولتاژ دو سر خازن را مطابق شکل ۱۴–۷ با ولت‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_C = \text{.....} V$$



شکل ۱۴–۷ اندازه‌گیری ولتاژ خازن

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ منبع تغذیه را دوباره روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.

■ خازن را با رعایت قطب مثبت و منفی مانند شکل ۱۲-۷ به منبع تغذیه وصل کنید و صبر کنید تا به طور کامل (۱۰V) شارژ (پر) شود.

■ خازن را از منبع تغذیه جدا کنید و کرونومتر را صفر و آماده نمایید.

■ مقاومت ۱MΩ را با خازن مانند شکل ۱۳-۷ موازی کنید و به‌طور همزمان کرونومتر را فعال کنید تا زمان را محاسبه کند.

■ پس از ۲۰ ثانیه (دو ثابت زمانی) خازن را از مدار جدا کنید و ولتاژ دو سر آن را مانند شکل ۱۴-۷ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$T_۲=۲۰S \quad V_C=$ V

■ اندازه‌گیری‌های فوق را برای زمان‌های ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ثانیه تکرار کنید و مقادیر را یادداشت نمایید.

$T_۳=۳۰S \quad V_C=$ V

$T_۴=۴۰S \quad V_C=$ V

$T_۵=۵۰S \quad V_C=$ V

سؤال ۲: آیا کاهش مقدار ولتاژ دو سر خازن (دشارژ) با مقادیر موجود در منحنی دشارژ که قبلاً به صورت تئوری خوانده‌اید انطباق دارد؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به پرسش فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبل مراجعه کنید و مطالب را مجدداً مرور نمایید.

توجه

ممکن است مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر روی منحنی کمی تفاوت داشته باشند. این تفاوت به دلیل خطاهای ناشی از اندازه‌گیری است. در هر صورت باید نتایج تقریبی قابل قبولی به دست آید.

۴-۶-۷ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را در چند جمله بیان کنید.

الف .....

ب .....

۷-۷ عوامل مؤثر در ظرفیت خازن

ظرفیت خازن به عوامل فیزیکی زیر بستگی دارد.

الف- سطح صفحات خازن (A)

ب- فاصله‌ی بین صفحات خازن(d)

ج- ماده‌ی عایق یا دی‌الکتریک(K)

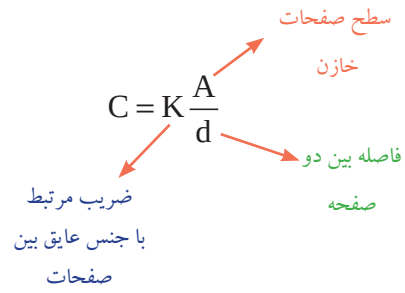
ظرفیت خازن خاصیتی است که از مشخصات فیزیکی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

خازن تبعیت می‌کند. بدین‌معنی که ظرفیت خازن با سطح صفحات خازن نسبت مستقیم و با فاصله‌ی بین دو صفحه نسبت عکس دارد. هم‌چنین جنس عایق بین صفحات خازن نیز در مقدار ظرفیت آن مؤثر است.

رابطه‌ی زیر اثر عوامل فیزیکی روی ظرفیت خازن را نشان می‌دهد.



با توجه به رابطه‌ی بالا، هر قدر سطح صفحات بزرگ‌تر و فاصله‌ی بین دو صفحه کم‌تر باشد، ظرفیت خازن بیشتر است و می‌تواند انرژی بیش‌تری را در خود ذخیره کند. هم‌چنین جنس عایق نیز در میزان شارژ خازن دخالت دارد.

۷–۸ انواع خازن‌ها

با توجه به موارد کاربرد، خازن‌ها را با شکل‌های فیزیکی متنوع، ظرفیت‌ها و مشخصات مختلف می سازند که در ادامه به بعضی از آن‌ها اشاره می کنیم.

به طور کلی خازن‌ها را به دو دسته‌ی کلی تقسیم می‌کنند.

- خازن‌های ثابت
- خازن‌های متغیر

۷–۸–۱ خازن‌های ثابت

ظرفیت این خازن‌ها ثابت است و نمی‌توان مقدار آن‌ها را تغییر داد. این نوع خازن‌ها بر اساس جنس ماده‌ی دی‌الکتریک نام‌گذاری می شوند.

از انواع خازن‌های ثابت می‌توان خازن‌های کاغذی، سرامیکی، میکا و الکترولیتی را نام برد.

در شکل ۷–۱۵ چند نمونه خازن ثابت را مشاهده می‌کنید.

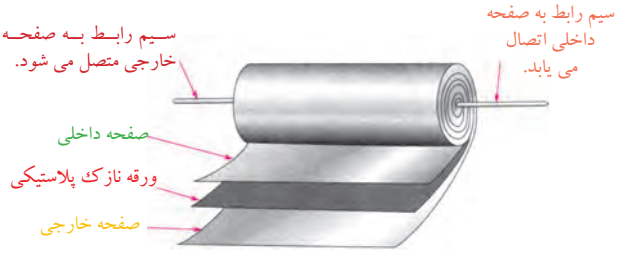
شکل ۷–۱۵ شکل ظاهری چند نمونه خازن

در ادامه به بررسی و تشریح چند نمونه خازن می‌پردازیم.

الف– خازن کاغذی

عایق این نوع خازن از کاغذ است. کاغذ به عنوان عایق بین دو هادی که معمولا از جنس آلومینیوم است قرار می‌گیرد و مانند شکل ۷–۱۶ –الف مجموعه را به صورت لوله می‌پیچند.

در شکل ۷–۱۶–ب شکل ظاهری خازن کاغذی نشان داده شده است.



الف– ساختمان داخلی

ب– شکل ظاهری

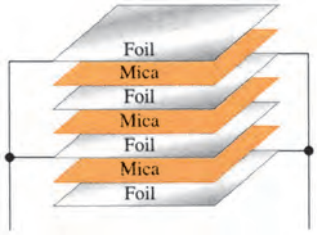
شکل ۷–۱۶ خازن کاغذی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ب– خازن میکا (Mica)

میـکا یک نوع ماده‌ی معدنی اسـت که در زمین به مقدار زیـاد یافت می‌شـود. در خازن بـا عایق میـکا، از ورقه‌های نازک "میکا" به عنوان عایـق و از ورقه‌های نازک "روی" به عنوان جوشن اسـتفاده می‌کنند. این خازن بسیار دقیق است و کم‌تر تحت تأثیر حرارت قرار می‌گیرد لذا از آن در سـاختن مدارهای دقیق استفاده می‌کنند. شکل ۱۷–۷ ساختمان داخلی و شکل ظاهری خازن میکا را نشان می‌دهد.



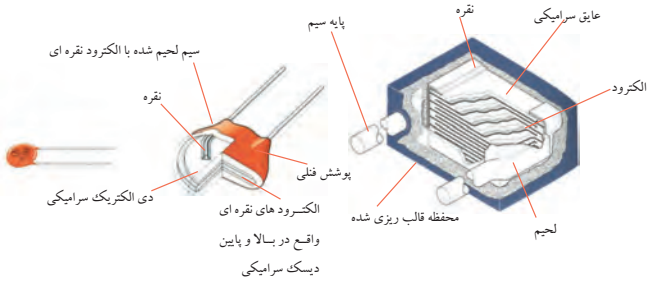
ب)ساختمان داخلی خازن میکا

الف) شکل ظاهری خازن میکا

شکل ۱۷–۷ خازن میکا

ج– خازن سرامیکی

در خـازن سـرامیکی مطابق شـکل ۱۸–۷، از یک قرص سـرامیک به‌عنوان ماده‌ی عایق اسـتفاده شـده اسـت. شکل ظاهری ایـن خازن‌ها گرد و کوچک اسـت. به همین جهت به‌آن خازن عدسـی نیز می‌گویند. ظرفیت این خازن‌ها بسـیار کم و در حدود nF (نانو فاراد) اسـت. شـکل ۱۸–۷ شـکل ظاهری و سـاختمان داخلی ۲ نمونه خازن سـرامیکی را نشان می‌دهد.

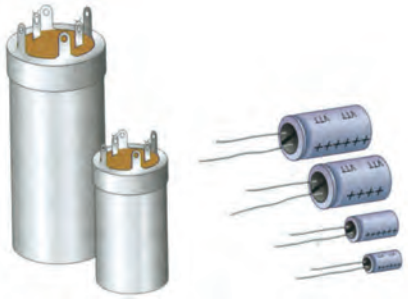


شکل ۱۸–۷ خازن سرامیکی

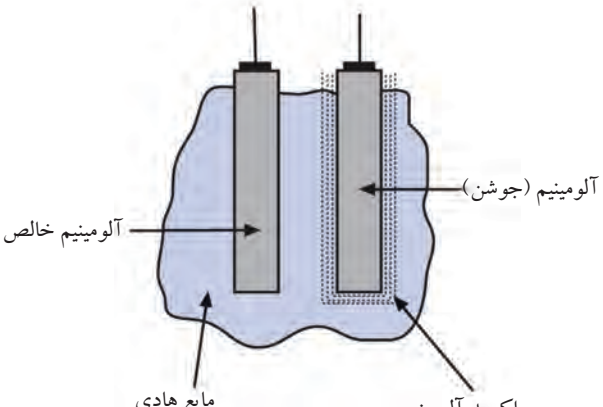
د– خازن‌های الکترولیتی

خازن‌هـای الکترولیتی به خاطر سـاختمان مخصوصی که دارند، دارای ظرفیت زیادی هسـتند. یکی از جوشن‌های این خازن صفحه‌ی نازکی از آلومینیوم اسـت که بر روی آن قشر بسیار نازکی از اکسیدآلومینیوم قرار می‌گیرد.

جوشـن دیگر این خازن یک صفحه‌ی آلومینیوم خالص اسـت که همـراه با مایع هادی اطراف دو جوشـن، تشـکیل جوشن دوم را می‌دهند. شکل ۱۹–۷ شکل ظاهری و ساختمان داخلی این خازن را نشان می‌دهد.



الف) شکل ظاهری خازن الکترولیتی



ب) ساختمان داخلی خازن الکتریکی

شکل ۱۹–۷ خازن الکترولیتی

ظرفیت خازن الکترولیتی شدیداً تابع حرارت است و عموماً با زیاد شدن درجه‌ی حرارت ظرفیت آن زیاد می شود.

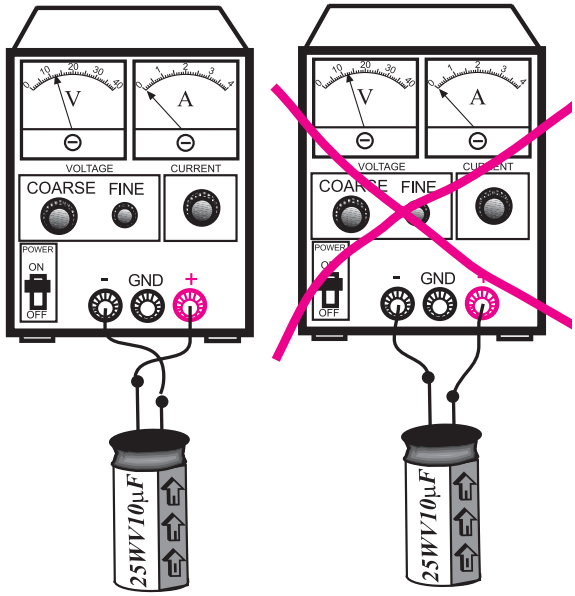
عمر این خازن نسـبتاً کوتاه اسـت، زیرا پس از گذشـت

CarGeek.Live

CarGeek.Live

چندیـن سـال، مایع الکترولیت آن خشـک شـده و ظرفیت آن کاهـش می‌یابـد. یکی از علـل ایجاد عیب در دسـتگاه الکترونیکی تغییر ظرفیت این خازن در طی زمان می‌باشد.

کاربرد عمده‌ی این خازن در محل‌هایی است که ظرفیت زیـاد و حجم کم مطرح باشـد. ایـن خازن‌هـا را «خازن‌های قطب‌بنـدی» شـده نیز می‌نامنـد. همانند شـکل ۲۰-۷ هنگام کاربرد این خـازن حتماً باید قطب مثبت منبـع ولتاژ به قطب مثبت خازن و قطب منفی منبع ولتاژ به قطب منفی خازن وصل شود در غیر این صورت خازن به سرعت معیوب می‌شود.

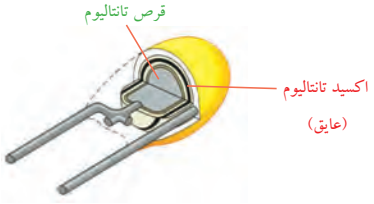


الف- اتصال غلط خازن به منبع ولتاژ DC

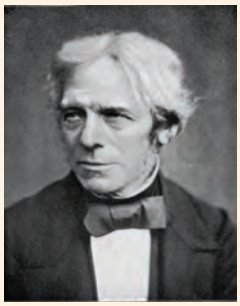
ب- اتصال صحیح خازن به منبع ولتاژ DC

شکل ۲۰-۷ اتصال خازن به منبع ولتاژ DC

در نوع دیگری از خازن الکترولیتی به جای آلومینیوم از فلز تانتالیوم استفاده می‌شود. زیاد بودن ثابت دی‌الکتریک اکسید تانتالیوم نسـبت به اکسیدآلومینیوم سـبب می شود خازن‌های تانتالیومی نسـبت به نوع آلومینیومی در حجم مسـاوی دارای ظرفیت بیش‌تری باشند. شـکل ۲۱-۷ ساختمان داخلی خازن تانتالیوم را نشان می‌دهد.



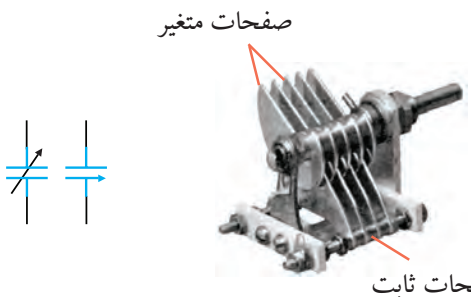
شکل ۲۱-۷ خازن تانتالیوم



میشل فارادی (۱۷۹۱-۱۸۶۷) شیمیدان و فیزیکدان انگلیسی که ظرفیت خـازن بنام او ثبت شـده است.

۲-۸-۷ خازن‌های متغیر

خازن‌هـای متغیر به خازن‌هایی گفته می شـود که دارای ظرفیت ثابت نیسـتند. در این نوع خازن ها عایق بین دو هادی هـوا اسـت. شـکل ۲۲-۷ نمونه‌ای از خـازن با عایـق هوا را نشـان می دهد. این خازن از نوع ظرفیت متغیر اسـت. ساختن ظرفیت‌هـای خیلی بالا از این نوع خازن غیر ممکن اسـت. از این نوع خازن بیشـتر به عنوان خـازن متغیر در فرکانس های بالا و در گیرنده‌های رادیویی استفاده می شود. در خازن‌های متغیـر با تغییر سـطح موثر بین صفحـات (A) می‌توان مقدار ظرفیت خازن را تغییر داد.



الف)شکل ظاهری خازن متغیر

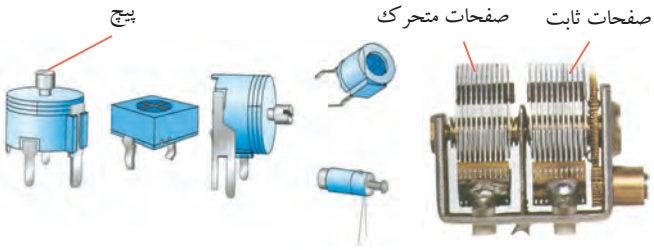
ب) علامت قرار دادی خازن متغیر

شکل ۲۲-۷ خازن متغیر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

این خازن ها در دو شکل «خازن واریابل» یا «تریمر» مورد استفاده قرار می‌گیرند. شکل ۲۳-۷ خازن‌های واریابل و تریمر را نشان می‌دهد. ظرفیت خازن واریابل با کمک دست یا با چرخاندن محور تغییر می‌کند، ولی ظرفیت خازن تریمر با چرخاندن پیچ آن به‌وسیله‌ی پیچ گوشتی تغییر می‌کند.

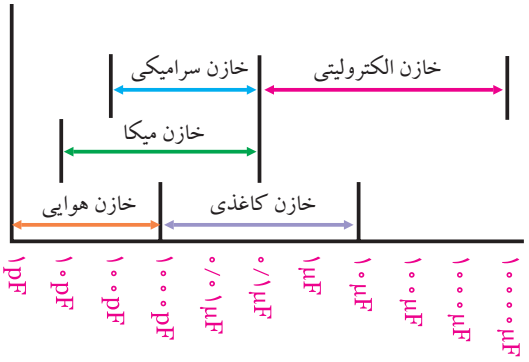


ب- خازن‌های تریمر

الف- خازن واریابل

شکل ۲۳-۷ خازن‌های واریابل و تریمر

نمودار شکل ۲۴-۷ ظرفیت خازن‌های مختلف را به طور تقریبی نشان می‌دهد. برای مثال خازن‌های میکا را از ظرفیت ۱۰PF الی ۰/۱ میکروفاراد می‌سازند و یا حداقل ظرفیت یک خازن الکترولیتی ۰/۱ میکروفاراد است.



شکل ۲۴-۷ نمودار ظرفیت خازن‌های مختلف

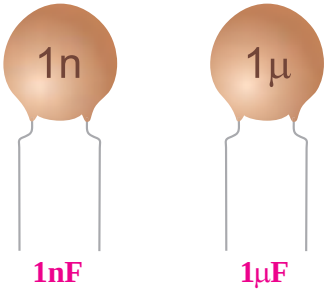
معمولا ظرفیت هر خازن و همچنین حداکثر ولتاژ مجاز آن را بر روی بدنه ی خازن می‌نویسند. اگر خازن قطبی باشد (مانند خازن‌های الکترولیتی)، روی بدنه‌ی منتهی به پایه‌های خازن، قطب‌های ولتاژ (+ یا -) را نیز مشخص می‌کنند. در شکل ۲۵-۷ خازن غیر قطبی و ظرفیت آن ۰/۱ میکروفاراد و ولتاژ کار آن ۱۰۰ ولت است.

شکل ۲۵-۷ مشخصات روی خازن

۹-۷ تشخیص مقدار ظرفیت از روی رمز عددی

در بعضی موارد مقدار عدد مربوط به ظرفیت خازن و واحد آن عیناً بر روی بدنه‌ی خازن نوشته می شود. در این شرایط هیچ ابهامی برای خواندن مقدار ظرفیت وجود ندارد.

در شکل ۲۶-۷ دو نمونه خازن نشان داده شده است.



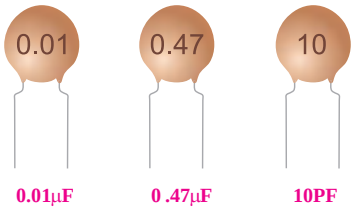
شکل ۲۶-۷ دو نمونه خازن

در بسیاری از موارد، واحد ظرفیت بر روی بدنه‌ی خازن نوشته نمی‌شود. در این صورت چنان‌چه عدد مزبور کوچک‌تر از یک باشد ظرفیت خازن بر حسب میکروفاراد و چنان‌چه عدد نوشته شده بر روی خازن بزرگتر از یک باشد، ظرفیت بر حسب پیکو فاراد است.

در شکل ۲۷-۷ چند نمونه خازن نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

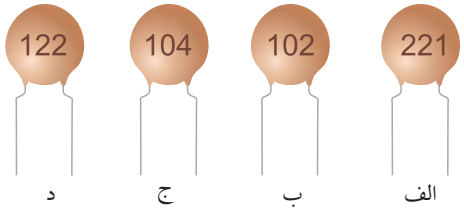


شکل ۲۷-۷ چند نمونه خازن

در حالتی که عدد ظرفیت بزرگتر از یک باشد، معمولاً عدد ظرفیت به صورت یک عدد سه رقمی مشخص می‌شود. این موضوع در مورد خازن‌های سرامیکی عدسی که دارای ظرفیت ۱۰۰PF به بالا هستند صدق می‌کند.

در عدد سه رقمی نوشته شده معمولاً دو عدد اول، نشان‌دهنده‌ی "رقم اول" و "رقم دوم" است و عدد سوم «ضریب» یعنی تعداد صفر را مشخص می‌کند. عدد به دست آمده‌ی نهایی، مقدار ظرفیت را بر حسب پیکوفاراد تعیین می‌کند.

مثال ۳: ظرفیت خازن‌های شکل ۲۸-۷ را محاسبه نمایید.



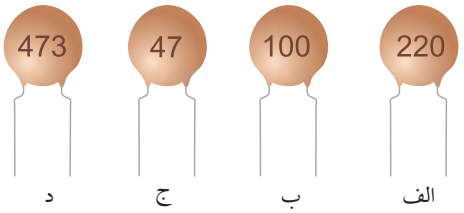
شکل ۲۸-۷

حل:

دو رقم اول
عدد سوم=تعداد صفرها نشان دهنده دو عدد اول

۲۲۱ ⇒ ۲۲۰PF
۱۰۲ ⇒ ۱۰۰۰PF
۱۰۴ ⇒ ۱۰۰۰۰۰PF
۱۲۲ ⇒ ۱۲۰۰PF

تمرین کلاسی ۱: ظرفیت خازن‌های شکل ۲۹-۷ را محاسبه کنید.



شکل ۲۹-۷

۷-۱۰ مشخصات خازن

قبل از انتخاب یک خازن لازم است به مشخصه‌های مربوط به خازن توجه کنیم. پاره‌ای از مشخصه های خازن به شرح زیر است:

۷-۱۰-۱ ظرفیت خازن

ظرفیت خازن مقدار گنجایش بار الکتریکی در خازن را نشان می‌دهد. که در مباحث قبلی به آن اشاره شده است.

۷-۱۰-۲ تولرانس یا درصد خطا

مقدار واقعی ظرفیت یک خازن در عمل با مقداری که توسط کارخانه‌ی سازنده قید می شود اختلاف دارد. این اختلاف را **تولرانس** یا درصد خطا می‌نامند و آن را بر حسب

CarGeek.Live

CarGeek.Live

درصد بیان می کنند.

۳-۱۰-۷ ولتاژ مجاز خازن

بـه حداکثـر ولتـاژی که می تـوان به یک خـازن اعمال کـرد به طـوری که خـازن بتوانـد آن ولتـاژ را تحمل کند، ولتـاژ مجـاز خـازن گفته می شـود. ولتـاژ مجاز خـازن را **ولتاژ کار** نیز می‌نامند.

مثال ٤: در شکل ۳۰-۷ ولتاژ مجاز خازن چقدر است؟

شکل ۳۰-۷ ولتاژ مجاز خازن

حل:

ولت ۲۵ = ولتاژ کار = ولتاژ مجاز

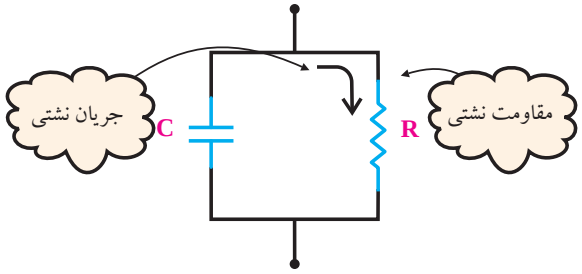
ولت ۲۵ = ولتاژ مجاز

۴-۱۰-۷ ضریب حرارتی خازن

به حداکثـر میزان تغییر ظرفیت خازن بـه ازای تغییر یک درجه حرارت ضریب حرارتی می گویند.

۵-۱۰-۷ نشت خازن

همـه‌ی خازن‌ها دارای مقداری نشـتی هسـتند. اگر یک خازن ایده‌آل را شـارژ کنیم و از مدار جدا کنیم باید ولتاژ دو سـر خازن برای همیشه حفظ شود، ولی در عمل خازن پس از مدتی ولتاژ خود را از دسـت می‌دهد. علت این پدیده ایده‌آل نبودن عایق بین صفحات خازن اسـت. بـرای توجیه پدیده‌ی نشـتی در خازن می‌توان مانند شـکل ۳۱-۷ مقاومتی را به نام مقاومت نشـتی، به صـورت موازی با خـازن در نظر گرفت. در مورد خازن‌های کاغذی، میکا و سـرامیک مقاومت نشتی خیلی زیاد بوده، در نتیجه جریان نشتی خیلی کم است.



شکل ۳۱-۷ خازن و مقاومت نشتی آن

توجه

مقاومـت نشـتی بـه صـورت یـک مقاومت مسـتقل عملا وجود نـدارد. ایـن مقاومـت درون عایق خازن نهفته اسـت. در این قسـمت فقط بـرای توجیه پدیده ی نشـتی خازن، مقاومـت R را قرار داده‌ایم.

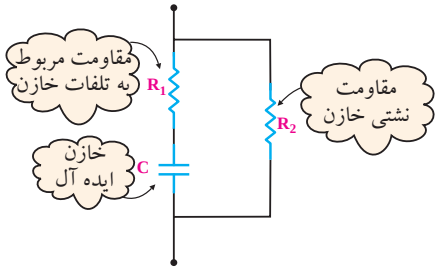
۶-۱۰-۷ تلفات در خازن

معمولا یک خازن در زمان تخلیه، مقدار کل انرژی ذخیره شده در صفحات را پس نمی‌دهد.

بـرای توجیه ایـن پدیده، مقاومتی را به صورت سـری با خازن در نظر می گیریم. در حقیقت این مقاومت مانند مصرف کننـده‌ای عمل می کند که مقداری از انرژی ذخیره شـده در خازن را مصرف می کند. در شـکل ۳۲-۷ مقاومت نشـتی و مقاومت مربوط به تلفات خازن نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



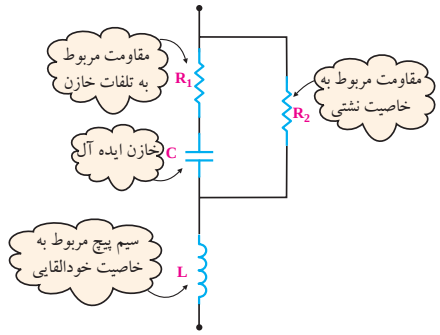
شکل ۳۲-۷ مقاومت‌های نشتی و تلفات خازن

۷-۱۰ ضریب خودالقایی خازن

خازن‌هـای ورقه‌ای دارای مقـداری خاصیت خود القایی هستند که در فرکانس‌های بالا می‌تواند مشکل آفرین باشد.

برای توجیه این پدیده سـیم پیچی با خازن سری می کنند، شکل ۳۳-۷.

لازم به توضیح است که سیم‌پیچ مورد نظر به‌طور مسـتقل در خازن وجود ندارد و فقط برای توجیه خاصیت خودالقایی در مدار قرار داده شده است.



شکل ۳۳-۷ خاصیت خود القایی در خازن

توجه

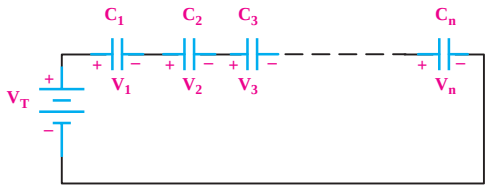
مقاومت نشتی، مقاومت مربوط به تلفات خازن و سیم‌پیچ مربوط به خاصیت خود القایی عملاً به طور مسـتقل در خازن وجـود ندارند و فقط برای توجیه مشـخصات ذکر شده در مدار قرار داده شده است.

۷-۱۱ به هم بستن خازن‌ها

اگـر ظرفیت خازنی مورد نیاز باشـد کـه ظرفیت آن در محدوده‌ی ظرفیت‌های اسـتاندارد نباشـد، می‌تـوان با متصل کردن چند خازن به‌صورت سـری ، موازی یا ترکیبی، خازن مورد نظر را به دست آورد.

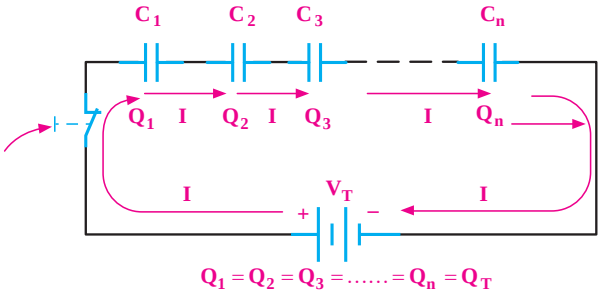
۷-۱۱-۱ اتصال سری خازن‌ها

هرگاه دو یـا چند خازن به صورت متوالـی اتصال یابند، یعنی انتهـای اولی به ابتدای دومی و انتهـای دومی به ابتدای سـومی و این کار تا آخرین خـازن ادامه یابد، این نوع اتصال را «سـری» می‌گویند در شکل ۳۴-۷ اتصال سری n خازن به یک‌دیگر نشان داده شده است.



شکل ۳۴-۷ اتصال سری خازن‌ها

با توجه به اینکه مسـیر عبور جریان در مدار سری یکسان اسـت. لذا جریان عبوری یـا به عبارت دیگر بـار الکتریکی ذخیره شـده (Q) در همه‌ی خازن‌ها یکسـان است. در شکل ۳۵-۷ مسـیر عبور جریان در مدار سـری خازن ها نشان داده شده است.



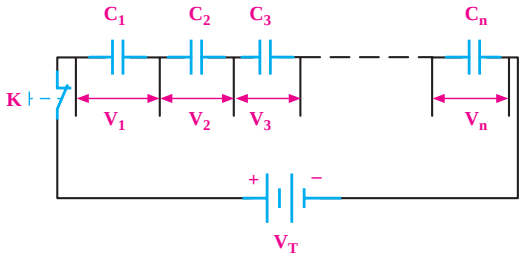
شکل ۳۵-۷ بار الکتریکی یکسان بر روی خازن‌ها در مدار سری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در مدار سری خازنی نیز مانند سری مقاومتی، ولتاژ منبع بین اجزای مدار تقسیم می شود. مقدار ولتاژ در دو سر هر خازن در مدار سری نسبت معکوس با مقدار ظرفیت خازن دارد، ($V=\frac{Q}{C}$) . به عبارت دیگر، ولتاژ به نسبت عکس مقدار ظرفیت هر خازن بین خازن‌ها تقسیم می شود.

یعنی هر قدر ظرفیت خازنی بیشتر باشد ولتاژ کمتری در دو سر آن افت خواهد کرد. در شکل ۳۶-۷ افت ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌ها نشان داده شده است.



$$V_T=V_1+V_2+V_3+...+V_n$$

شکل ۳۶-۷ افت ولتاژ دو سر هر یک از خازن ها در مدار سری

با استفاده از رابطه‌ی $V=\frac{Q}{C}$ و در نظرگرفتن رابطه‌ی تقسیم ولتاژ بین خازن‌های سری می‌توانیم بنویسیم:

$$V_T=V_1+V_2+V_3+...+V_n$$

$$\frac{Q_T}{C_T}=\frac{Q_1}{C_1}+\frac{Q_2}{C_2}+\frac{Q_3}{C_3}+...+\frac{Q_n}{C_n}$$

چون در مدار سری $Q_T=Q_1=Q_2=Q_3=Q_n$ است می‌توان از Q فاکتور گرفت و آن را از طرفین تساوی حذف کرد. بنابراین در مدار سری ظرفیت خازن معادل بر اساس رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

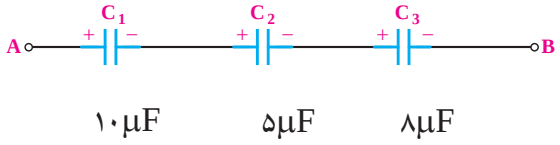
$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+...+\frac{1}{C_n}$$

همان‌طور که از رابطه‌ی نهایی مشخص است،محاسبه ظرفیت خازن معادل در مدارهای سری مانند محاسبه رابطه‌ی مربوط به مقاومت‌های موازی است.

تذکر مهم:

مقدار ظرفیت خازن معادل در اتصال سری، از کوچکترین ظرفیت خازن در مدار کوچکتر است.

مثال ۵: در شکل ۳۷-۷ ظرفیت خازن معادل از دو نقطه‌ی A و B چند میکرو فاراد است؟



شکل ۳۷-۷ محاسبه‌ی ظرفیت معادل

حل:

برای محاسبه‌ی ظرفیت خازن معادل به صورت زیر عمل می کنیم:

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{10}+\frac{1}{5}+\frac{1}{8}\Rightarrow\frac{1}{C_T}=\frac{4+8+5}{40}$$

$$\frac{1}{C_T}=\frac{17}{40}\Rightarrow C_T=\frac{40}{17}=2/35\mu F$$

$$C_T=2/35\mu F$$

۷-۱۱-۲ بررسی حالت‌های خاص در مدارهای سری خازنی

اگر n خازن مساوی به طور سری قرار گیرند ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر محاسبه می شود.

$$C_T=\frac{C}{n}$$

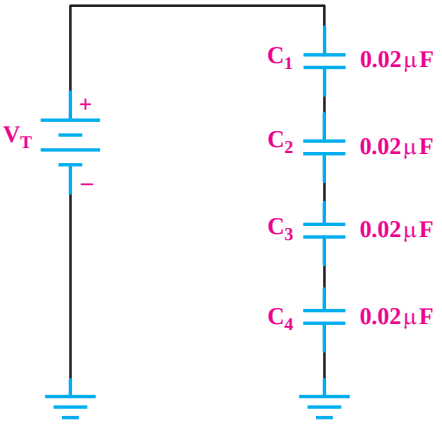
C: ظرفیت یک خازن

n: تعداد خازن ها

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثـــال۶: ظرفیت خـــازن معـــادل در شـــکل ۳۸-۷ چند میکروفاراد است؟



شکل ۳۸-۷ مثال

حل:

چون ظرفیت خازن‌ها مساوی است، می‌توانیم بنویسیم:

$$C_T = \frac{C}{n} = \frac{۰/۰۲\mu F}{۴} = ۰/۰۰۵\mu F = ۵\,nF$$

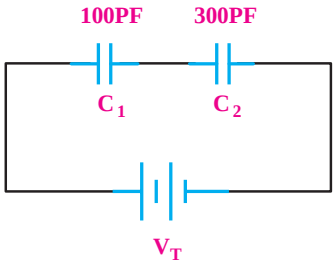
$$C_T = ۵\,nF$$

اگر دو خازن مطابق شـــکل ۳۹-۷ به‌طور سری بسته‌شوند می‌توانیم از رابطه‌ی ساده شده‌ی زیر استفاده کنیم.

شکل ۳۹-۷ دو خازن سری

$$C_T = \frac{C_۱ \times C_۲}{C_۱ + C_۲}$$

مثال۷: ظرفیت خازن معادل شکل ۴۰-۷ چند پیکو فاراد است؟



شکل ۴۰-۷ ظرفیت خازن معادل

راه حل اول:

$$\frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} \Rightarrow \frac{۱}{C_T} = \frac{۱}{۱۰۰} + \frac{۱}{۳۰۰} = \frac{۳+۱}{۳۰۰} = \frac{۴}{۳۰۰}$$

$$C_T = ۷۵\,PF$$

راه حل دوم:

با اســـتفاده از رابطه‌ی ساده‌ی زیر می‌توانیم ظرفیت معادل را محاسبه کنیم:

$$C_T = \frac{C_۱ \times C_۲}{C_۱ + C_۲} = \frac{۱۰۰ \times ۳۰۰}{۱۰۰ + ۳۰۰}$$

$$C_T = ۷۵\,PF$$

۳-۱۱-۷ تقسیم ولتاژ خازنی

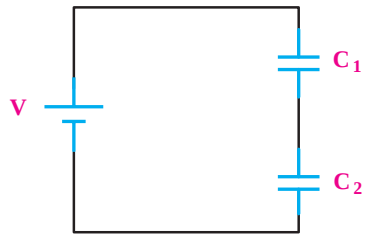
هرگاه دو خازن مانند شـــکل ۴۱-۷ به صورت سری قرار گیرد مقدار ولتاژ دو ســـر هر یک از خازن‌هـــا را می‌توانیم از روابط زیر محاسبه کنیم.

$$V_{C۱} = V\frac{C_۲}{C_۱ + C_۲}$$

$$V_{C۲} = V\frac{C_۱}{C_۱ + C_۲}$$

CarGeek.Live

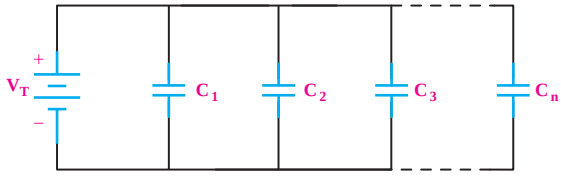
CarGeek.Live



شکل ۴۱-۷ خازن‌های سری

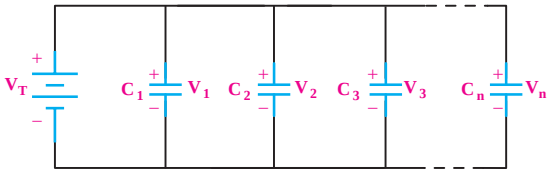
۴-۱۱-۷ اتصال موازی خازن‌ها

هرگاه دو یا n خازن به صورت شکل ۴۲-۷ به یکدیگر وصل شوند، این اتصال را «موازی» می‌گویند. اتصال موازی خازن‌ها نیز مشابه اتصال موازی مقاومت‌ها است.



شکل ۴۲-۷ اتصال موازی خازن‌ها

همان‌گونه که در مدارهای مقاومتی موازی بیان شد و در شکل ۴۳-۷ نیز مشاهده می شود در مدارهای موازی ولتاژ در دو سر تمام عناصر مساوی است. بنابراین برای مدارهای خازنی موازی نیز می‌توانیم بنویسیم:

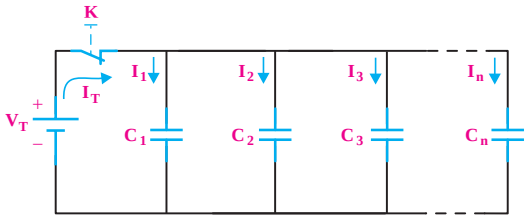


شکل ۴۳-۷ یکسان بودن ولتاژ در مدارهای موازی

$$V_T=V_1=V_2=V_3=...=V_n$$

در مدارموازی شکل ۴۴-۷ جریان یا به عبارت دیگر بار الکتریکی Q به نسبت ظرفیت خازن‌ها در بین شاخه‌ها تقسیم می‌شود بنابراین رابطه‌ی زیر در مدار موازی خازن‌ها صدق خواهد کرد.

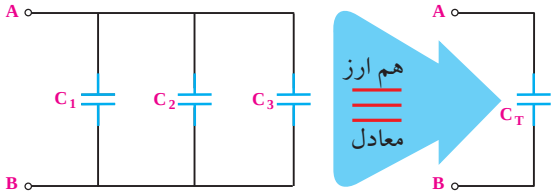
$$Q_T=Q_1+Q_2+Q_3+...+Q_n$$



شکل ۴۴-۷ جریان در مدار موازی

۵-۱۱-۷ ظرفیت خازن معادل مدار

خازنی را که می‌تواند جایگزین تمام خازن های موجود در مدار باشد، خازن معادل می گویند. در شکل ۴۵-۷ خازن معادل نشان داده شده است.



شکل ۴۵-۷ خازن معادل

مقدار ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$C_T=C_1+C_2+C_3+....+C_n$$

تحقیق کنید:

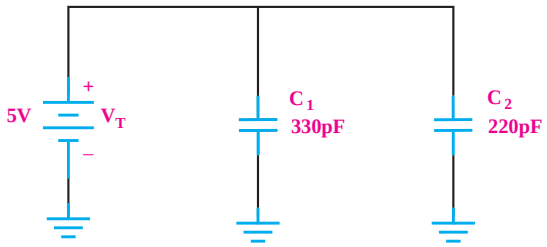
با توجه به روابط مربوط به خازن‌های موازی درستی رابطه‌ی $C_T=C_1+C_2+C_3+....+C_n$ را تحقیق کنید.

تذکر مهم: مقدار ظرفیت خازن معادل در مدار موازی از ظرفیت هر یک از خازن‌های موجود در مدار بیشتر است.

مثال ۸: ظرفیت خازن معادل مدار شکل ۴۶-۷ چند پیکوفاراد است؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۶-۷ به دست آوردن ظرفیت معادل در مدار موازی

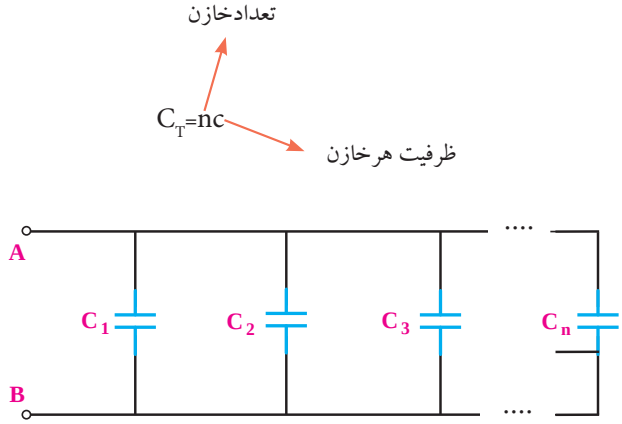
حل:

$$C_T=C_1+C_2=۳۳۰\,PF+۲۲۰\,PF=۵۵۰\,PF$$

$$C_T=۵۵۰\,PF$$

۶-۱۱-۷ بررسی حالت خاص در مدارهای موازی

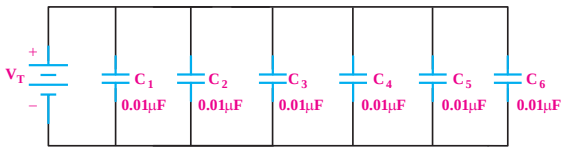
هرگاه n خازن مساوی به صورت موازی اتصال یابند، مطابق شکل ۴۷-۷ ظرفیت خازن معادل از رابطه‌ی زیر به‌دست آورید.



$$C_1=C_2=C_3=\ldots=C_n$$

شکل ۴۷-۷

مثال ۹: ظرفیت خازن معادل در شکل ۴۸-۷ چند میکروفاراد است؟



شکل ۴۸-۷ محاسبه‌ی ظرفیت معادل

حل:

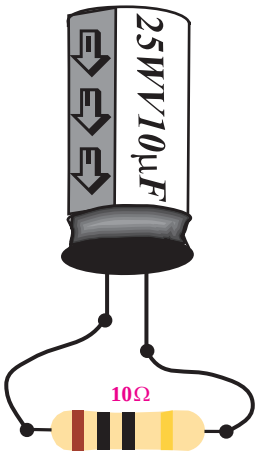
چون خازن‌ها موازی شده مساوی هستند از رابطه‌ی $C_T=nC$ استفاده می‌کنیم:

$$C_T=nC=(۶)(۰/۰۱\,\mu F)=۰/۰۶\,\mu F$$

$$C_T=۰/۰۶\,\mu F$$

۱۲-۷ روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای

با استفاده از اهم‌متر عقربه ای تا حدودی می‌توان به سالم یا معیوب بودن خازن پی برد. برای این کار مطابق شکل ۴۹-۷ ابتدا پایه های خازن را توسط مقاومت ۱۰ اهمی به هم اتصال کوتاه کنید تا خازن در صورت شارژ احتمالی کاملا دشارژ شود.

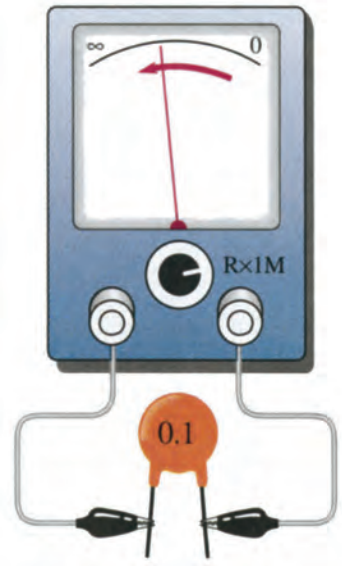


شکل ۴۹-۷ نحوه‌ی تخلیه‌ی خازن

مطابق شکل ۵۰-۷ رنج کلید سلکتور اهم‌متر را در حالت ×۱ قرار دهید و خازن را به آن وصل کنید. اگر خازن سالم باشد عقربه‌ی اهم‌متر ابتدا مقداری منحرف می‌شود و سپس برمی‌گردد و در مکان اولیه‌ی خود قرار می‌گیرد.

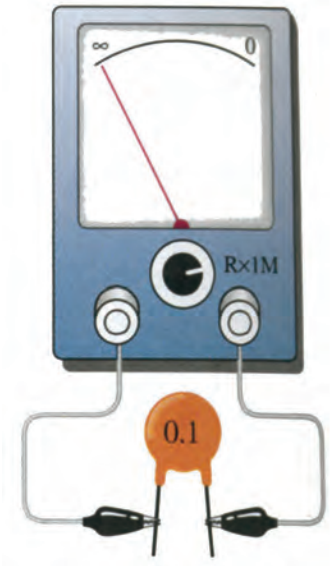
CarGeek.Live

CarGeek.Live



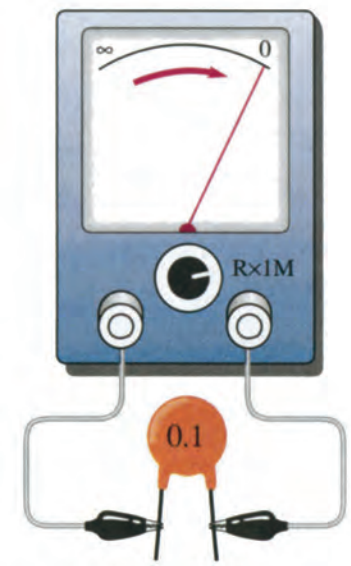
شکل ۵۰-۷ خازن سالم

مطابق شکل ۵۱-۷اگر عقربه کوچکترین انحرافی نداشت به احتمال زیاد خازن قطع شده و معیوب است.



شکل ۵۱-۷ خازن قطع است

در صورتی که مانند شکل ۵۲-۷عقربه حرکت کرد و روی عدد صفر یا یک عدد ثابتی ایستاد در این حالت حتماً خازن اتصال کوتاه شده و معیوب است.



شکل ۵۲-۷ خازن اتصال کوتاه

نکته‌ی مهم:

گاهی ممکن است خازن در تست اهمی سالم نشان دهد.(عقربه‌ی اهم‌متر حرکت کند و باز گردد) ولی عملاً نشتی داشته باشد و هنگام کار درست جواب ندهد. در این حالت برای اطمینان از سلامت خازن از روش جایگزینی استفاده کنید.

۷-۱۳ نحوه‌ی اندازه‌گیری ظرفیت خازن با دستگاه اندازه‌گیری LCR متر

به طور کلی هنگامی که خازنی ساخته می‌شود بر روی بدنه ی خازن، ظرفیت و ولتاژ مجاز آن را می‌نویسند. همچنین ظرفیت خازن را با کدهای رنگی مشخص می کنند. ولتاژ کار مجاز خازن‌ها (Working Voltage) معمولاً ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۵، ۵۰، ۶۳ و ۱۰۰ ولت است. حال اگر ظرفیت خازن به هر دلیلی معلوم نباشد یا روی بدنه‌ی آن پاک شده باشد می‌توان با استفاده از یک دستگاه LCR متر یا دستگاه اندازه‌گیر ظرفیت خازن (به آن فارادمتر نیز گفته می‌شود) ظرفیت خازن مجهول

CarGeek.Live

CarGeek.Live

را انـدازه گرفت. برای این منظور ابتدا دو سـر خازنی را که قرار است ظرفیت آن را اندازه بگیریم اتصال کوتاه می کنیم تا چنان‌چه خازن قبلا شـارژ شده باشد دشارژ شود. سپس آن را به دسـتگاه LCR متر یا خازن سنج وصل می کنیم تا دستگاه مقدار ظرفیت را اندازه بگیرد. شکل ۵۳-۷ چند نمونه دستگاه LCR متر را نشان می‌دهد.

شکل ۵۳-۷ نمونه‌هایی از LCR متر

۱۴-۷ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا: ۱ساعت آموزشی

۱-۱۴-۷ هدف آزمایش:

آزمایش سلامت خازن و تعیین ظرفیت آن

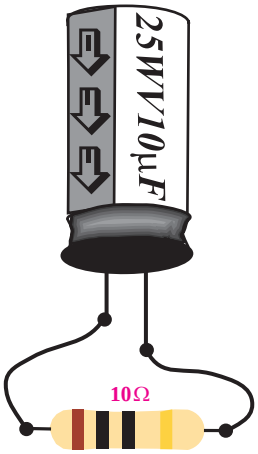
۲-۱۴-۷ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	مولتی متر عقربه ای	یک دستگاه
۲	خازن در انواع و مقادیر مختلف	از هرکدام یک عدد
۳	مقاومت ۱۰Ω	یک عدد
۴	خازن سـنج یا مولتی متر با قابلیت اندازه گیری ظرفیت خازن	یک دستگاه
۵	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۴-۷ مراحل اجرای آزمایش

الف- بررسـی سـالم یا معیوب بودن خازن توسط اهم‌متر عقربه‌ای

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مانند شکل ۵۴-۷ خازن را توسط یک مقاومت ۱۰Ω تخلیه کنید.

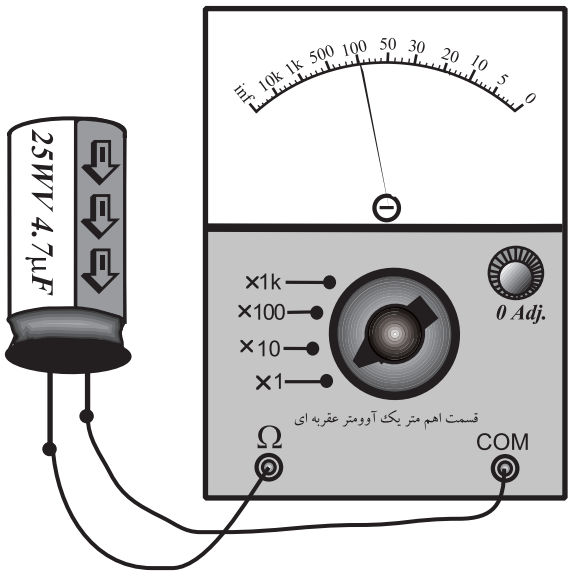


شکل ۵۴-۷ تخلیه‌ی خازن

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حوزه‌ی کار کلید سلکتور اهم‌متر را در حالت ×۱ قرار دهید و خازن را طبق شکل ۵۵-۷ به آن وصل کنید. بهتر است برای این منظور از خازن الکترولیتی استفاده نمایید.



شکل ۵۵-۷ اتصال خازن به اهم‌متر

■ مشاهدات خود را از نحوه‌ی حرکت عقربه‌ی اهم‌متر بیان کنید.

سوال ۳: آیا خازن مورد نظر سالم است؟ توضیح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید مطالب مربوط به روش آزمایش سلامت خازن را مجددا مرور کنید.

ب- اندازه‌گیری و تعیین ظرفیت خازن مجهول

■ تعداد حداقل ۴ نوع خازن از انواع مختلف الکترولیتی، عدسی، سرامیکی و کاغذی را انتخاب و مشخصات آن‌ها را در جدول ۲-۷ یادداشت کنید.

جدول ۲-۷

خازن	نوع خازن	مقدار نوشته شده روی خازن ها	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
C_1	الکترولیتی			
C_2	عدسی			
C_3	سرامیکی			
C_4	کاغذی			

■ همه‌ی خازن‌ها را دشارژ کنید.

■ با استفاده از دستگاه خازن‌سنج مقدار ظرفیت خازن‌های C_1 تا C_4 را اندازه‌گیری کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول ۲-۷ یادداشت نمایید.

سوال ٤: در صورتی که بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۴-۱۴-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

الف)

ب)

آیا می‌دانید

تمیز کردن سطح چراغ‌ها، لامپ‌ها و سطوح دیوارها سبب افزایش شدت روشنایی می‌شود؟

۱۵-۷ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۱-۱۵-۷ هدف‌های آزمایش

بررسی خازن‌ها به صورت سری و موازی در جریان DC

۲-۱۵-۷ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	بردبرد یا برد آزمایشگاهی	یک عدد
۴	خازن سنج	یک دستگاه
۵	خازن ۲/۲ µF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	یک عدد
۶	خازن ۱۰ µF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	سه عدد
۷	خازن ۴/۷ µF با حداقل ولتاژ کار ۶ ولت	یک عدد
۸	مقاومت اهمی	یک عدد
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۵-۷ مراحل اجرای آزمایش:

الف- بررسی مدار خازن‌ها به صورت سری در جریان مستقیم

■ هر یک از خازن‌های C_1، C_2 و C_3 را با توجه به مقادیری که روی آن‌ها نوشته شده است با دستگاه LCR متر یا خازن سنج اندازه‌گیری کنید و مقادیر به دست آمده را در جدول ۳-۷ بنویسید.

CarGeek.Live

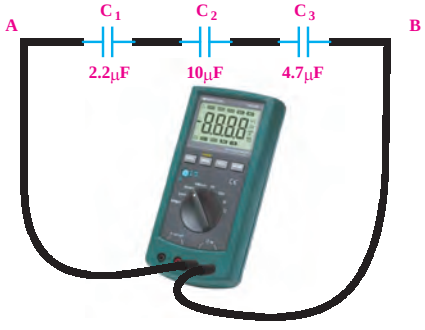
CarGeek.Live

جدول ۳-۷

خازن	مقدار نوشته شده	مقدار اندازه گیری شده	میزان اختلاف
$C_۱$			
$C_۲$			
$C_۳$			

سوال ۵: در صورتی که بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار نوشته شده روی خازن اختلاف وجود دارد علت را توضیح دهید.

■ سه خازن $C_۱$، $C_۲$ و $C_۳$ را مطابق شکل ۷-۵۶ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LCR متر یا خازن سنج ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه‌ی A و B اندازه بگیرید.



شکل ۷-۵۶ خازن‌های سری

C_{AB}= ..... μF اندازه‌گیری

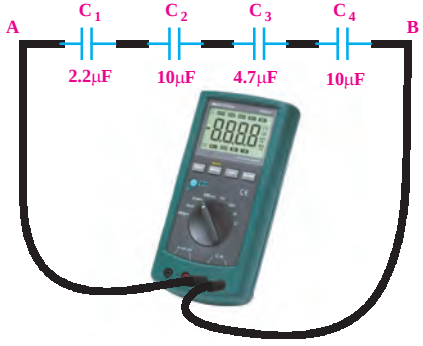
■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید.

$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}$$

C_{AB}= ..... μF محاسبه

سوال ۶: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارند؟ چرا؟ شرح دهید.

■ خازن $C_۴ = ۱۰\ \mu F$ را مطابق شکل ۷-۵۷ به مدار قبلی اضافه کنید. ظرفیت خازن معادل را با استفاده از دستگاه LCR متر یا خازن سنج اندازه بگیرید.



شکل ۷-۵۷ مدار آزمایش

C_{AB}= ..... μF اندازه‌گیری

■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی زیر محاسبه کنید:

$$\frac{۱}{C_T}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}+\frac{۱}{C_۴}$$

CarGeek.Live

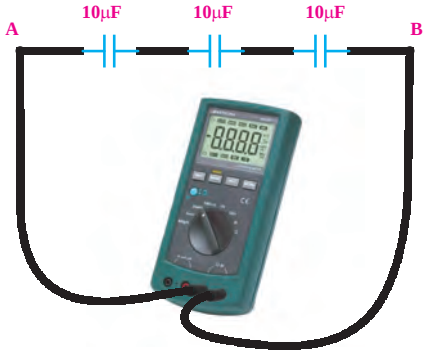
CarGeek.Live

C_{AB}=..... محاسبه

سوال۷: ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله‌ی قبل چه تغییری کرده است؟شرح دهید.

سوال۸: آیا ظرفیت خازن معادل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است علت را شرح دهید.

■ سه خازن ۱۰μF مطابق شکل ۵۸-۷ به صورت سری اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با دستگاه LCRمتر یا خازن سنج اندازه بگیرید.



شکل ۵۸-۷ مدار آزمایش

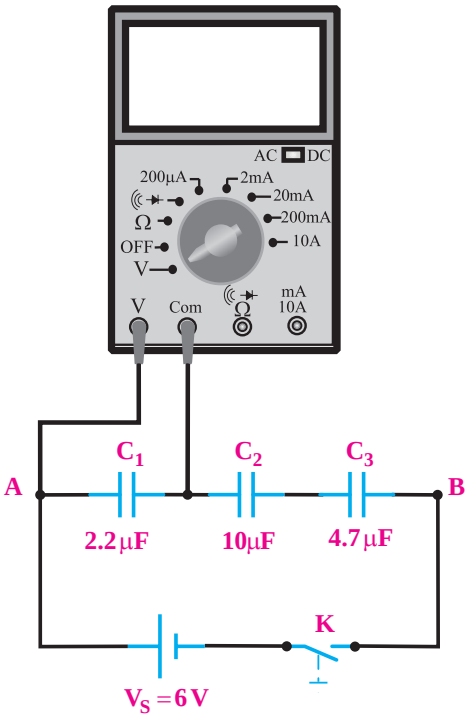
C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری

■ مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی $C_T = \frac{C}{n}$ محاسبه کنید.

C_{AB}=..... μF محاسبه

سوال۹: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده،مطابقت دارد؟ شرح دهید.

■ مدار شکل ۵۹-۷ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۵۹-۷ مدار آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و پس از سپری شدن مدت زمان حدود ده ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه‌بگیرید.

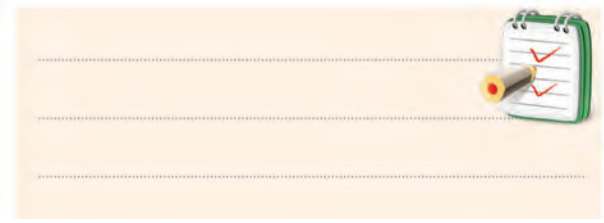
V_{C_1}= V

■ منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت‌متر را یک بار در دو سر خازن C_2 و بار دیگر در دو سر خازن C_3 اتصال دهید. ولتاژ دو سر هر یک از خازن‌های C_2 و C_3 را اندازه‌گیری کنید.

V_{C_2}= V

V_{C_3}= V

سوال ۱۰: از مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟شرح دهید.

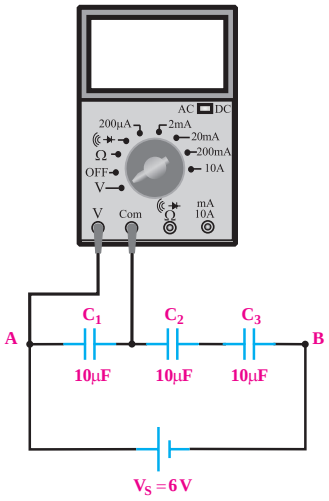


■ سه خازن ۱۰ μF را مطابق شکل ۶۰-۷ به صورت سری اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.

V_{C_1}= V

V_{C_2}= V

V_{C_3}= V

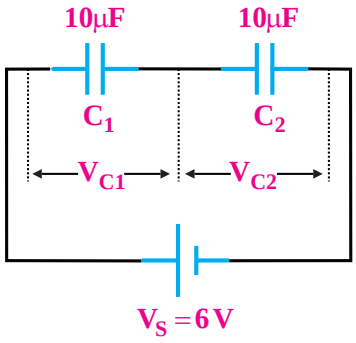


شکل ۶۰-۷ مدار آزمایش

■ دو خازن ۱۰ μ F را مطابق شکل ۶۱-۷ به صورت سری ببندید و درستی رابطه‌ی تقسیم ولتاژ خازنی را تحقیق کنید.

$$V_{C_1} = V\frac{C_2}{C_1 + C_2}$$

$$V_{C_2} = V\frac{C_1}{C_1 + C_2}$$



شکل ۶۱-۷

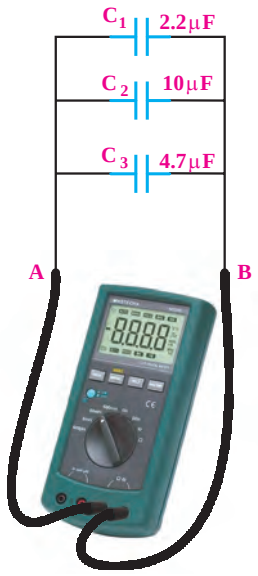
ب– بررسی مدارهای خازنی موازی در جریان مستقیم

■ سه خازن را مطابق شکل ۶۲-۷ روی بردبرد به صورت موازی اتصال دهید و با استفاده از یک دستگاه LCRمتر یا

CarGeek.Live

CarGeek.Live

خازن سنج ظرفیت خازن معادل مدار را از دو نقطه‌ی A و B اندازه بگیرید.



شکل ۶۲-۷ خازن‌های موازی

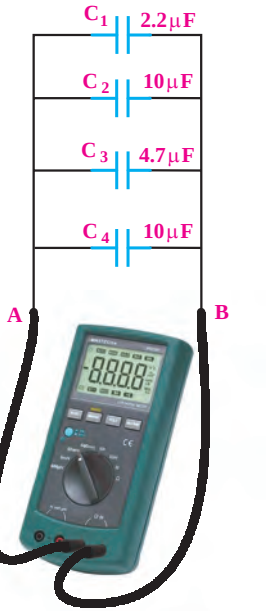
C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری

■ مقدار ظرفیت خازن را از رابطه‌ی $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

C_{AB}=..... μF محاسبه

سوال ۱۱: آیا مقدار اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ شرح دهید.

■ خازن $C_4 = 10\,\mu F$ را مطابق شکل ۶۳-۷ به مدار اضافه کنید و سپس ظرفیت خازن معادل را با استفاده از دستگاه LCR متر (خازن سنج) اندازه بگیرید.



شکل ۶۳-۷ خازن‌های موازی

C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری

مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی $C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$ محاسبه کنید.

C_{AB}=..... μF محاسبه

سوال ۱۲: ظرفیت خازن معادل نسبت به مرحله‌ی قبل چه تغییری کرده است؟ توضیح دهید.

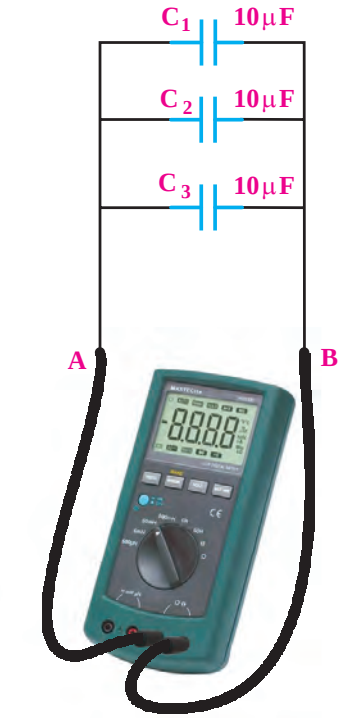
سوال ۱۳: آیا ظرفیت خازن معادل اندازه‌گیری شده و محاسبه شده با هم مطابقت دارد؟ در صورتی که جواب منفی است، علت را شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ سه خازن ۱۰ μF را مطابق شکل ۶۴-۷ به صورت موازی اتصال دهید و ظرفیت خازن معادل را با دستگاه LCR متر (خازن سنج) اندازه‌گیری کنید.

C_{AB}=..... μF اندازه‌گیری



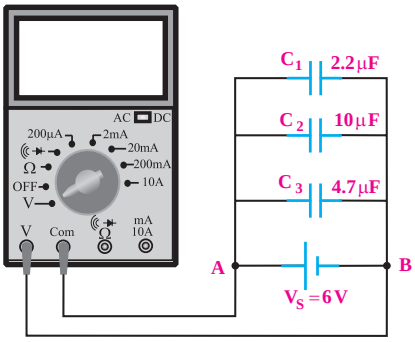
شکل ۶۴-۷

مقدار ظرفیت معادل را از رابطه‌ی $C_T = C_1 + C_2 + C_3$ محاسبه کنید.

C_{AB}=..... μF محاسبه

سوال ۱۴: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر محاسبه شده مطابقت دارد؟ شرح دهید.

مدار شکل ۶۵-۷ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۶۵-۷

کلید منبع تغذیه را وصل کنید و پس از سپری شدن مدت زمان حدود ۱۰ ثانیه ولتاژ دو سر خازن C_1 را اندازه‌گیری کنید.

V_{C_1}=..... V اندازه‌گیری

منبع تغذیه را خاموش کنید و سپس ولت‌متر را به دو سر خازن‌های C_2 و C_3 اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را اندازه‌گیری کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

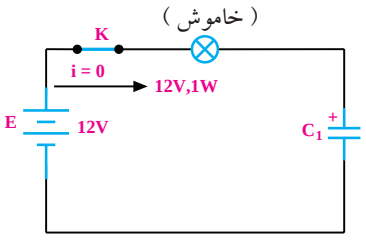
الف–

ب–

۷–۱۶ خازن در جریان متناوب

۷–۱۶–۱ عملکرد خازن در جریان متناوب (AC)

اگر یک خازن را به ولتاژ DC وصل کنیم خازن بلافاصله شارژ می‌شود و جریان گذرنده از آن به صفر می‌رسد. همان‌طور که در شکل ۷–۶۷ ملاحظه می‌شود اگر در مسیر خازن مصرف کننده‌ای مانند لامپ قرار گیرد، با وصل کلید (K) جریان عبوری از مدار صفر می‌شود و لامپ به حالت خاموش می‌رود.



شکل ۷–۶۷ خازن در ولتاژ DC

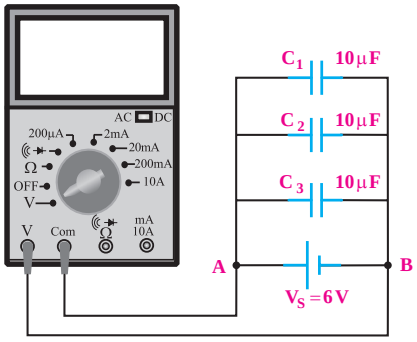
اگر یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی را به دو سر خازن وصل کنیم، جریان متناوب سینوسی از خازن عبور می‌کند.

$V_{C_۲}$ اندازه‌گیری =..... V

$V_{C_۳}$ اندازه‌گیری =..... V

سوال ۱۵: از مقایسه‌ی مقادیر به دست آمده با ولتاژ منبع تغذیه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ شرح دهید.

■ سه خازن ۱۰ μF را مطابق شکل ۷–۶۶ به صورت موازی اتصال دهید و ولتاژ دو سر هر یک را به طور جداگانه اندازه بگیرید.



شکل ۷–۶۶

$V_{C_۱}$ =..... V

$V_{C_۲}$ =..... V

$V_{C_۳}$ =..... V

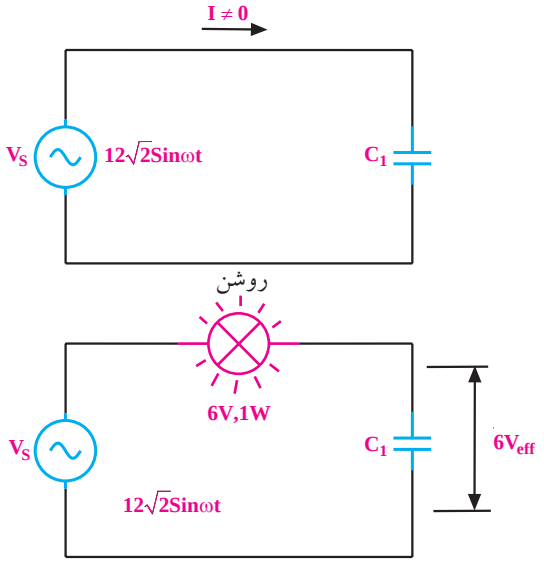
۷–۱۵–۴ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

عبـور جریان از مدار به دلیل شـارژ و دشـارژ خـازن در نیم سیکل‌های مثبت و منفی ولتاژ متناوب سینوسی است. به همین دلیل خازن در مدارهای جریان متناوب نوعی مقاومت از خود نشان می‌دهد که باعث محدود شدن جریان در مدار می‌شود. همان‌طور که در شکل ۶۸-۷ مشاهده می‌شود، با اتصال خازن به ولتاژ متناوب، جریان عبوری صفر نیست و لامپ در حالت روشن باقی می‌ماند.



شکل ۶۸-۷ عبور جریان متناوب از خازن

نکته‌ی مهم:

لامپ زمانی روشـن می‌ماند که جریان عبوری از خازن بتوانـد توان مورد نیاز برای روشـن شـدن لامـپ را تامین کنید.

۲-۱۶-۷ رآکتانس خازنی

مقاومتـی را که خـازن در جریان متناوب از خود نشـان می‌دهد، رآکتانس خازنی می‌گویند.

رآکتانـس خازنی را با X_c نشـان می‌دهد. مقـدار X_c از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$X_C = \frac{V_S}{I_T} = \frac{۱}{۲\pi fc}$$

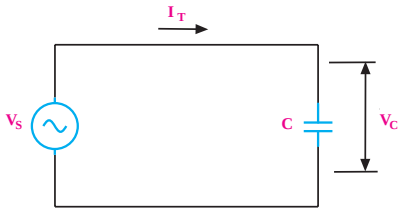
$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc}$$

ظرفیت بر حسب فاراد

راکتانس خازنی بر حسب اهم

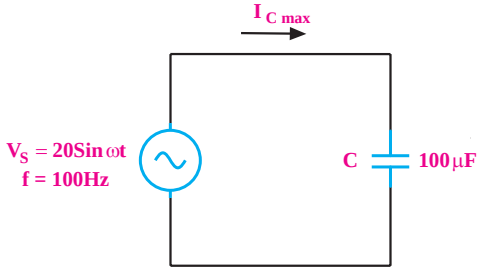
فرکانس بر حسب هرتز

در شـکل ۶۹-۷ ولتاژ دو سر خازن و جریان عبوری از آن نشان داده شده است.



شکل ۶۹-۷ محاسبه‌ی مقدار مقاومت خازنی (X_c)

مثال ۱۰: در شـکل ۷۰-۷ جریان ماکزیمـم عبوری از خازن ($I_{c\,max}$) چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۷۰-۷

حل:

ابتدا رآکتانس خازنی را محاسبه می‌کنیم:

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc} = \frac{۱}{۲\pi \times ۱۰۰ \times ۱۰۰ \times ۱۰^{-۶}} = \frac{۱۰^{۶}}{۲۰۰۰\pi} = \frac{۵۰}{\pi}$$

سپس جریان عبوری از مدار را محاسبه می‌کنیم:

CarGeek.Live

CarGeek.Live

$$I_{cmax} = \frac{V_m}{X_C} = \frac{۲۰}{\frac{۵۰}{\pi}} = \frac{۲۰\pi}{۵۰} = ۰/۴\pi$$

$$I_{cmax} = ۱/۲۵۶\,A$$

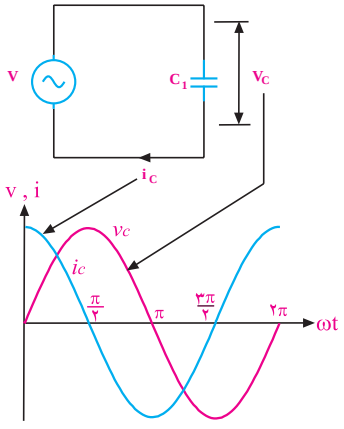
نکته‌ی مهم:

چـون در مدار خازنـی توان به صـورت حرارت تلف نمی‌شـود لـذا عملا ولتـاژ و جریان موثر وجـود ندارد. به جریـان عبوری از خازن و ولتاژ دو سـر آن، جریان و ولتاژ راکتیو یـا غیر مفید می‌گویند. نـام رآکتانس خازنی نیز به همین دلیل انتخاب شده است.

۳–۱۶–۷ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی

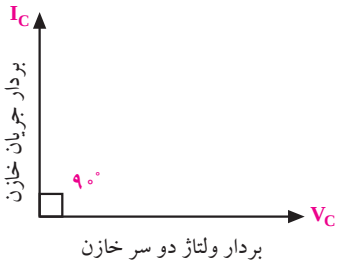
اگر در یک مدار الکتریکی بـا منبع جریان متناوب، فقط یک خازن وجود داشته باشد، جریان عبوری از مدار به اندازه‌ی ۹۰ درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می‌کند.

در شـکل ۷–۷۱، شـکل جریان گذرنده از خازن و شکل ولتاژ دو سـر خازن رسم شده اسـت. همان‌طور که در شکل ۷–۷۱ مشـاهده می‌شـود جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ جلوتر است.



شکل ۷–۷۱ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار خازنی

ولتاژ و جریان دو سر خازن را می‌توان به صورت دو بردار کـه با یک‌دیگر ۹۰ درجـه اختلاف فاز دارند نشـان داد. در شـکل ۷–۷۲ نمایش برداری جریان و ولتاژ دو سر خازن نشان داده شده است.



شکل ۷–۷۲ نمایش برداری جریان و ولتاژ دو سر خازن

۷–۱۷ اندازه‌گیری زاویه‌ی اختلاف فاز توسـط اسیلوسکوپ

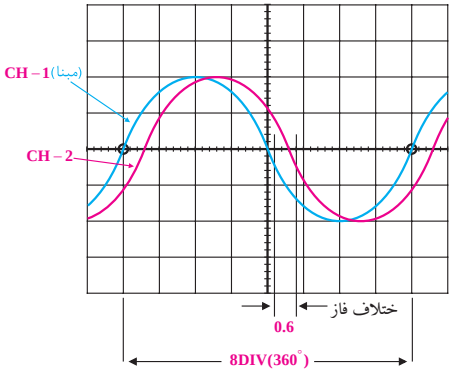
یکـی از کاربردهـای جالب اسیلوسـکوپ اندازه‌گیری اختلاف فاز است. در این مورد دو روش متداول است.

الف– روش مستقیم

ب– استفاده از منحنی‌های لیساژور

۱–۱۷–۷ روش مستقیم

چنان‌چه دو موج هم‌فرکانس باشند، با داشتن اسیلوسکوپ دو کاناله به آسانی می‌توانیم هر یک از دو موج را به دو کانال اسیلوسکوپ بدهیم و با مشـاهده‌ی هم‌زمان دو موج بر روی صفحه‌ی نمایش اختلاف فاز را اندازه‌گیری کنیم، شکل ۷–۷۳.



شکل ۷–۷۳ اندازه‌گیری اختلاف فاز دو موج با روش مستقیم

CarGeek.Live

CarGeek.Live

هنگام اندازه‌گیری بهتر است کلید سلکتور Time/Div و پتانسیومتر متغیر (Variable) را به نحوی تنظیم کنیم که یکی از موج‌ها درست در وسط صفحه‌ی اسیلوسکوپ قرار بگیرد و یک پریود آن برابر با ۸ تقسیم‌بندی صفحه‌ی اسیلوسکوپ در جهت افق شود.

در این صورت هر تقسیم‌بندی افقی معادل ۴۵ درجه خواهد بود. زیرا زاویه‌ی یک پریود کامل برابر با ۳۶۰ درجه است.

بنابراین:

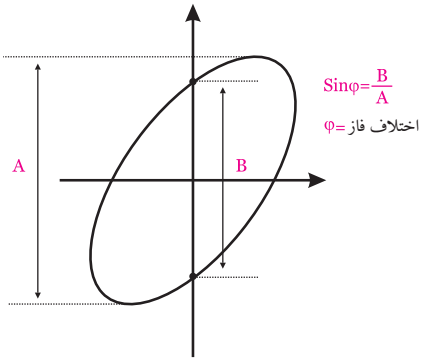
$$\text{هر تقسیم افقی} \quad \frac{۳۶۰}{۸} = ۴۵ \quad \text{درجه}$$

برای مثال اگر در شکل موج نشان داده شده اختلاف فاز بین دو موج به ازای ۰/۶ تقسیم‌بندی باشد، میزان اختلاف فاز برابر با ۲۷ درجه خواهد شد. زیرا:

اختلاف فاز ۰/۶×۴۵= ۲۷ درجه

۷-۱۷-۲ با استفاده از منحنی‌های لیساژور

با استفاده از اسیلوسکوپ در حالت x-y می‌توانیم اختلاف فاز بین دو شکل موج را اندازه بگیریم. برای این منظور ابتدا اسیلوسکوپ را در حالت x-y قرار می‌دهیم سپس موج مبنا را به ورودی x و موج دیگر را به ورودی y وصل می‌کنیم. در نهایت سلکتورهای Volts/DIV و پتانسیومترهای متغیر را برای ایجاد تصویر مناسب تنظیم می‌نماییم. میزان اختلاف فاز با استفاده از روش لیساژور بر اساس شکل ۷-۷۴ به شرح زیر قابل محاسبه است.



شکل ۷-۷۴ محاسبه‌ی اختلاف فاز با استفاده از منحنی لیساژور

در حالت‌های خاص، چنانچه دو موج هم‌فرکانس باشند یکی از شش حالت نشان داده در شکل ۷-۷۵ به وجود می‌آید.

$\varphi = 180^\circ$ ۱۸۰ درجه اختلاف فاز	$\varphi = 0$ دارای اعوجاج و بدون اختلاف فاز	$\varphi = 0$ بدون اعوجاج و بدون اختلاف فاز
$\varphi = 90^\circ$ ۹۰ درجه اختلاف فاز	$0 < \varphi < 90^\circ$ دارای اعوجاج و دارای اختلاف فاز	$0 < \varphi < 90^\circ$ بدون اعوجاج و دارای اختلاف فاز

شکل ۷-۷۵ حالت‌های خاص منحنی لیساژور

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۸–۷ آزمایش شماره‌ی (۴)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۱–۱۸–۷ هدف آزمایش:

بررسی تاثیر ظرفیت خازن روی رآکتانس خازنی و اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در مدار خازنی.

توجه

چون مولتی‌مترها در اندازه‌گیری جریان متناوب (AC) دقت کاملی ندارند، از مولتی‌متر مرغوب استفاده کنید.

۲–۱۸–۷ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	سیم رابط دو سرگیره‌دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۴	سیم رابط یک سرگیره‌دار ۵۰ سانتی‌متری	به مقدار کافی
۵	خازن ۰/۱ میکروفاراد ۳۵ ولت از نوع کاغذی	یک عدد
۶	خازن ۰/۰۱ میکروفاراد ۳۵ ولت از نوع کاغذی	یک عدد
۷	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۸	مقاومت اهمی ۲/۲ KΩ	یک عدد
۹	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

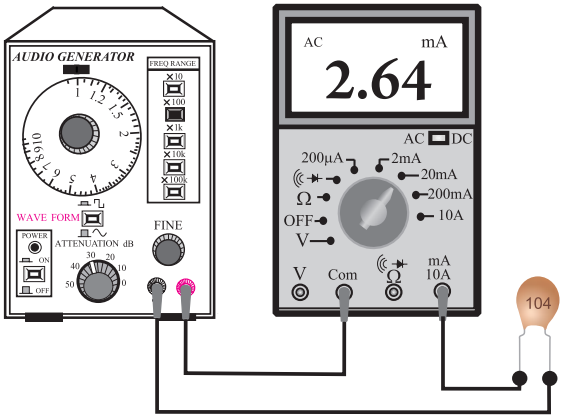
توجه

خازن‌هایی را در جریان متناوب به کار ببرید که برای جریان متناوب ساخته شده باشند. روی بدنه‌ی این خازن‌ها علامت‌های «+» و «–» وجود ندارد. معمولا ظرفیت خازن‌هایی که در جریان متناوب به کار می‌روند خیلی کم است. این خازن ها را قطبی نشده می‌نامند.

۳–۱۸–۷ مراحل اجرای آزمایش

الف– بررسی تأثیر ظرفیت خازن در رآکتانس خازنی.

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۷۶–۷ را ببندید.



شکل ۷۶–۷ مدار آزمایش

- سیگنال ژنراتور را روشن کنید و فرکانس آن را روی ۱KHz بگذارید.
- شکل موج خروجی سیگنال ژنراتور را روی سینوسی قرار دهید و ولوم تنظیم دامنه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ حوزه‌ی کار میلی‌آمپر متر را روی ۲۰ mA قرار دهید.

■ جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

I= .....mA

■ خازن ۰/۱μ F را با خازن ۱۰ nF تعویض کنید و مجدداً مدار آزمایش ۷-۷۶ را ببندید.

■ حوزه‌ی کار میلی آمپرمتر را روی ۲mA قرار دهید.

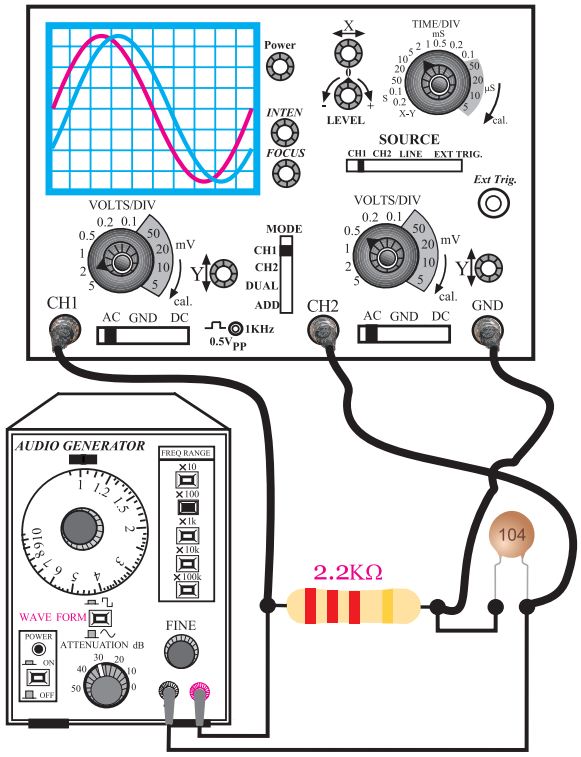
■ جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

I= .....

سوال ۱۶: چرا با کاهش ظرفیت خازن، میلی‌آمپرمتر AC جریان کم‌تری را نشان‌می‌دهد؟ توضیح دهید.

ب- بررسی اختلاف فاز بین ولتاژ دو سر خازن و جریان گذرنده از آن.

■ مدار شکل ۷-۷۷ را ببندید.



شکل ۷-۷۷ مدار آزمایش

نکته‌ی مهم:

زمین سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ نباید با هم مشترک باشند.

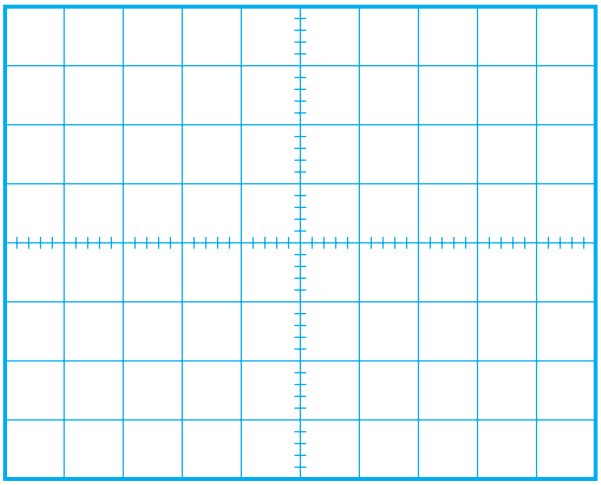
■ سیگنال ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ۶ ولت تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن و تنظیم‌های لازم را روی آن انجام دهید.

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را در شکل ۷-۷۸ رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۷-۷۸ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه‌ی اسیلوسکوپ

توجه

شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی در حقیقت همان شکل موج جریان گذرنده از خازن است.

سوال ۱۷: شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی که در کانال CH۱ ظاهر می‌شود با شکل موج ولتاژ دو سر خازن که در کانال CH۲ ظاهر می‌شود، چند درجه اختلاف فاز دارد؟ نحوه‌ی محاسبه‌ی اختلاف فاز را شرح دهید.

در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبل مراجعه و مطالب را مجدداً مرور کنید.

۷-۱۸-۴ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

الف .....

ب .....

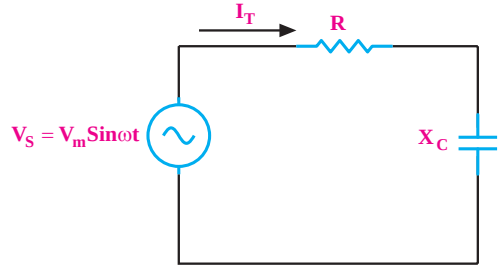
۷-۱۹ مدار RC سری

اگر یک خازن و یک مقاومت اهمی را مطابق شکل ۷-۷۹ به صورت سری ببندیم و به منبع ولتاژ متناوب سینوسی وصل کنیم، جریانی از مدار عبور می‌کند که مقدار موثر آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$I_T = I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

توجه

در مدار RC سری چون جریان عبوری از خازن و مقاومت برابر است، جریان کل با جریان موثر برابر می‌شود.



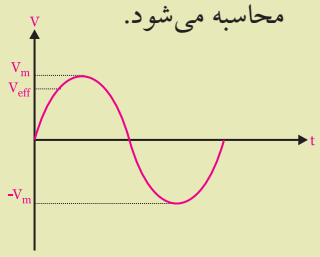
شکل ۷-۷۹ مدار RC سری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

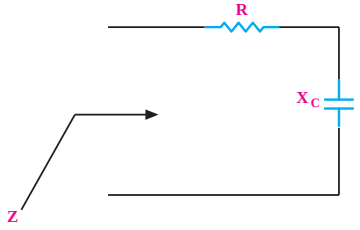
توجه

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



۱-۱۹-۷ امپدانس مدار RC سری (z)

اگر یک مدار الکتریکی شامل مقاومت اهمی (R) و خازن (C) را مطابق شکل ۸۰-۷ با ولتاژ متناوب سینوسی تغذیه کنیم، مقاومتی را که این مدار از خود نشان می‌دهد، امپدانس یا مقاومت ظاهری می‌گویند و با حرف Z مشخص می‌کنند. واحد امپدانس اهم است. امپدانس مدار RC هر دو خاصیت اهمی و خازنی را در بر می‌گیرد.



شکل ۸۰-۷ امپدانس مدار RC سری

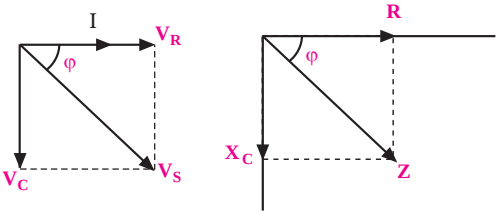
در یک مدار RC سری، مقدار Z از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}\ (\Omega)$$

در این مدار متناسب با مقادیر R و c، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر کند. مقدار دقیق اختلاف فاز بستگی به مقدار R و X_C دارد.

۲-۱۹-۷ دیاگرام برداری در مدار RC سری

در یک مدار RC سری، مقادیر R و X_C و Z را مانند شکل ۸۱-۷ -الف می‌توان به صورت برداری نشان داد.



ب- دیاگرام برداری ولتاژها — الف- دیاگرام برداری امپدانس

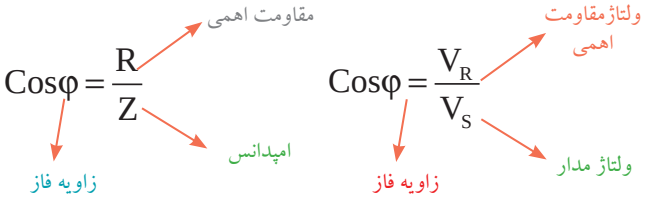
شکل ۸۱-۷ دیاگرام‌های برداری

در این شکل زاویه‌ی φ (فی) اختلاف فاز بین جریان (I) و ولتاژ مدار (V_s) را نشان می‌دهد.

φ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z}$$

از روی دیاگرام برداری ولتاژها و امپدانس می‌توان اختلاف فاز (φ) را به صورت‌های زیر نوشت.



در مدارهای RC سری، ولتاژ دو سر هریک از عناصر مدار از روابط زیر به دست می‌آید:

ولتاژدو سرمقاومت اهمی $V_R = I_{eff} \cdot R$

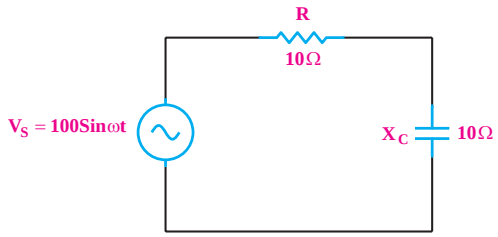
ولتاژدو سرخازن $V_C = I_{eff} \cdot X_C$

ولتاژ کل مدار $V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ۱۱: در شکل ۸۲-۷ جریان موثر مدار و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را به دست آورید.



شکل ۸۲-۷

حل:

چون جریان مدار با ولتاژ دو سر مقاومت هم‌فاز است می توانیم آن را جریان موثر در نظر بگیریم.

مقدارموثر $I_T = \frac{V_s}{z}$ مقدارموثر

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{1/41} = 70/7 \text{ ولت}$$

$$z = \sqrt{R^2 + X_c^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200} = 14/14\,\Omega$$

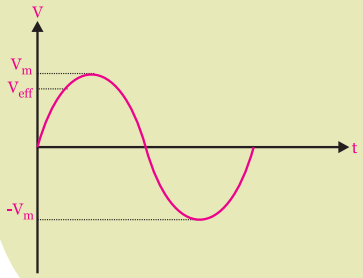
مقدارموثر $I_T = \frac{70/7}{14/14} = 5A$

$$\cos\varphi = \frac{R}{z} = \frac{10}{14/14} \simeq 0/7$$

با استفاده از جدول مثلثاتی $\varphi = 45^\circ$

توجه

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ مؤثّری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



نکتهٔ مهم:

همان طور که مشاهده می‌شود، عملاً در مدار دو نوع ولتاژ وجود دارد. ۱- ولتاژ دو سر مقاومت که با جریان مدار هم‌فاز است و توان مؤثّر مدار را مصرف می کند. ۲- ولتاژ دو سر خازن که از جریان مدار ۹۰ درجه عقب است. این ولتاژ را ولتاژ راکتیو می‌نامند که توان راکتیو را در مدار به وجود می‌آورد.

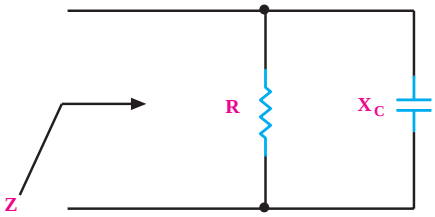
توجه

تمامی مقادیر ولتاژ و جریانی که در مثال‌ها و مسائل نوشته شده است، بر حسب مقدار موثر می باشد. به جز مواردی که معادله‌ی موج مورد نظر نوشته شده باشد.

به عنوان مثال $V_S = 120V$ یعنی مقدار ولتاژ V_s، ۱۲۰ ولت موثر است.

۷-۲۰ مدار RC موازی

در مدار RC موازی مقاومت و خازن، به صورت موازی قرار می گیرند. عامل مشترک در این مدار و سایر مدارهای موازی ولتاژ است، شکل ۸۳-۷.



شکل ۸۳-۷ مدار RC موازی

CarGeek.Live

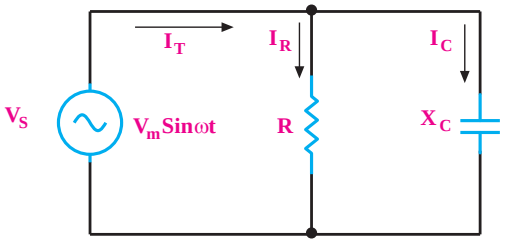
CarGeek.Live

۷–۲۰–۱ امپدانس مدار RC موازی

امپدانس مدار RC موازی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_C^{\ ۲}}$$

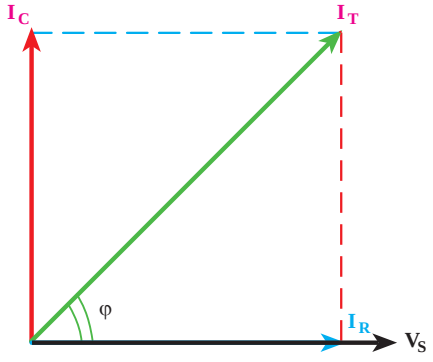
در شکل ۷–۸۴ جریان‌های مدار RC موازی نشان داده شده است.



شکل ۷–۸۴ جریان‌های مدار RC موازی

۷–۲۰–۲ دیاگرام برداری مدار RC موازی

دیاگرام برداری جریان‌های مدار مطابق شکل ۷–۸۵ رسم می‌شوند.



شکل ۷–۸۵ دیاگرام برداری ولتاژ و جریان‌های مدار RC موازی

با توجه به دیاگرام برداری در یک مدار RC موازی، برای جریان‌های مدار روابط زیر نیز بر قرار است.

$$I_R=\frac{V_s}{R} \quad و \quad I_c=\frac{V_s}{X_C}$$

$$I=\sqrt{I_R^{\ ۲}+I_C^{\ ۲}}$$

$$\cos\varphi=\frac{z}{R} \quad و \quad \cos\varphi=\frac{I_R}{I_T}$$

جریان موثر کل مدار نیز از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$I_T=I_{eff}=\frac{V_{eff}}{z} \quad (\text{مقدار موثر})$$

مثال ۱۲: خازنی به ظرفیت ۱۰۰۰ میکروفاراد با یک مقاومت ۴ اهمی به طور موازی به ولتاژ متناوب ۱۲۰ ولتی با فرکانس ۵۰ هرتز اتصال داده شده است. مطلوب است:

الف– جریان هر یک از عناصر

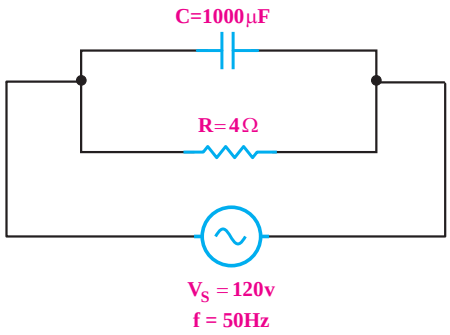
ب– جریان کل مدار

ج– امپدانس مدار

د– اختلاف فاز φ

حل:

با توجه به توضیحات مطرح شده شکل مدار را مطابق شکل ۷–۸۶ می‌توان رسم کرد.



شکل ۷–۸۶ مدار RC موازی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

$$X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\times 3/14\times 50\times 1000\times 10^{-6}}$$

$$X_C \simeq 3\Omega$$

$$I_R = \frac{V_s}{R} = \frac{120}{4} = 30A \qquad I_R = 30A$$

$$I_C = \frac{V_s}{X_c} = \frac{120}{3} = 40A \qquad I_C = 40A$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50A \qquad I_T = 50A$$

$$Z = \frac{V_s}{I_T} = \frac{120}{50} = 2/4\Omega \qquad Z = 2/4\Omega$$

$$\cos\varphi = \frac{Z}{R} = \frac{2/4}{4} = 0/6 \Rightarrow \varphi = 53^\circ$$

۷-۲۰ آزمایش شماره‌ی (۵)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۷-۲۱-۱ هدف آزمایش:

بررسی امپدانس در مدارهای RC سری و موازی و تحقیق رابطه‌ی $V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

۷-۲۱-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	دو دستگاه
۲	خازن ۰/۱ μf و ۱۰ nf	از هر کدام یک عدد
۳	مقاومت ۱KΩ و ۱۵KΩ	از هر کدام یک عدد
۴	فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۵	سیم رابط دو سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی متری	شش رشته
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی متری	چهار رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

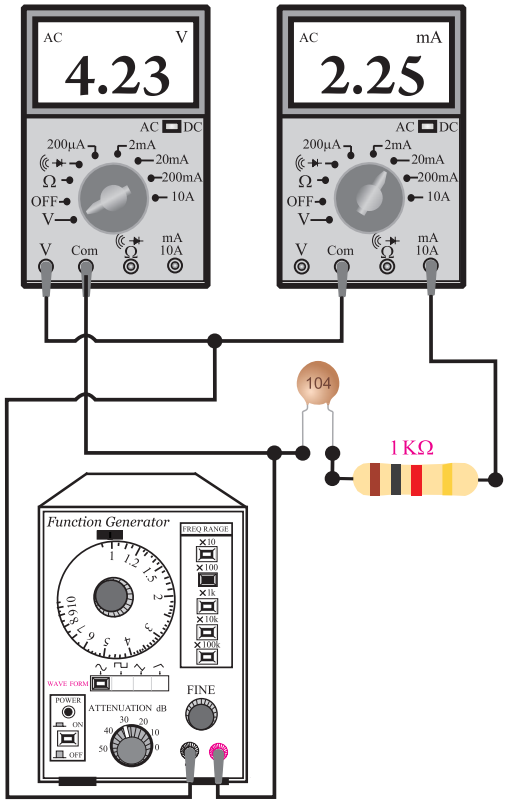
۷-۲۱-۳ مراحل اجرای آزمایش:

الف: به‌دست آوردن امپدانس یک مدار RC سری و تحقیق رابطه‌ی $V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۷-۸۷ را ببندید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸۷-۷ مدار آزمایش

توجه

در صورتی که دو یا ۳ مولتی‌متر در اختیار ندارید از یک مولتی‌متر استفاده کنید.

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متری را که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید، در حالت AUTO و یا رنج ۲۰ ولت قرار دهید. کلید AC-DC را در حالت AC بگذارید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متر را که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به کار برده‌اید روی ۲۰ mA قرار دهید و کلید AC-DC را در حالت AC بگذارید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول زیر یادداشت کنید:

V..... = مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

mA ..... = مقدار جریانی که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد.

■ با استفاده از مقادیر ولتاژ و جریان، امپدانس را محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z = \frac{V\ (\text{ولت})}{I\ (\text{آمپر})} = \frac{.....}{.....} = ...\Omega$

اندازه گیری $Z = ...\Omega$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi.f.C} = \frac{۱}{۲\times۳/۱۴\times۵۰\times C} = \frac{۱}{۳۱۴C}$$

$X_C = ...\Omega$

$R = ...\Omega$

$Z = \sqrt{R^۲ + X_C{}^۲} = \sqrt{(....)^۲ + (....)^۲} = \sqrt{....}\Omega$

محاسبه $Z = ...\Omega$

سوال ۱۸: آیا مقدار z اندازه‌گیری شده با مقدار Z که از طریق محاسبه‌ی ریاضی به‌دست آمده است تقریبا با هم برابرند؟ توضیح دهید.

مدار شکل ۸۸-۷ را ببندید.

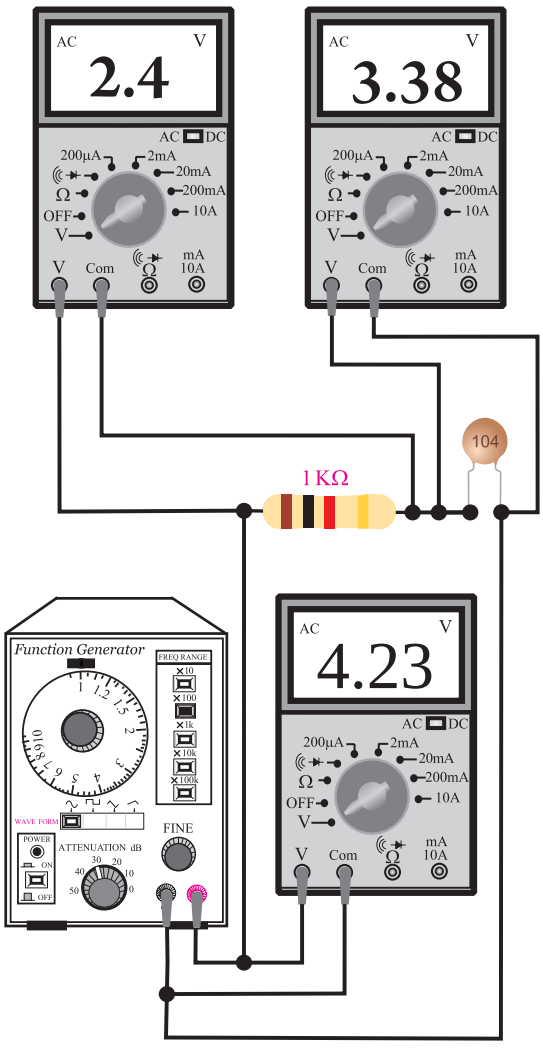
CarGeek.Live

CarGeek.Live

هر دو مولتی‌متر را در حالت ولت‌متر AC بگذارید.

توجه

چنانچه سه مولتی متر در اختیار ندارید از یک مولتی متر استفاده کنید.



شکل ۸۸-۷ مدار آزمایش

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌مترهای AC نشان می‌دهند یادداشت کنید.

V_R=..... ولتاژ دوسر مقاومت اهمی

V_C=..... ولتاژ دوسر خازن

■ یکی از ولت‌مترها را از مدار جدا کنید و با آن ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور را اندازه بگیرید.

V_S=..... ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور

■ مقادیر V_R و V_C را در رابطه‌ی زیر قرار دهید و مقدار V_S را محاسبه کنید.

$V_s = \sqrt{V_R^2 + V_C^2} = \sqrt{(....)^2 + (....)^2} = \sqrt{.....}$ ولتاژ ورودی

$V_s = ...\ V$ محاسبه

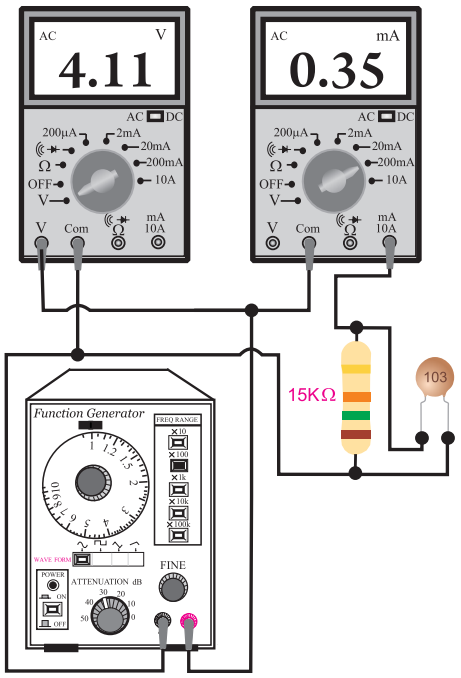
سوال ۱۹: آیا مقدار V_s محاسبه شده با مقدار V_S اندازه‌گیری شده در خروجی فانکشن ژنراتور تقریبا برابر است؟ توضیح دهید.

ب: امپدانس یک مدار RC موازی

مدار شکل ۸۹-۷ را ببندید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۸۹-۷ مدار عملی آزمایش

■ کلید سلکتور مولتی‌متر را که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت و کلید AC-DC را در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متر را که به عنوان میلی‌آمپرمتر AC به کار برده‌اید روی رنج مناسب بگذارید و کلید AC-DC را در حالت AC قرار دهید.

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۶ ولت سینوسی تنظیم کنید.

■ مقدار ولتاژی را که ولت‌متر و مقدار جریانی را که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

جریان مدار I = ... mA

ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور V = ... V

■ با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده، امپدانس مدار را محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z=\frac{V\text{(ولت)}}{I\ \text{(آمپر)}}=\frac{.....}{.....}=.....\Omega$

اندازه گیری Z=.....Ω

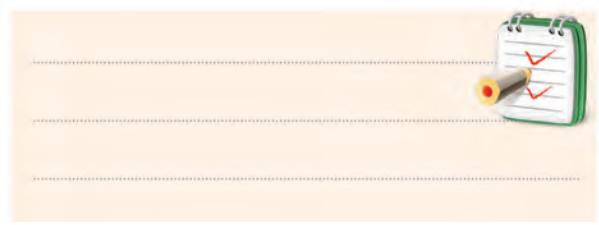
مقدار z را محاسبه کنید.

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_C{}^۲}$$

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{(.....)^۲}+\frac{۱}{(.....)^۲}$$

محاسبه Z=.....Ω

سوال ۲۰: آیا مقدار Z اندازه‌گیری شده با مقدار Z که از طریق محاسبه‌ی ریاضی به دست آمده است تقریبا با هم برابرند؟ توضیح دهید.



۴-۲۰-۷ نتایج آزمایش

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

الف .....

ب .....

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی ۷

۱- ظرفیت خازن و واحد آن را تعریف کنید.

۲- ظرفیت خازن به کدام عوامل بستگی دارد؟ نام ببرید.

۳- ساختمان خازن را به طور کامل با رسم شکل شرح دهید.

۴- در یک خازن، ۰/۰۱ میلی کولمب بار الکتریکی ذخیره شده است. اگر ظرفیت خازن $10\ \mu F$ باشد ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟

۵- ساختمان داخلی یک خازن کاغذی را شرح دهید.

۶- روش آزمایش سلامت خازن با اهم‌متر عقربه‌ای را شرح دهید.

۷- اگر یک خازن را به یک ولتاژ DC وصل کنیم چه

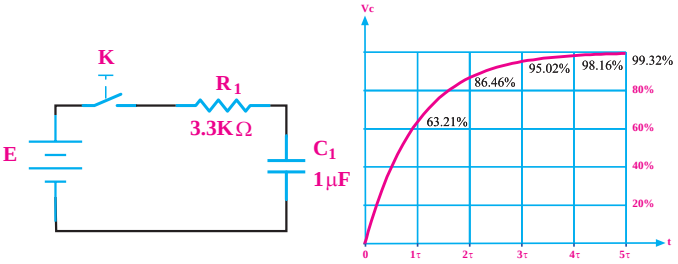
CarGeek.Live

CarGeek.Live

اتفاقی می افتد؟ شرح دهید.

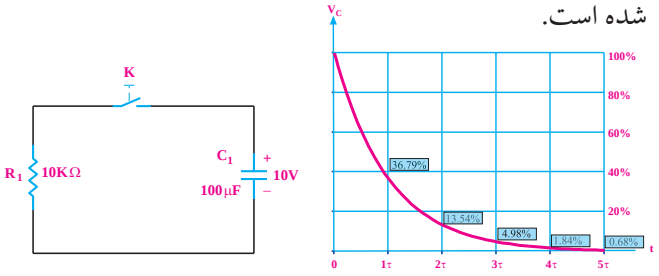
۸- چگونه می‌توان ظرفیت یک خازن را اندازه گرفت؟ مراحل اندازه‌گیری را شرح دهید.

۹- با توجه به منحنی داده شده در شکل ۷-۹۰ و مدار مربوطه پس از بسته شدن کلید K، چند میلی ثانیه طول می‌کشد تا ولتاژ دو سر خازن به ۰/۸۶ ولتاژ منبع (E) برسد.



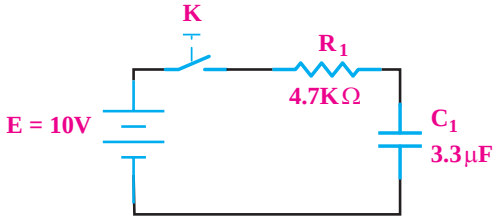
شکل ۷-۹۰

۱۰- در شکل ۷-۹۱ با توجه به منحنی دشارژ خازن بعد از بسته شدن کلید K پس از چند ثانیه ولتاژ دو سر خازن کمتر از ۰/۱ ولت می شود؟ خازن قبلا به اندازه‌ی ۱۰ ولت شارژ شده است.



شکل ۷-۹۱

۱۱- در شکل ۷-۹۲ بعد از بسته شدن کلید، شکل تقریبی جریان شارژ خازن را رسم کنید.

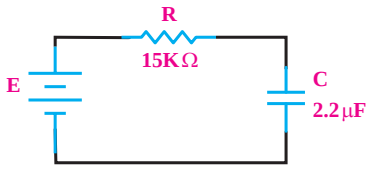


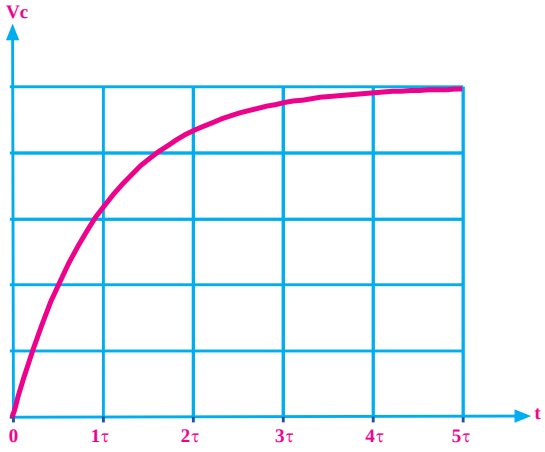
شکل ۷-۹۲

CarGeek.Live

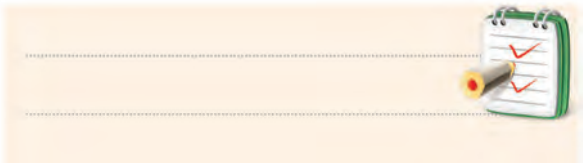
CarGeek.Live

۱۲- در شـکل ۹۳-۷ با توجه به منحنی شارژ خازن بعد از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می شود؟

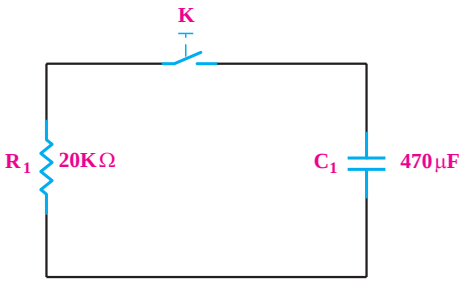


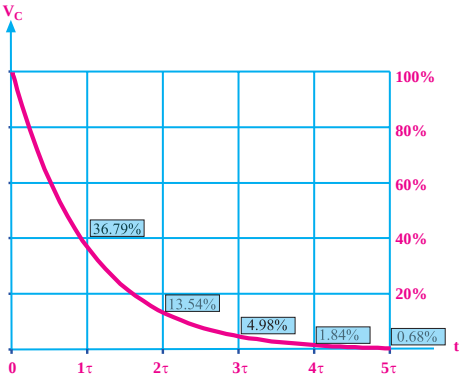


شکل ۹۳-۷

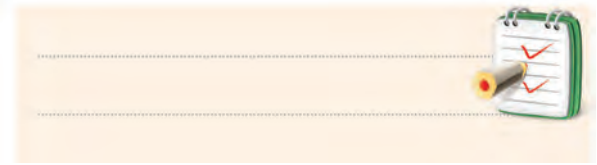


۱۳- در شـکل ۹۴-۷ ولتاژ دو سـر خازن بـه اندازه‌ی ۱۵ ولت اسـت. اگر کلیـد K را وصل کنیم، بـا توجه به منحنی دشـارژ خازن، پس از سه ثابت زمانی ولتاژ دو سر خازن چند ولت می شود؟

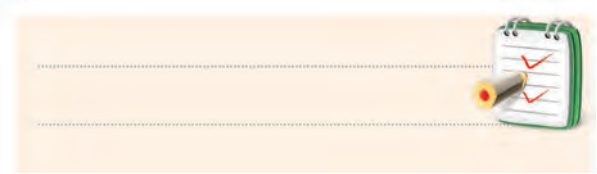




شکل ۹۴-۷



۱۴- مقـدار انرژی ذخیره شـده در صفحات خازن به چه عواملی بستگی دارد؟ با ذکر روابط شرح دهید.

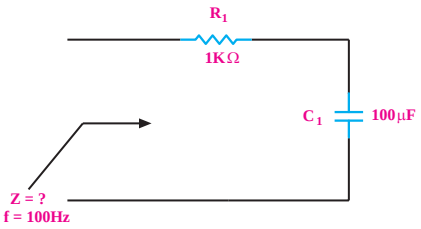


۱۵- چهار مشخصه از مشخصات خازن را نام ببرید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۶- در شکل ۹۵-۷ امپدانس مدار را محاسبه کنید.

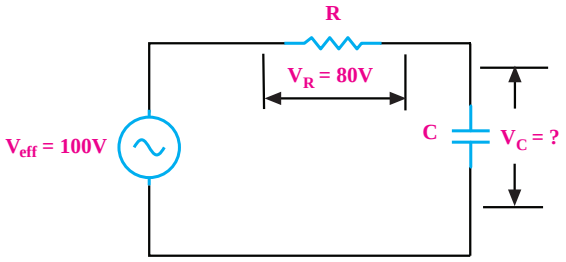


شکل ۹۵-۷

۱۷- راکتانس خازنی را تعریف کنید.

۱۸- در یک خازن با افزایش فرکانس، راکتانس خازنی چه تغییری می‌کند.

۱۹- در شکل ۹۶-۷ ولتاژ دو سر خازن چند ولت است؟



شکل ۹۶-۷

۲۰- خازن ۱۰۰PF معادل چند میکرو فاراد است؟

الف) 10^{8} ب) 10^{-5} ج) 10^{10} د) 10^{-4}

۲۱- برای دشارژ کردن خازن کدامیک از موارد زیر صحیح است؟

الف) قطع و وصل کلید موجود در مدار

ب) اتصال کوتاه کردن دو پایه‌ی خازن

ج) اعمال ولتاژ به دو سر خازن

د) تخلیه‌ی میدان مغناطیسی صفحات خازن

۲۲- هر چه ضریب دی‌الکتریک ماده‌ی عایق به کار رفته در خازن زیادتر باشد، ظرفیت خازن .....

الف) کمتر می‌شود ب) زیادتر می‌شود

ج) تغییر نمی‌کند د) با توان دو تغییر می‌کند.

۲۳- ظرفیت خازن معادل ۲ خازن مساوی که به صورت موازی بسته شده‌اند ..... برابر ظرفیت هر یک از خازن‌های مدار است.

الف) $\frac{1}{2}$ ب) ۲ ج) $\sqrt{2}$ د) $\frac{1}{\sqrt{2}}$

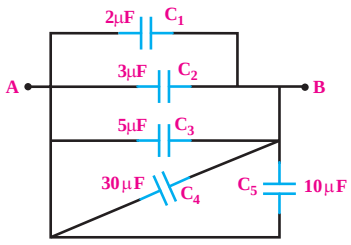
۲۴- ظرفیت خازن معادل بین دو نقطه‌ی A و B در شکل

CarGeek.Live

CarGeek.Live

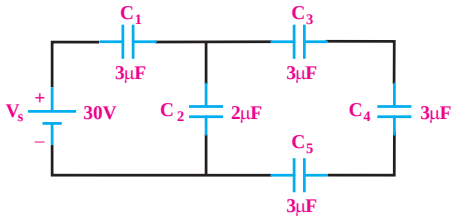
۹۷-۷ چند میکرو فاراد است.

الف) ۱۵۰ ب) ۵۰ ج) ۸۰ د) ۲۰



شکل ۹۷-۷

۲۵- ولتاژ دو سر خازن C_2 در شکل ۹۸-۷ چند ولت است؟



شکل ۹۸-۷

الف) ۱۴/۵ ب) ۱۵ ج) ۱۲ د) ۱۷

۲۶- از خازن در مدارهای الکتریکی برای ذخیره‌ی انرژی الکتریکی استفاده می‌شود.

الف) صحیح ❐ ب) غلط ❐

۲۷- ظرفیت یک خازن با فاصله ی بین صفحات آن رابطه‌ی مستقیم دارد.

الف) صحیح ❐ ب) غلط ❐

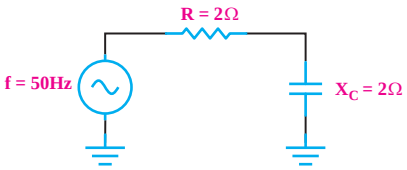
۲۸- حداکثر ولتاژی که می‌توان به طور دائم به خازن اعمال کرد را ولتاژ ذخیره شده گویند.

الف) صحیح ❐ ب) غلط ❐

۲۹- راکتانس خازنی یک خازن ۷۹۰۰ اهم است. اگر ظرفیت خازن $0/1\ \mu F$ باشد. فرکانس مدار تقریباً چند هرتز است؟

الف) ۵۰ ب) ۶۰ ج) ۱۰۰ د) ۲۰۰

۳۰- امپدانس مدار شکل ۹۹-۷ چند اهم است؟

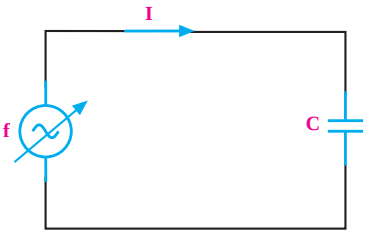


شکل ۹۹-۷

الف) ۲/۸۲ ب) ۸ ج) ۴ د) صفر

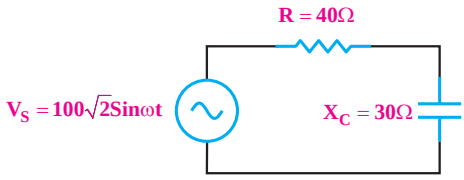
۳۱- در شکل ۱۰۰-۷ هرقدر فرکانس افزایش یابد، مقدار I ..... می شود.

الف) کم ❐ ب) زیاد ❐



شکل ۱۰۰-۷

۳۲- در شکل ۱۰۱-۷ جریان موثر مدار و اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را به دست آورید.



شکل ۱۰۱-۷

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل هشتم

عملکرد سلف در جریان مستقیم و متناوب

هدف کلی : بررسی اثرات سلف در مدارهای RL سری و موازی

پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- میدان مغناطیسی را تعریف کند.

۲- میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان را شرح دهد.

۳- میدان الکترومغناطیسی را شرح دهد.

۴- جهت میدان الکترومغناطیسی را تعیین کند.

۵- ساختمان سلف و میدان مغناطیسی اطراف آن را توضیح دهد.

۶- جریان القایی و ضریب خود القایی سلف را تعریف کند.

۷- ولتاژ القایی و نحوه‌ی تولید آن را توضیح دهید.

۸- نحوه‌ی محاسبه‌ی ولتاژ القایی را بیان کند.

۹- شارژ و دشارژ سیم‌پیچ را توضیح دهد.

۱۰- ثابت زمانی در یک مدار RL سری را محاسبه کند.

۱۱- روش آزمایش سلف به کمک اهم‌متر را بیان کند.

۱۲- عملکرد سلف در جریان متناوب را توضیح دهد.

۱۳- راکتانس سلفی را تعریف و مقدار آن را محاسبه کند.

۱۴- اختلاف فاز بین جریان گذرنده از سلف و ولتاژ دو سر آن را توضیح دهد و مقدار آن را اندازه بگیرد.

۱۵- ضریب خود القایی متغیر را توضیح دهد.

۱۶- انواع سیم‌پیچ متغیر را نام ببرد.

۱۷- خود القایی متقابل را توضیح دهد.

۱۸- ضریب خود القایی در مدار سری و موازی را توضیح دهد.

۱۹- عملکرد مدار RL سری در ولتاژ DC و AC را توضیح دهد.

۲۰- امپدانس، ولتاژ و اختلاف فاز در مدار RL سری را محاسبه کند.

۲۱- عملکرد مدار RL موازی در ولتاژ DC و AC را توضیح دهد.

۲۲- امپدانس، اختلاف فاز و جریان‌های مدار RL موازی را محاسبه کند.

۲۳- امپدانس مدار RL سری و موازی را اندازه‌گیری کند.

۲۴- اصول کار ترانسفورماتور را توضیح دهد.

۲۵- روابط توان و جریان در ترانس را محاسبه کند.

۲۶- تطبیق امپدانس در ترانسفورماتور را توضیح دهد.

۲۷- تلفات ترانس را توضیح دهد.

۲۸- عملکرد اتوترانس را شرح دهد.

۲۹- نحوه‌ی تشخیص خرابی‌های ترانس را شرح دهد.

۳۰- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ را در مدار RL توسط اسیلوسکوپ اندازه‌گیری کند.

۳۱-اهداف رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را اجرا کند.

توانایی	ساعت آموزش:		
	نظری	عملی	جمع
شماره ۸	۱۲	۹	۲۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۸)

۱- با کدام وسیله می‌توان به وجود میدان مغناطیسی پی برد؟

الف) آمپرمتر ب) براده‌های آهن

ج) از طریق مشاهده‌ی دقیق د) ولت‌متر

۲- فلوی مغناطیسی و واحد آن را تعریف کنید.

۳- چگونگی تشخیص جهت میدان الکترومغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان را شرح دهید.

۴- اجزای یک سلف کدام است؟

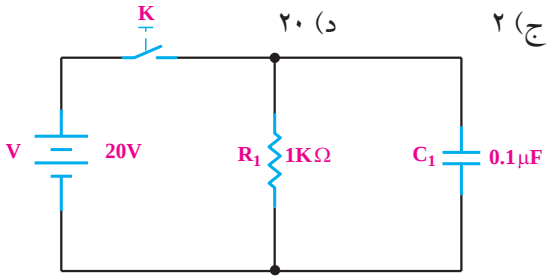
الف) سیم‌پیچ ب) هسته

ج) قرقره د) همه موارد

۵- در شکل زیر جریان نهایی در مدار بعد از بسته شدن کلید، چند میلی‌آمپر است؟

الف) صفر ب) ۰/۲

ج) ۲ د) ۲۰



۶- ۶۴۵۸/۵ میکرو هانری، چند میلی هانری است؟

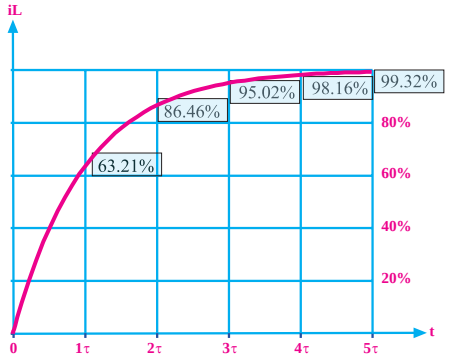
الف) ۶۴/۵۸۵ ب) ۶/۴۵۸۵

ج) ۶۴۵/۸۵ د) ۶۴۵۸۵۰۰

۷- در یک مدار RL سری،بعد از چند ثابت زمانی، جریان مدار تقریبا به ۹۵٪ جریان ماکزیمم می‌رسد؟

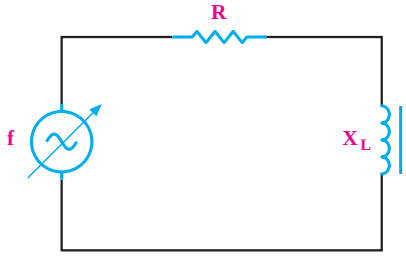
الف) ۱ ب) ۲

ج) ۳ د) ۴



۸- در شکل زیر هر قدر فرکانس افزایش یابد توان تلف شده در مقاومت R..... می‌شود.

الف) کم‌تر ب) بیش‌تر



۹- به میدان ایجاد شده در فضای اطراف یک سیم حامل جریان، میدان ..... گویند.

الف) الکتریکی ب) مغناطیسی

ج) الکترومغناطیسی د) استاتیکی

۱۰- با تبدیل سیم راست به صورت حلقه، میدان مغناطیسی ..... می‌شود.

الف) زیاد ب) کم

۱۱- در قانون دست راست برای سیم حامل جریان انگشت شست جهت .....، و خم شدن چهار انگشت دیگر جهت ..... رانشان می‌دهد.

CarGeek.Live

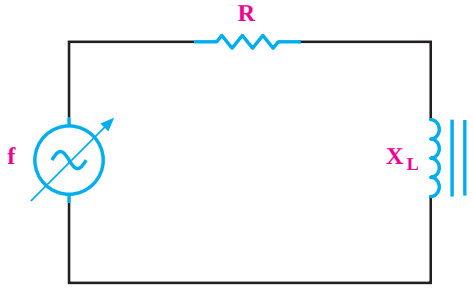
CarGeek.Live

۱۲- از یک سلف با L=۳H، جریان ۲A عبور می کند، انرژی ذخیره شده در آن چند ژول است؟

الف) ۹۰ ب) ۶۰

ج) ۹ د) ۶

۱۳- برای محاسبه‌ی امپدانس مدار زیر از کدام رابطه استفاده می‌شود؟



الف) $Z=R+X_L$ ب) $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$

ج) $Z=\frac{R.X_L}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$ د) $Z=R.X_L$

۱۴- اگر در ترانسفورماتوری نسبت دور اولیه به ثانویه برابر با ۵ و تعداد دور سیم پیچ ثانویه ۲۰۰ دور باشد، تعداد دور اولیه را محاسبه کنید.

۱۵- پاسخ‌های صحیح ستون سمت چپ را به ستون سمت راست با ترسیم خطوط رنگی جداگانه ارتباط دهید.

	• عامل مشترک جریان
	• عامل مشترک ولتاژ
• RL سری	• $\cos\varphi=\frac{R}{Z}$
• RL موازی	• $\cos\varphi=\frac{Z}{R}$
	• $Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$
	• $Z=\frac{R.X_L}{\sqrt{R^2+X_L^2}}$
	• $I_T=\sqrt{I_R^2+I_L^2}$
	• $V_T=\sqrt{V_R^2+V_L^2}$

۱-۸ خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی

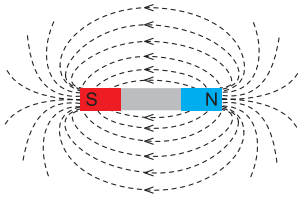
۱-۱-۸ میدان مغناطیسی آهن‌ربا

جسمی که خاصیت مغناطیسی داشته باشد را آهن‌ربا می‌گویند. همانطور که می‌دانید، یک آهن ربا می‌تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد، آن را جذب کند یا از یک فاصله‌ی معین بر روی آهن‌ربای دیگر اثر بگذارد. دلیل اینکه یک آهن‌ربا به آهن‌ربای دیگر نیرو وارد می کند، وجود «میدان مغناطیسی» در اطراف آن است. پس می توان میدان مغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد:

فضای اطراف یک جسم مغناطیسی(آهن‌ربا) که می‌تواند روی اجسام مغناطیسی دیگر اثر بگذارد را «**میدان مغناطیسی**» می‌گویند. آهن‌ربای مغناطیسی دارای دو قطب شمال (N) و جنوب (S) است. میدان مغناطیسی را می‌توان با خطوط بردار گونه نشان داد. این خطوط را «**خطوط شار مغناطیسی**»، «خطوط نیروی میدان مغناطیسی»، «فلوی مغناطیسی» یا «فوران مغناطیسی» می‌نامند، شکل ۱-۸.

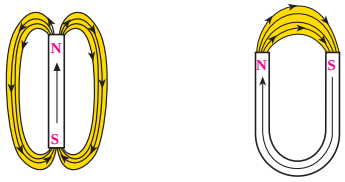
CarGeek.Live

CarGeek.Live



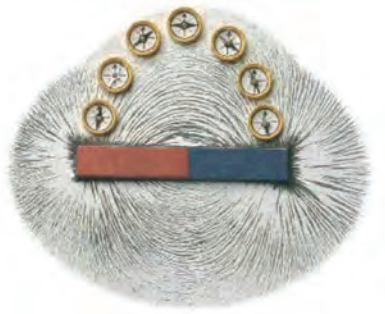
شکل ۱–۸ میدان مغناطیسی اطراف آهن ربا

فلـوی مغناطیسـی عبـارت از کلیـه‌ی خطـوط میدان مغناطیسـی است که از قطب شمال آهن‌ربا خارج می شود و به قطب جنوب آهن‌ربا می‌رسد. فلوی مغناطیسی را با حرف «φ فـی» نمایش می‌دهند و واحد آن بر حسـب وبر «Wb» است. در شکل ۲–۸ جهت خطوط میدان را در بیرون و درون دو نمونـه آهن‌ربا مشـاهده مـی کنید. همانطور که مشـاهده می‌شـود خطوط میدان از قطب شـمال خارج می شود و پس از وارد شـدن به قطب جنوب از طریق داخل آهن‌ربا به قطب شمال می‌رسد.



شکل ۲–۸ جهت خطوط میدان مغناطیس

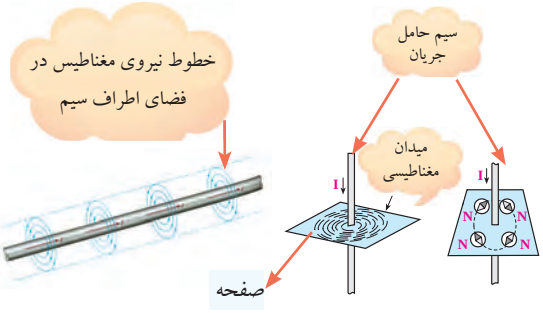
میدان مغناطیسـی با چشم مشاهده نمی شـود ولی اثر آن را با یک قطب‌نمای سـاده می توان مشاهده نمود. شکل ۳–۸ اثرات این میدان را روی حرکت عقربه‌ی قطب‌نما و چگونگی تراکم براده‌های آهن در اطراف آهن‌ربا نشان می‌دهد.



شکل ۳–۸ اثر میدان مغناطیسی روی قطب نما و براده‌های آهن

۲–۱–۸ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سـیم یـک میدان مغناطیسـی ایجاد می شـود. اگر روی صفحه‌ای در فضای اطراف سـیم با نمـک پاش براده‌ی آهن بریزیم، مشـاهده می کنیم که براده‌های آهن دور سـیم حامل جریان حلقه می‌زنند. شکل ۴–۸ میدان مغناطیسی را در اطراف سیم حامل جریان نشان می‌دهد.

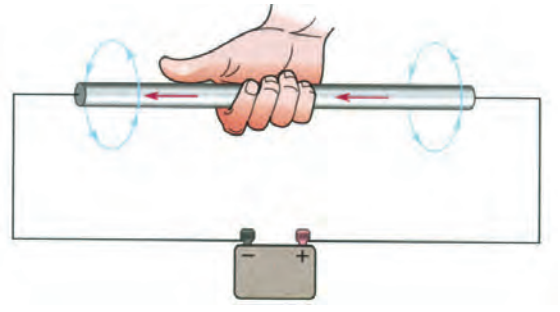


شکل ۴–۸ میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

هر قدر مقدار جریان عبوری از سـیم حامل جریان بیش‌تر باشد، میدان مغناطیسی اطراف سیم قوی‌تر می‌شود. به عبارت دیگر فلوی مغناطیسی افزایش می‌یابد.

جهت میدان مغناطیسـی را به کمک قانون دسـت راست می‌توان تعیین کرد.

همانند شـکل ۵–۸ هر گاه سـیم حامل جریـان را طوری در دسـت راست بگیریم که انگشـت شست جهت جریان را نشـان دهد، جهت خم شدن چهار انگشت دیگر جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد.



شکل ۵–۸ میدان مغناطیسی و قانون دست راست

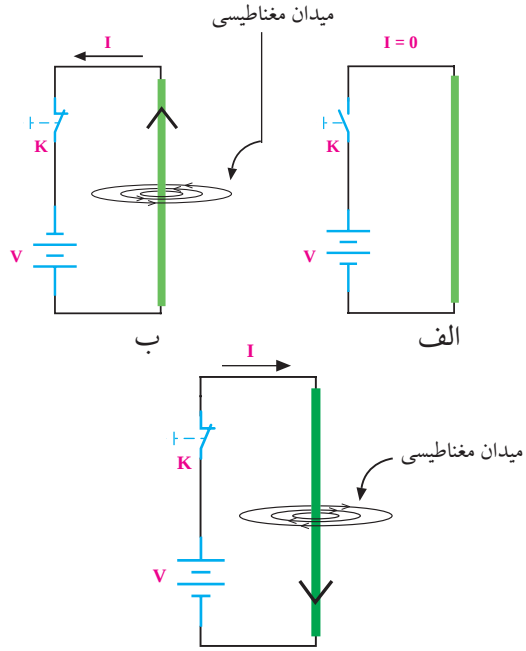
CarGeek.Live

CarGeek.Live

توجه

قانون دست راست برای جهت قراردادی جریان (از قطب + به سمت قطب −) صادق است.

اگر از سیم، جریانی عبور نکند، میدان مغناطیسی اطراف سیم وجود ندارد و اگر از سیم جریانی عبور کند، چنان‌چه جهت جریان عوض شود، جهت میدان نیز عوض خواهد شد. در شکل ۶–۸ جهت میدان مغناطیسی و جهت جریان در سیم نشان داده شده است

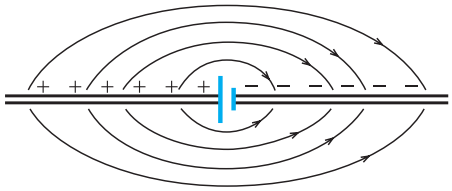


شکل ۶–۸ میدان مغناطیسی در اطراف سیم

همانطور که مشاهده می‌کنید در شکل ۶–۸ –الف به علت صفر بودن جریان در مدار، میدان نیز در اطراف سیم وجود ندارد. در شکل ۶–۸ –ب جهت میدان مغناطیسی نشان داده شده است. همانند شکل ۶–۸ – ج چنان‌چه جهت جریان عبوری از سیم عوض شود، جهت میدان مغناطیسی نیز عوض خواهد شد.

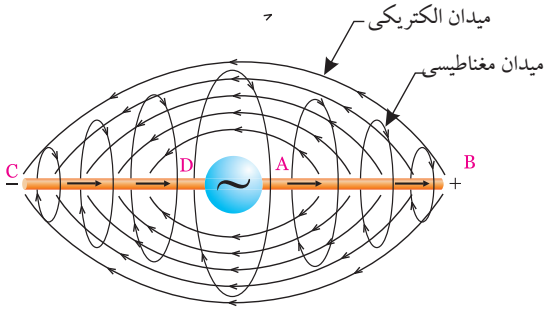
۸–۱–۳ میدان الکترومغناطیسی

یادآوری می شود اگر از یک سیم هادی، جریانی عبور کند در آن میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. در شکل ۷–۸ میدان الکتریکی اطراف سیم هادی که به قطب‌های مثبت و منفی یک منبع ولتاژ DC اتصال دارد را مشاهده می‌کنید. خطوط میدان الکتریکی از قطب مثبت به سمت قطب منفی رسم شده است.



شکل ۷–۸ میدان الکتریکی

با توجه به مطالب بیان شده پی می‌بریم با عبور جریان از سیم هادی در اطراف آن میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی ایجاد می شود. ترکیب این دو میدان را میدان الکترومغناطیسی می‌نامند، شکل ۸–۸.



شکل ۸–۸ میدان الکترومغناطیسی

میدان الکترومغناطیسی سه بعدی است و در آن میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و حرکت وجود دارد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸–۲ سلف

۸–۲–۱ ساختمان سلف یا سیم پیچ

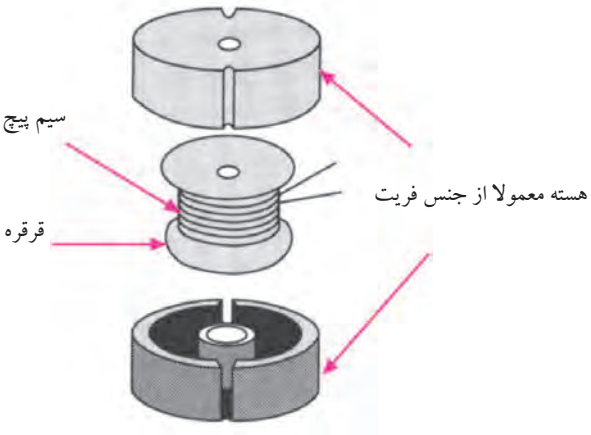
سلف یا سیم پیچ عنصری است که انرژی الکتریکی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره می‌کند. یک سلف معمولا از سه قسمت تشکیل می‌شود:

قرقره

سیم پیچ

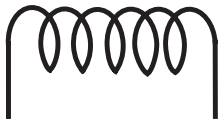
هسته

در شکل (۸–۹) اجزای یک سلف معمولی نشان داده شده است.



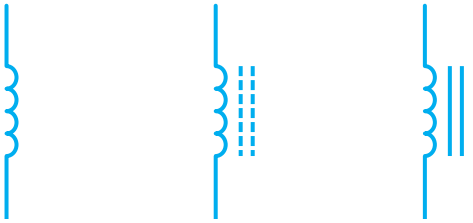
شکل ۸–۹ اجزای یک نمونه سلف معمولی

لازم به یادآوری است که یک سلف می‌تواند قرقره‌ی سیم پیچی و هسته نداشته باشد و فقط از چند دور سیم تشکیل شده باشد، شکل ۸–۱۰.



شکل ۸–۱۰ سلف معمولی

بنابراین یک سلف می‌تواند با هسته یا بدون هسته باشد. در شکل ۸–۱۱ علامت قرار دادی انواع سلف (با هسته و بدون هسته) نشان داده شده است.



شکل ۸–۱۱ علامت قرار دادی انواع سلف

سلف‌ها در عمل با ابعاد و مشخصات الکتریکی متنوعی ساخته می‌شوند و در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی کاربرد وسیعی دارند.

در شکل ۸–۱۲ چند نمونه از سلف‌های کوچک که در الکترونیک کاربرد دارند نشان داده شده است.

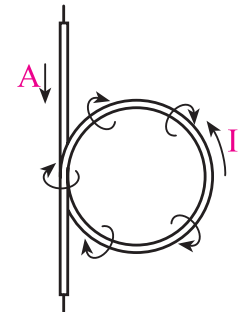
شکل ۸–۱۲ چند نمونه سلف کوچک

۸–۲–۲ میدان مغناطیسی اطراف سلف

اگر سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه یا چند حلقه درآوریم، میدان مغناطیسی اطراف هر حلقه با هم جمع می‌شود و تراکم میدان مغناطیسی را افزایش می‌دهد. در شکل ۸–۱۳ چگونگی ترکیب میدان‌های مربوط به حلقه‌های سیم‌پیچ یا سلف را مشاهده می‌کنید.

CarGeek.Live

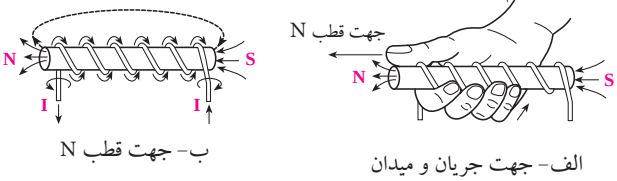
CarGeek.Live



الف- میدان مربوط به چند حلقه ب- میدان مربوط به یک حلقه

شکل ۱۳-۸ میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ

جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ نیز با «قانون دست راست» قابل تعیین است. چنانچه طبق شکل ۱۴-۸ سیم پیچ حامل جریانی را طوری در دست راست خود بگیریم که جهت خم شدن چهار انگشت، در جهت قرار دادی جریان قرار گیرد، انگشت شست، جهت قطب N میدان مغناطیسی اطراف سیم را نشان خواهد داد.

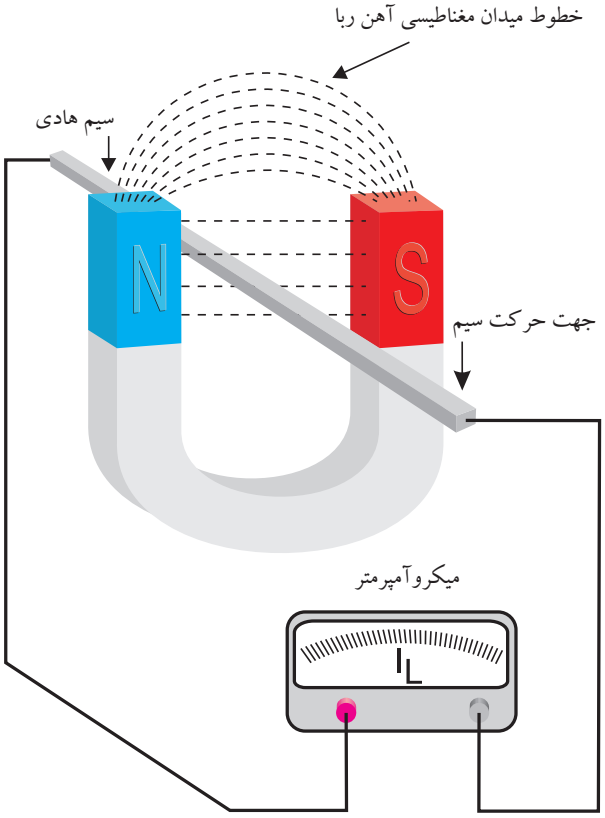


ب- جهت قطب N الف- جهت جریان و میدان

شکل ۱۴-۸ تعیین قطب‌های N و S در سیم پیچ

۳-۸ جریان القایی

چنانچه یک سیم هادی را در یک میدان مغناطیسی به نحوی حرکت دهیم که خطوط نیروی مغناطیسی را قطع کنددر سیم متحرک جریان الکتریکی به وجود می‌آید. این نوع جریان را جریان القایی می‌گویند. در شکل ۱۵-۸ چگونگی تولید جریان القایی را مشاهده می کنید.



شکل ۱۵-۸ تولید جریان القایی

۴-۸ ضریب خود القایی سلف

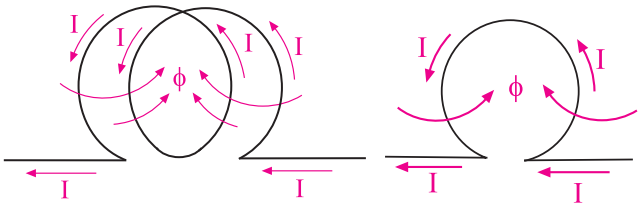
همانطور که قبلا اشاره شد اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سیم یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود.

اگر سیم حامل جریان را به صورت یک حلقه درآوریم، مقدار فلوی مغناطیسی نسبت به یک سیم راست(با همان جریان قبلی) در داخل حلقه بیش‌تر می‌شود.

اگر به جای یک حلقه، سیم را به صورت دو حلقه درآوریم و همان جریان قبلی را از آن عبور دهیم مقدار فلوی مغناطیسی باز هم بیش‌تر می‌شود، در شکل ۱۶-۸ فلوی (شار) مغناطیسی را مشاهده می کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



الف- فلوی مغناطیسی در یک حلقه سیم

ب- فلوی مغناطیسی در دو حلقه سیم

شکل ۱۶-۸ فلوی مغناطیسی

در یک سیم پیچ، نسبت فلوی مغناطیسی ایجاد شده به جریان گذرنده از سیم پیچ (I) را ضریب خود القایی سلف (اندوکتانس) می گویند و با حرف L نشان می‌دهند:

$$L = \frac{\phi(\text{کل فلوی مغناطیسی ایجاد شده})}{I(\text{جریان گذرنده از سیم پیچ})}$$

L= ضریب خود القایی سلف بر حسب هانری (H)

Φ= فلوی مغناطیسی ایجاد شده بر حسب وبر (Wb)

I= جریان گذرنده از سیم پیچ بر حسب آمپر (A)

واحدهای کوچکتر از هانری را میلی هانری و میکروهانری می نامند. این واحدها نیز در الکترونیک کاربرد دارد.

میلی هانری را با mH و میکروهانری را μH نشان می‌دهند.

$$\text{میلی هانری} = \frac{۱}{۱۰۰۰}H = ۱۰^{-۳}H = ۱mH$$

$$\text{میکرو هانری} = \frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}H = ۱۰^{-۶}H = ۱\mu H$$

۸-۵ ولتاژ القایی

اگر از یک سیم یا یک هادی، جریانی عبور کند، اطراف این سیم یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. چنانچه جریان عبوری تمایل به تغییر پیدا کند، سیم‌پیچ با تغییر جریان مخالفت می‌نماید و این مخالفت به صورت ایجاد ولتاژی به نام ولتاژ القایی در سیم پیچ بروز می کند. اصولا این خاصیت سیم‌پیچ را خاصیت خود القایی سیم پیچ می‌نامند.

از خاصیت خود القایی سیم پیچ در صنعت برق جهت ایجاد ولتاژهای زیاد استفاده می کنند.

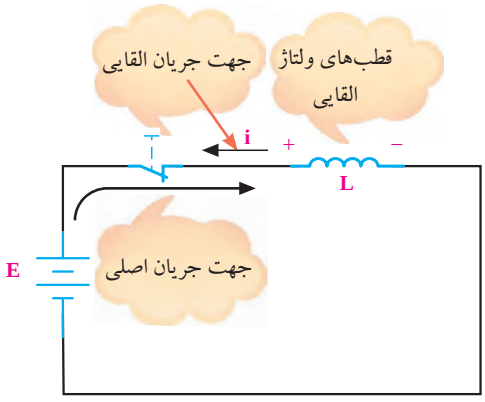
مقدار ولتاژ ایجاد شده در دو سر سیم‌پیچ بستگی به مقدار ضریب خود القایی (L) و نسبت تغییرات جریان به تغییرات زمان دارد.

$$V = -L\frac{\text{تغییرات جریان گذرنده از سیم پیچ}}{\text{تغییرات زمان}}$$

ولتاژ به‌وجود آمده در دو سر سیم‌پیچ

علامت منفی به مفهوم مخالفت با عامل به وجود آورنده‌ی جریان است.

قطب‌های ولتاژ به وجود آمده طوری است که اگر این ولتاژ جریانی را در مدار ایجاد کند، این جریان خلاف جهت جریانی خواهد بود که این ولتاژ را به وجود آورده است. به عبارت دیگر جریان به وجود آمده با جریان به وجود آورنده‌ی آن مخالفت می کند، (در حقیقت جریان اصلی را تضعیف می کند). از این رو می‌توان گفت که یک سلف در مدار با تغییرات جریان مخالفت می کند، شکل ۱۷-۸.



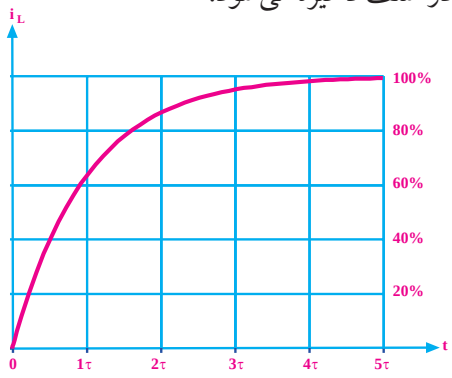
شکل ۱۷-۸ ولتاژ القایی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸–۶ شارژ و دشارژ سلف

وقتی یک سلف را به ولتاژ DC وصل می‌کنیم، جریان در مدار به آرامی و به صورت تابع نمایی (جهشی) زیاد می‌شود. شکل ۱۸–۸ نحوه‌ی افزایش جریان در سلف را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، پس از مدتی جریان در مدار تقریبا به حداکثر مقدار خود می‌رسد. در این حالت حداکثر انرژی در سلف ذخیره می‌شود.



شکل ۱۸–۸ شارژ سلف

به عبارت دیگر سلف کاملا شارژ می‌شود و انرژی ذخیره شده در مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

کمیت‌های رابطه‌ی فوق عبارتند از:

W= انرژی ذخیره شده بر حسب ژول

L= ضریب خود القایی سلف بر حسب هانری

I= جریان گذرنده از سلف بر حسب آمپر

توجه داشته باشید که به محض قطع مدار الکتریکی سلف، انرژی ذخیره شده در آن نیز تخلیه می‌شود، به عبارت دیگر رفتار سلف بر خلاف رفتار خازن است. قبلا اشاره کردیم که اگر خازن را از مدار جدا می‌کردیم انرژی ذخیره شده در آن باقی می‌ماند.

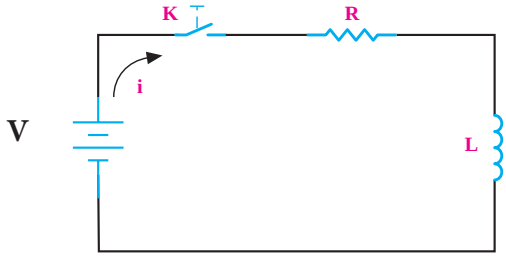
هنگام تخلیه ی انرژی سلف، ممکن است یک جرقه، حتی جرقه ی شدید در نقطه‌ای که مدار قطع می‌شود، مانند کلید قطع و وصل به وجود آید. تخلیه‌ی انرژی سلف را دشارژ سلف نیز می‌گویند.

۸–۷ ثابت زمانی در مدار RL سری

در شکل ۱۹–۸ اگر کلید بسته شود، جریان در مدار به آرامی زیاد می‌شود. تقریبا بعد از ۵ ثابت زمانی جریان به حداکثر مقدار خود می‌رسد. ثابت زمانی مدار RL سری از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\tau = \frac{L}{R} \quad \text{تاو}$$

اگر L بر حسب هانری و R بر حسب اهم باشد τ بر حسب ثانیه خواهد بود.



شکل ۱۹–۸ مدار شارژ سلف

جدول ۱–۸ جریان مدار در هر ثابت زمانی را بر حسب درصدی از جریان ماکزیمم نشان می‌دهد.

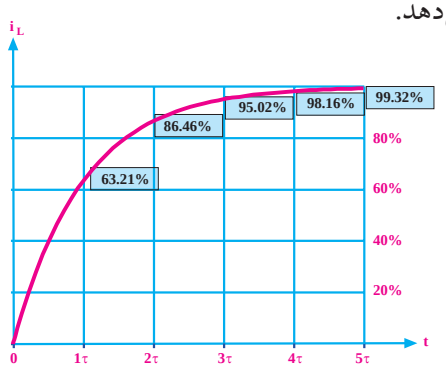
جدول ۱–۸

ثابت زمانی	درصد ماکزیمم جریان مدار
τ	٪ ۶۳/۲۱
۲τ	٪ ۸۶/۴۶
۳τ	٪ ۹۵/۰۲
۴τ	٪ ۹۸/۱۶
۵τ	٪ ۹۹/۳۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

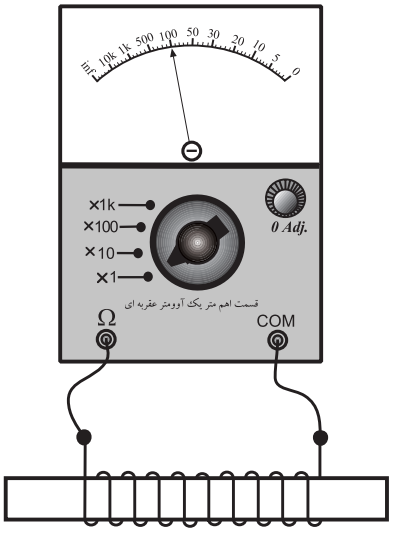
ماکزیمم جریان در مدار برابر $\frac{E}{R}$ است. شکل ۸-۲۰ منحنی افزایش جریان (شارژ سلف) در مدار RL سری را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۲۰ منحنی افزایش جریان در مدار RL

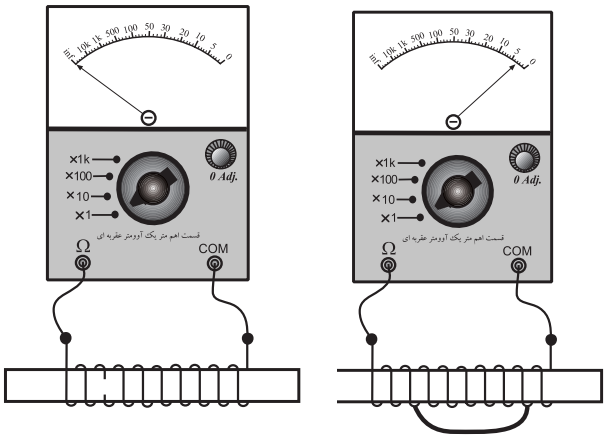
۸-۸ روش آزمایش (تست) سلف به کمک اهم‌متر

هر سلف یا سیم پیچ سالم علاوه بر داشتن ضریب خود القایی (L اندوکتانس) یک مقاومت اهمی نیز دارد. برای آزمایش صحت کار یک سلف می‌توان به کمک اهم‌متر، مقاومت اهمی آن را اندازه‌گرفت. اگر مقاومت اهمی اندازه‌گیری شده، برابر با مقاومت اهمی در حالت عادی باشد، سلف سالم است. در غیر این صورت ممکن است سلف معیوب شده باشد، شکل ۸-۲۱.



شکل ۸-۲۱ آزمایش اهمی سلف

اگر اهم‌متر، مقاومت اهمی سلف را صفر اهم یا بی‌نهایت نشان دهد سلف قطعاً معیوب شده است. چنان‌چه اهم‌متر، مقدار مقاومت اهمی را صفر نشان دهد سلف سوخته و اتصال کوتاه است. در صورتی که اهم‌متر مقدار مقاومت اهمی سلف را بی‌نهایت نشان دهد سیم پیچ سلف در یک یا چند نقطه قطع شده است. در شکل ۸-۲۲-الف سلف اتصال کوتاه است و مقاومت اهمی بسیار کمی دارد. در شکل ۸-۲۲-ب سیم پیچ سلف قطع شده است و اهم متر مقاومت اهمی سلف را بی‌نهایت نشان می‌دهد.



الف-قسمتی از سلف اتصال کوتاه شده است. ب-سلف قطع شده است.

شکل ۸-۲۲ سلف معیوب

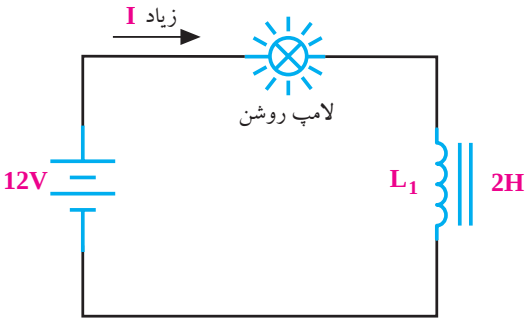
۸-۹ سلف(سیم پیچ) در جریان متناوب

۸-۹-۱ عملکرد سلف در جریان متناوب

اگر یک سلف را به ولتاژ DC وصل کنیم، از آن جریان عبور می‌کند و فقط مقاومت اهمی سیم پیچ جریان را محدود می‌نماید. اگر سلف را ایده‌آل در نظر بگیریم یعنی مقاومت آن را صفر فرض کنیم، سلف در برابر جریان مستقیم هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد، شکل ۸-۲۳.

CarGeek.Live

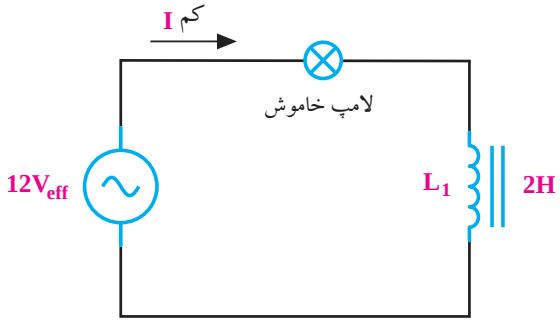
CarGeek.Live



شکل ۲۳-۸ سلف ایده‌آل در جریان مستقیم

سلف ایده‌آل در مقابل عبور جریان مستقیم، هیچ مقاومتی از خود نشان نمی‌دهد.

در صورتی که سلف را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم، سلف علاوه بر مقاومت اهمی از خود مقاومت دیگری نیز نشان می‌دهد که به آن راکتانس سلفی می‌گویند. این مقاومت باعث محدود شدن جریان در مدارهای جریان متناوب می‌شود. در شکل ۲۴-۸ عملکرد سلف در جریان متناوب نشان داده شده است.



شکل ۲۴-۸ سلف ایده‌آل در جریان متناوب

سلف در جریان متناوب از خود یک نوع مقاومت نشان می‌دهد. بنابراین جریان در مدار کم می‌شود و لامپ را روشن نمی‌کند. روشن شدن، خاموش شدن یا کم نور شدن لامپ بستگی به مقدار L و فرکانس منبع دارد.

ژوزف هانری (۱۸۷۸-۱۷۹۷) دانشمند آمریکایی، واحد ضریب خود القایی (L) به نام او ثبت شده است.

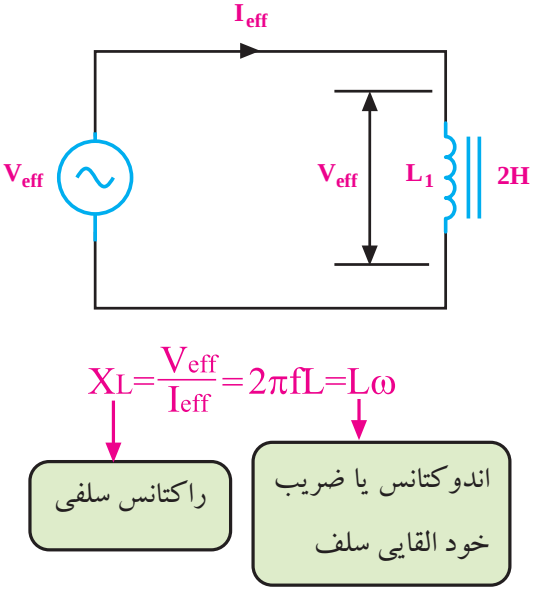
۲-۹-۸ راکتانس سلفی

به مقاومتی که سلف در جریان متناوب از خود نشان می‌دهد راکتانس یا عکس العمل سلفی می‌گویند.

راکتانس سلفی را با X_L نشان می‌دهند و مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$X_L = ۲\pi . f . L$$

در این رابطه X_L راکتانس سلفی بر حسب اهم، f فرکانس منبع ولتاژ یا جریان متناوب سینوسی بر حسب هرتز و L ضریب خودالقایی سلف بر حسب هانری است. در شکل ۲۵-۸ روابط مربوط به سلف آمده است.



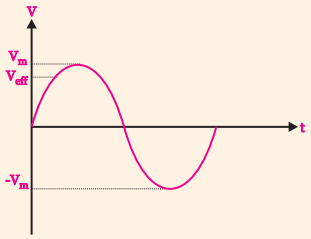
شکل ۲۵-۸ سلف در جریان متناوب

CarGeek.Live

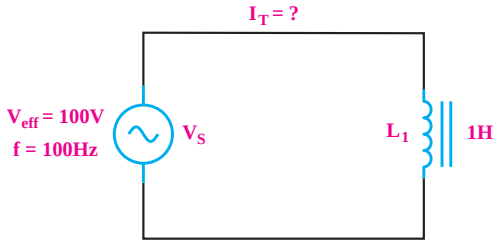
CarGeek.Live

نکتهٔ مهم:

در مدارهای جریان متناوب سینوسی معمولاً منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}, \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



مثال ۱: در شکل ۲۶-۸ جریان I_T چند میلی‌آمپر است؟ از مقاومت اهمی سیم‌پیچ صرف نظر کنید.



شکل ۲۶-۸ مثال

حل:

جریان I_T همان جریان عبوری از سیم پیچ (I_L) است.

$$I_L = I_T = \frac{V_{eff}}{X_L}$$

$$X_L = ۲.\pi.f.L = ۲\pi \times ۱۰۰ \times ۱ = ۶۲۸\,\Omega$$

$$I_L = \frac{۱۰۰}{۶۲۸} = ۰/۱۵۹\,A = ۱۵۹\,mA$$

$$I_L = ۱۵۹\,mA$$

در مدارهای جریان متناوب، جریان‌های عبوری از سلف و خازن از نوع غیر موثر یا راکتیو است.

۳-۹-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در سلف

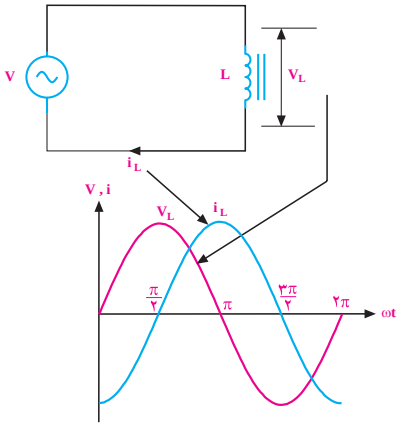
اگر در یک مدار الکتریکی با منبع جریان متناوب سینوسی، فقط یک سلف بدون مقاومت اهمی وجود داشته باشد، جریان در مدار به اندازه ی ۹۰ درجه با ولتاژ دو سر آن اختلاف فاز پیدا می کند.

در شکل ۲۷-۸ شکل موج جریان گذرنده از سلف و شکل موج ولتاژ دو سر آن رسم شده است. همانطور که از شکل ۲۷-۸ مشخص است جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ عقب‌تر است.(پس‌فاز).

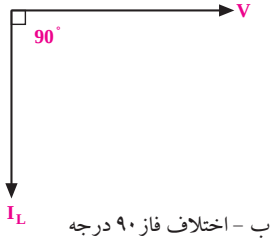
رابطه‌ی ریاضی ولتاژ و جریان در سلف به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$V_L = V_{L\max} \sin \omega t$$

$$I_L = I_{L\max} \sin(\omega t - \frac{\pi}{۲})$$



الف - جریان وولتاژسلف



ب - اختلاف فاز ۹۰ درجه

شکل ۲۷-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ سلف

CarGeek.Live

CarGeek.Live

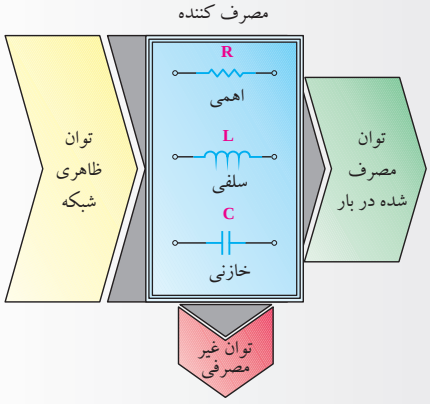
چـون در مدارهای القایی جریـان از ولتاژ عقب می‌ماند، توان به صورت مفید یا موثر مصرف نمی‌شـود. در این مدارها توان به صورت غیر موثر یا راکتیو اسـت و انرژی در سـلف ذخیره می‌شود ولی عملاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

شکل ۲۷-۸- ب بردارهای ولتاژ و جریان در سلف را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌کنید زاویه ی بین بردارهای جریان و ولتاژ ۹۰ درجه اسـت و جریان به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ عقب‌تر است.

در مدارهـای القایـی چـون جریـان از ولتاژ عقب می‌ماند لذا در سلف توان مفید یا موثر مصرف نمی‌شود و به صورت غیر موثر، غیر مفید یا راکتیو (Reactive) است و در این قطعات ذخیره می‌شود ولی انرژی حاصل از آن مورد استفاده قرار نمی‌گیرد.

مخصوص دانش آموزان علاقه‌مند:

در مدارهـای جریـان متنـاوب از عناصـر اهمـی (R)، سـلفی(L)و خازنی (C) به صورت مستقل یا ترکیبی استفاده می شـود. این عناصر انرژی الکتریکـی دریافتی از منبع ولتاژ را بـه صورت‌های گوناگون ظاهر می‌کنند. گروهی از عناصر تـوان الکتریکی را مـورد مصرف قرار می دهنـد و آن را به نوع دیگـری از انرژی تبدیل می‌کنـد. و گروهی دیگر توان الکتریکی را به صورت انرژی ذخیره می‌کنند. به همین خاطر در شبکه های متناوب سه نوع توان خواهیم داشت، شکل ۲۸-۸



شکل ۲۸-۸

توان ظاهری (S)

به‌حاصل‌ضرب‌ولتاژ‌و‌جریان‌موثر‌توان‌ظاهری گفته‌می‌شود.

توان حقیقی، مفید یا اکتیو (P)

توانی که به وسـیله‌ی مصرف کننده‌های اهمی (R) مورد اسـتفاده قرار می گیرد و کار موثر را انجام می‌دهد، این توان را توان اکتیو یا مفید می‌گویند.

توان غیر حقیقی، غیر مفید یا راکتیو (Q):

توانی که در مقاومت‌های سـلفی و خازنی ظاهر می‌شـود ولـی نمی تواند به کار مفید تبدیل شـود این توان را توان غیر حقیقی یا راکتیو می‌نامند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸–۱۰ آزمایش شماره‌ی (۱)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۸–۱۰–۱ هدف آزمایش:

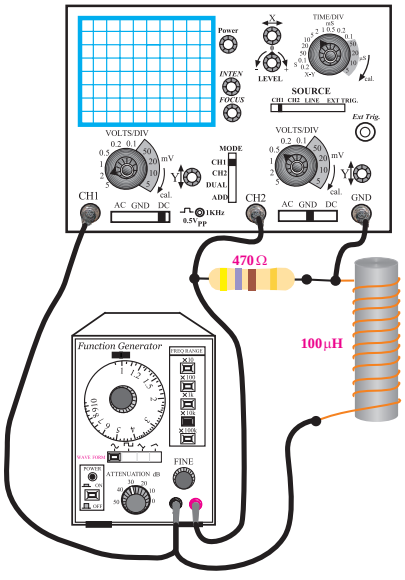
مشـاهده و اندازه‌گیری اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در سلف

۸–۱۰–۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۳	سیم رابط	به تعداد کافی
۴	سلف ۱۰۰μH	یک عدد
۵	مقاومت اهمی ۴۷۰Ω	یک عدد
۶	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸–۱۰–۳ مراحل اجرای آزمایش:

■ مدار شکل ۸–۲۹ را روی بردبرد ببندید.

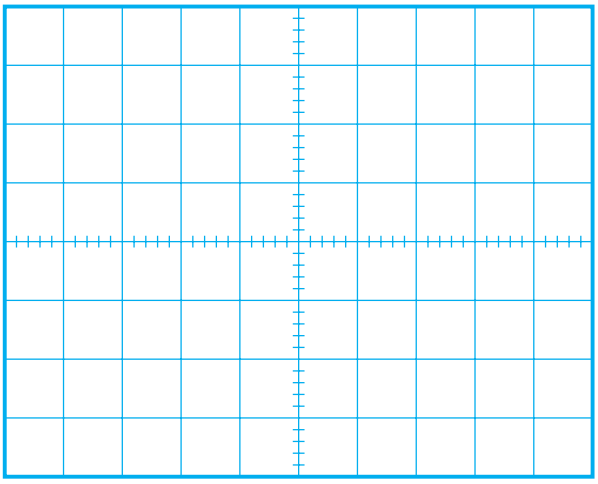


شکل ۸–۲۹ مدار آزمایش

■ فانکشـن ژنراتور را روی فرکانس ۱۰KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۵ ولت سینوسی تنظیم کنید.

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

■ شکل موج‌های نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل ۸–۳۰ با دو رنگ مختلف رسم کنید.

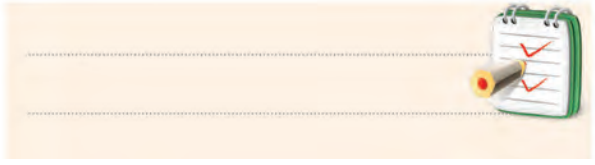


شکل ۸–۳۰ شکل موج ولتاژ و جریان در سلف

سؤال ۱: شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی که همان شـکل موج جریان گذرنده از سـلف است را CH۲ و شکل موج ولتاژ دو سـر سلف را CH۱ نشان می‌دهد. این دو شکل موج چند درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند؟

φ= ..... درجه

نحوه ی محاسبه ی اختلاف فاز را توضیح دهید.

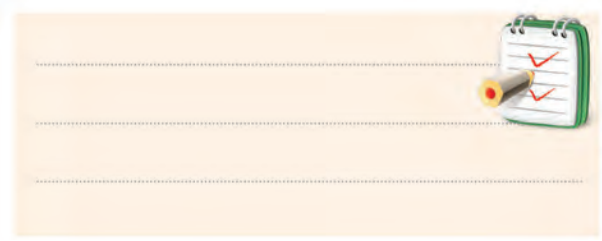


۸–۱۰–۴ نتایج آزمایش

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته اید به اختصار شرح دهید.

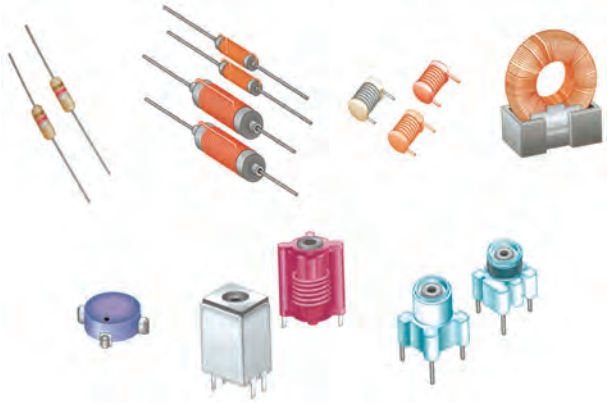
CarGeek.Live

CarGeek.Live



۸–۱۱ ضریب خود القایی متغیر

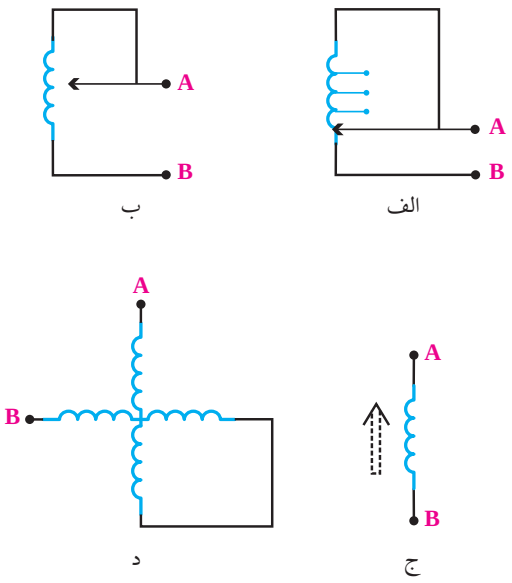
سیم پیچ‌ها را با توجه به نوع کاربرد در ۲ نوع ثابت و متغیر تولید می‌کنند. در شـــکل ۸–۳۱ شکل ظاهری چند نمونه سیم پیچ ثابت و متغیر را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸–۳۱ چند نمونه سلف ثابت و متغیر

۸–۱۱–۱ انواع سیم پیچ متغیر

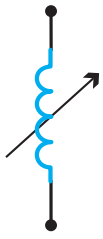
در شـــکل ۸–۳۲ نماد فنی چهار نمونه سیم پیچ متغیر نشان داده شده است.



شکل ۸–۳۲ سیم پیچ‌های متغیر

در شکل ۸–۳۲– الف سیم پیچ چند سر دارد و با انتخاب سر مناسب توسط سلکتور می‌توان اندوکتانس مناسب را انتخاب کرد. در شکل ۸–۳۲– ب تغییر مقدار اندوکتانس مورد نظر به وسیله‌ی یک بازوی لغزنده انجام می شود. در شکل ۸–۳۲–ج برای داشتن اندوکتانس متغیر، هســـته ی سیم‌پیچ را می‌توانیم تغییر دهیم. با جابه‌جایی هســـته، اندوکتانس (L) مورد نیاز را انتخاب می‌کنیم.

در شـــکل ۸–۳۲– د نیز با تغییر موقعیت مکانی سیم پیچ‌ها اندوکتانس کل مدار تغییر می‌کند. در شـــکل ۸–۳۳ نماد فنی سیم پیچ متغیر نشان داده شده است.



شکل ۸–۳۳ نماد فنی سیم‌پیچ متغیر

CarGeek.Live

CarGeek.Live

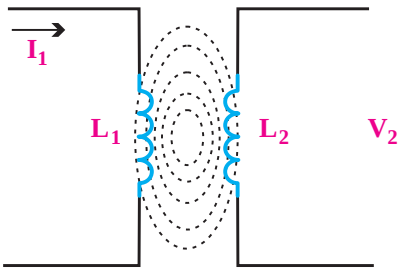
تحقیق کنید:

به نظر شما سیم‌پیچ‌های متغیر در چه‌مدارهایی کاربرد دارند؟ سه نمونه را نام ببرید.

۸–۱۱–۲ القای متقابل

هرگاه دو سیم پیچ را به گونه‌ای در مجاورت هم قرار دهیم که در صورت عبور جریان متناوب سینوسی از سیم پیچ اول، ولتاژی در سیم پیچ دوم به وجود آید(القا شود)، می‌گوییم بین دو سیم پیچ القای متقابل وجود دارد.

یادآوری می‌شود که نباید هیچگونه اتصال الکتریکی بین سیم پیچ اول و دوم وجود داشته باشد. القای ولتاژ در سیم‌پیچ به خاطر تغییرات میدان ایجاد شده در سیم‌پیچ اول و اثر گذاشتن روی سیم پیچ دوم به وجود آمده است، شکل ۸–۳۴ هر قدر ولتاژ القایی به وجود آمده در سیم پیچ دوم بیشتر باشد، می‌گوییم ضریب القایی متقابل بین دو سیم پیچ بیشتر است.



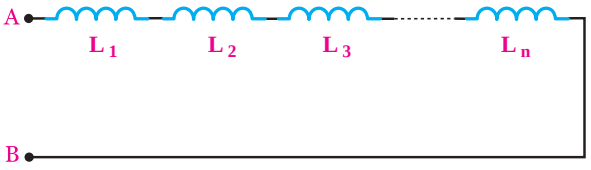
شکل ۸–۳۴ القای متقابل

۸–۱۲ سلف به صورت سری و موازی

چنانچه سلف مورد نیاز در محدوده‌ی سلف‌های استاندارد نباشد، می‌توانیم با متصل کردن چند سیم‌پیچ (سلف) به صورت سری، موازی یا ترکیبی ضریب خود القایی مورد نظر را به دست آوریم.

۸–۱۲–۱ اتصال سری سیم‌پیچ‌ها

هرگاه دو یا چند سیم‌پیچ را مشابه مقاومت‌ها به صورت متوالی اتصال دهیم، «اتصال سری» سیم‌پیچ ها به وجود می‌آید. در شکل ۸–۳۵ اتصال سری n سیم پیچ نشان داده شده است.



شکل ۸–۳۵ اتصال سری سیم‌پیچ‌ها

بنابراین در اتصال سری سیم‌پیچ‌ها، ضریب خود القایی معادل بین دو نقطه‌ی A و B بر اساس رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است.

$$L_T=L_1+L_2+L_3+\ldots+L_n$$

توجه

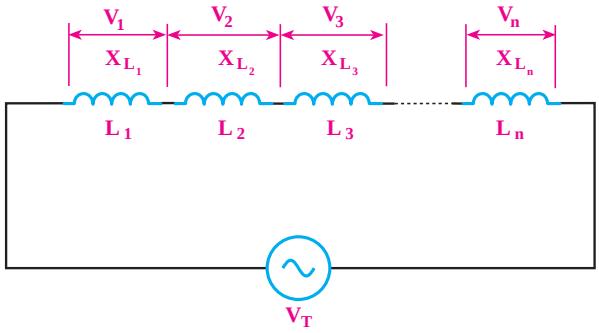
رابطهٔ بالا به شرطی برقرار است که بین سیم پیچ‌ها القای متقابل موجود نباشد.

اگر سیم‌پیچ های سری شده را به منبع ولتاژ متناوب اتصال دهیم هر سیم‌پیچ راکتانس القایی خاصی را از خود نشان می‌دهد.

در شکل ۸–۳۶ راکتانس سلفی هر سیم‌پیچ مشخص شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳۶-۸ راکتانس معادل

راکتانس سیم پیچ‌ها به صورت سری نیز مانند مقاومت‌های اهمی از روابط زیر به دست می‌آید.

$$X_{LT}=X_{L۱}+X_{L۲}+X_{L۳}+ \dots +X_{Ln}$$

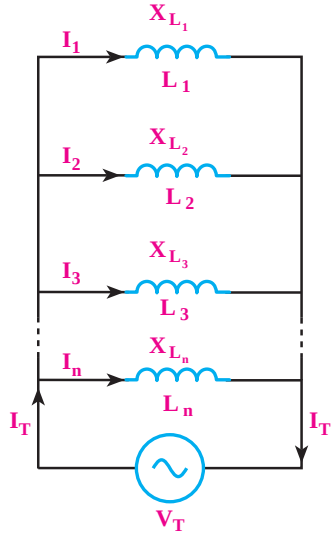
تحقیق کنید:

با استفاده از روابط مربوط به مدار سری ، رابطه‌ی راکتانس معادل سیم‌پیچ را به دست آورید.

$$X_{LT}=X_{L۱}+X_{L۲}+X_{L۳}+ \dots +X_{Ln}$$

۸-۱۲-۲ اتصال موازی سیم پیچ‌ها

اگر دو یا چند سیم پیچ را مطابق شکل ۳۷-۸ به یکدیگر اتصال دهیم، « اتصال موازی» سیم پیچ‌ها به وجود می آید.



شکل ۳۷-۸ اتصال موازی سیم‌پیچ‌ها

اگر سیم‌پیچ‌های موازی شده را به منبع ولتاژ متناوب متصل کنیم، ضریب خود القا و راکتانس معادل آن، مانند مقاومت‌های اهمی با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$\frac{۱}{L_T}=\frac{۱}{L_۱}+\frac{۱}{L_۲}+\dots+\frac{۱}{L_n}$$

$$\frac{۱}{X_{L_T}}=\frac{۱}{X_{L_۱}}+\frac{۱}{X_{L_۲}}+\dots+\frac{۱}{X_{L_n}}$$

تحقیق کنید:

درستی روابط مربوط به ضریب خود القا و راکتانس سلفی معادل را در مدار موازی اثبات کنید.

چنانچه n سیم پیچ مساوی به صورت موازی قرار گیرند، ضریب خود القای معادل از رابطه‌ی زیر محاسبه می شود.

$$L_T=\frac{L}{n}$$

L: ضریب خود القایی یک سیم پیچ

n: تعداد سیم پیچ ها

چنانچه دو سلف (سیم پیچ) نامساوی با یکدیگر به صورت موازی قرار گیرند، ضریب خودالقای معادل از رابطه ی زیر به دست می‌آید.

$$L_T=\frac{L_۱L_۲}{L_۱+L_۲}$$

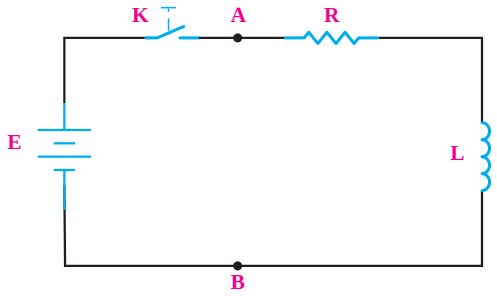
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸–۱۳ مدار RL سری

۸–۱۳–۱ مدار RL سری در ولتاژ DC

در مدار شکل ۸–۳۸ سلف (L) و مقاومت (R) به صورت سری به هم اتصال دارند و ولتاژ DC را می‌توان از طریق یک کلیدبه آن متصل کرد. در صورتی که کلید K را ببندیم تقریبا بعد از مدتی جریان در مدار به ماکزیمم خود یعنی $\frac{E}{R_{eq}}$ می‌رسد.



شکل ۸–۳۸ مدار RLسری

در عمل هر سلفی ضمن داشتن یک ضریب خود القایی (L)، یک مقاومت اهمی (مقاومت اهمی خود سیم پیچ) نیز دارد که می‌توان آن را به صورت سری با سلف نشان داد. ممکن است این مقاومت کم باشد ولی حتماً وجود دارد. این مقاومت را با r نشان می دهیم. از این به بعد در محاسبات سلف را ایده‌آل در نظر می‌گیریم و از مقاومت اهمی سلف صرف نظر می‌کنیم.

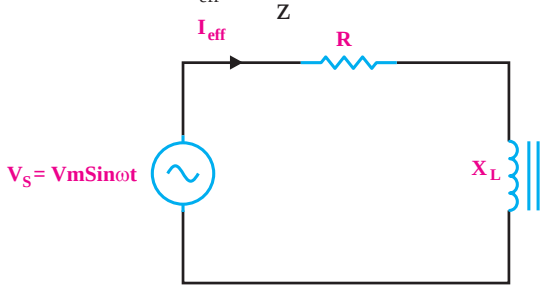
در مدار RL سری مقدار مقاومت اهمی از دو نقطه ی A و B برابر است با:

$$R_{eq}=R$$

۸–۱۳–۲ مدار RL سری در جریان متناوب

اگر یک سلف و یک مقاومت اهمی را مطابق شکل ۸–۳۹ به صورت سری به یکدیگر اتصال دهیم و سپس یک منبع ولتاژ متناوب سینوسی به دو سر آن وصل کنیم، مقدار جریان عبوری از مدار از رابطه ی زیر به دست می‌آید.

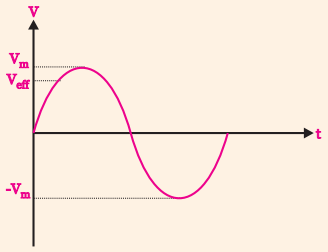
$$I_{eff}=\frac{V_{eff}}{Z}$$



شکل ۸–۳۹ مدار RL سری در جریان متناوب

یادآوری:

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.



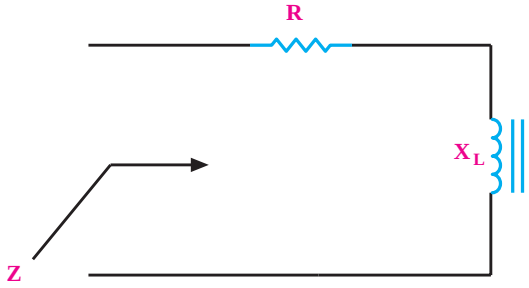
امپدانس

در یک مدار RL سری، مقدار مقاومت معادل را مقاومت ظاهری یا امپدانس می‌گویند. مقدار امپدانس مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}\ (\Omega)$$

CarGeek.Live

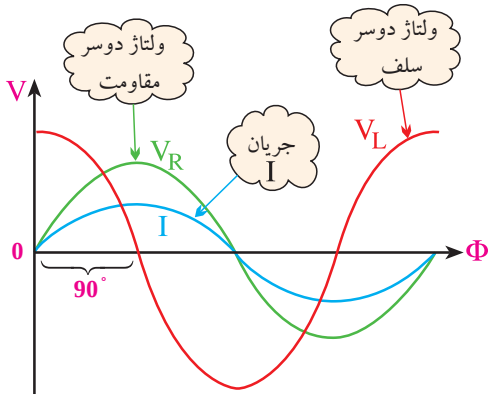
CarGeek.Live



شکل ۴۰-۸ امپدانس در مدار RL سری

اختلاف فاز

در مدار RL سری ولتاژ دو سر مقاومت (V_R) با جریان عبوری از مدار هم‌فاز است. در این مدار ولتاژ دو سر سلف به اندازه‌ی ۹۰ درجه از جریان عبوری از مدار جلوتر است. این اختلاف فاز در شکل موج‌های رسم شده در شکل ۴۱-۸ نشان داده شده است.



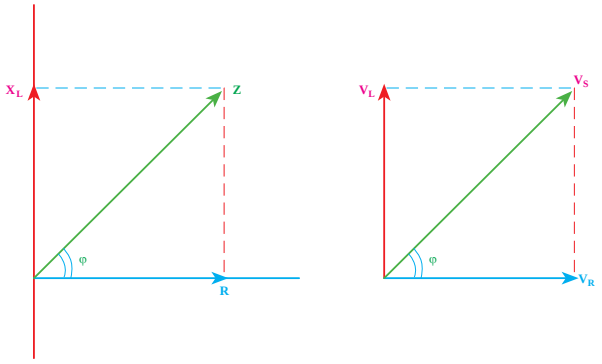
شکل ۴۱-۸ اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان در مدار RL سری

همانطور که مشاهده می شود جریان عبوری از مدار با ولتاژ دو سر مقاومت، هم‌فاز است.

دیاگرام برداری

در مدار RL سری، ولتاژ کل مدار از مجموع برداری ولتاژهای دو سر مقاومت(R) و سلف (L) به دست می‌آید.

در شکل ۴۲-۸ -الف دیاگرام برداری ولتاژهای دو سر مقاومت (V_R)، سلف (V_L) و ولتاژ کل مدار (V_S) و در شکل ۴۲-۸-ب دیاگرام برداری امپدانس مدار نشان داده شده است.



ب- دیاگرام برداری امپدانس الف- دیاگرام برداری ولتاژهای مدار

شکل ۴۲-۸ دیاگرام برداری

همانطور که از شکل ۴۲-۸ مشاهده می‌شود، در یک مدار RL سری، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بین صفر تا ۹۰ درجه است. مقدار دقیق این اختلاف فاز به مقدار R و X_L بستگی دارد. با توجه به شکل ۴۲-۸ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ مدار را با φ (فی) نشان می‌دهیم. مقدار Cosφ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$\text{Cos}\varphi = \frac{R}{Z}$$

با محاسبه‌ی Cos φ می‌توانیم مقدار φ را با استفاده از جدول مثلثاتی یا ماشین حساب به دست آوریم.

ولتاژهای مدار

در یک مدار RL سری مطابق شکل ۴۳-۸ ولتاژ دو سر عناصر از روابط زیر به دست می‌آید:

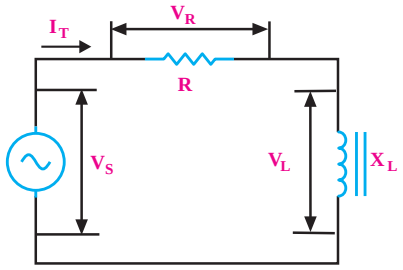
CarGeek.Live

CarGeek.Live

$V_R = I_T \cdot R$ ولتاژ دو سر مقاومت اهمی

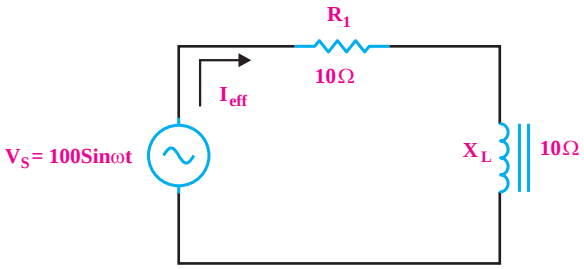
$V_L = I_T \cdot X_L$ ولتاژ دو سر سلف

$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$ ولتاژ کل مدار



شکل ۴۳-۸ ولتاژهای مدار RL سری

مثـــال ۲: جریان و اختلاف فاز بین جریـــان و ولتاژ را در مدار شکل ۴۴-۸ به دست آورید.



شکل ۴۴-۸ مثال

چون در مدار ســـری جریان کل با جریان عبوری از مقاومت برابر اســـت بنابراین می‌توانیم جریان کل مدار (I_T) را به عنوان (I_{eff}) یا جریان موثر در نظر بگیریم.

می‌خواهیم مقدار جریان موثر را با استفاده از رابطه‌ی زیر به دست آوریم:

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

مقدار ولتاژ موثر را محاسبه می‌کنیم:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70/7$$

مقدار امپدانس را به دست می‌آوریم:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = \sqrt{200}$$

$$Z = 14/14\ \Omega$$

مقدار جریان موثر I_{eff} را محاسبه می‌کنیم:

$$I_{eff} = \frac{70/7}{14/14} = 5\ A$$

$\cos\varphi$ مدار را به دست می‌آوریم:

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{14/14} \simeq 0/7$$

مقدار φ را با اســـتفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی محاسبه می‌کنیم:

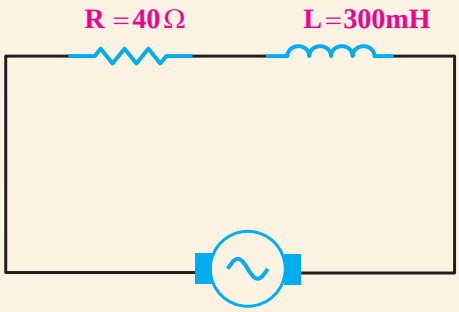
$$\varphi = 45^\circ$$

تمرین کلاسی ۱: در مدار شکل ۴۵-۸ مطلوب است:

الف- محاسبه‌ی امپدانس مدار

ب- افت ولتاژ دو سر هر قطعه

ج- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ کل مدار



شکل ۴۵-۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸–۱۴ مدار RL موازی

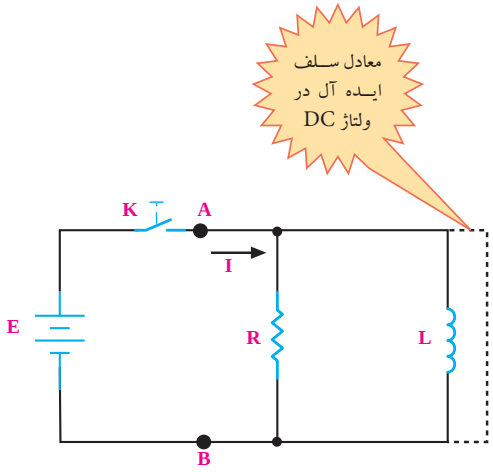
۸–۱۴–۱ مدار RL موازی در ولتاژ DC

شـکل ۸–۴۶ مدار RL موازی را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل مشاهده می‌کنید ولتاژ یا اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و B برای سلف و مقاومت R یکسان است.

بعد از بسته شدن کلید K به علت موازی بودن مدار، ولتاژ منبع (E) در دو سر سلف قرار می‌گیرد. اگر از مقاومت اهمی سـلف (r) صرف نظر نماییم، در ولتاژ DC سلف مانند یک سیم اتصال کوتاه عمل می‌کند.

در این مدار مقاومت معادل از دو نقطهٔ A و B برابر اسـت با:

$$R_{eq} = R_{AB} = R \,||\, ۰ \cong ۰$$

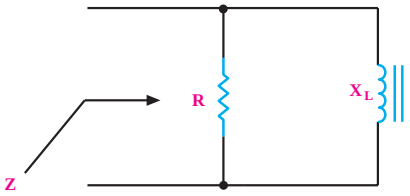


شکل ۸–۴۶ مدار RL موازی

۸–۱۴–۲ مدار RL موازی در جریان متناوب

در مدار شکل ۸–۴۷اگر یک مقاومت اهمی و یک سلف را به صورت موازی به یکدیگر وصل کنیم ، امپدانس مدار از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\frac{۱}{Z^۲} = \frac{۱}{R^۲} + \frac{۱}{X_L^۲} \quad \text{یا} \quad Z = \frac{R.X_L}{\sqrt{R^۲ + X_L^۲}}$$

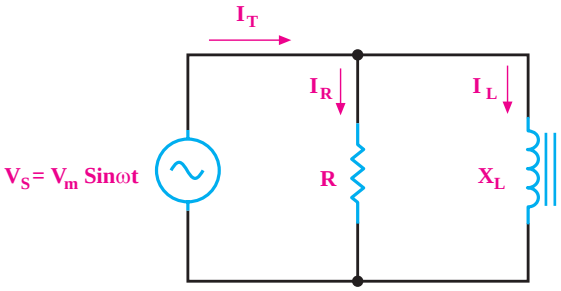


شکل ۸–۴۷ امپدانس مدار RLموازی

جریان‌های مدار

در مدار شـکل ۸–۴۸ جریان کل مـدار از رابطهٔ زیر قابل محاسبه است.

$$I_T = \frac{V_{eff}}{z}$$



شکل ۸–۴۸ مدار RL موازی

در مدار RLموازی، روابط زیر برقرارند.

$$I_R = \frac{V_S}{R} \quad \text{یا} \quad I_L = \frac{V_S}{X_L}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نکته‌ی مهم:

▲مقدار جریان عبوری از مقاومتR، جریان موثر (I_{eff}) است.

▲جریان عبوری از سیم پیچ برابر با جریان غیر موثر یا I_L است.

▲جریان عبوری از مقاومت ظاهری (Z) را جریان ظاهری (I_T) می گویند. این جریان از رابطه ی زیر محاسبه می شود.

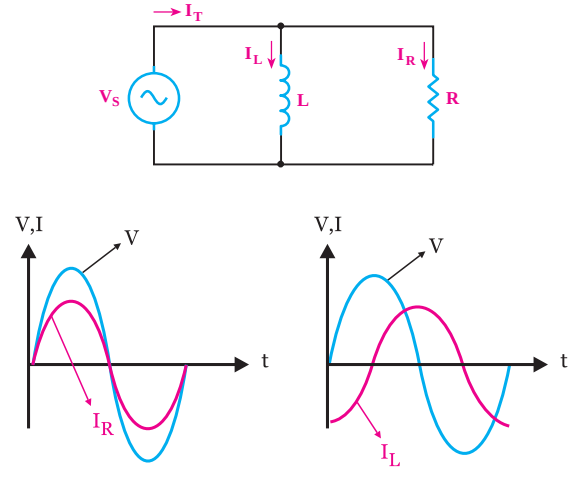
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

▲مقدار φ را با استفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی محاسبه می کنیم:

$$\cos\varphi = \frac{Z}{R}$$

اختلاف فاز:

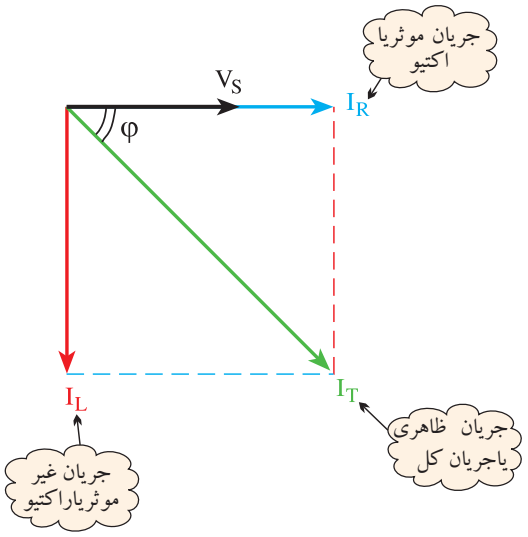
در مدار RL موازی، ولتاژ دو سر سلف و مقاومت یکسان است و جریان کل مدار به نسبت عکس، بین مقاومت‌های R و X_L تقسیم می شود، شکل ۴۹-۸.



شکل ۴۹-۸ مدار RL موازی

دیاگرام برداری

در مدار RL موازی جریان کل مدار از جمع‌برداری جریان‌های سیم پیچ (L) و مقاومت (R) به دست می‌آید. در شکل ۵۰-۸ دیاگرام برداری مربوط به جریان های مدار و ولتاژ کل (V_S) رسم شده است.



شکل ۵۰-۸ دیاگرام برداری جریان‌های مدار RL موازی

همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، جریان عبوری از سیم‌پیچ به اندازه‌ی ۹۰ درجه از ولتاژ کل مدار عقب‌تر است. همچنین جریان عبوری از مقاومت با ولتاژ کل مدار هم‌فاز است.

با توجه به شکل ۵۰-۸ اختلاف فاز بین جریان کل مدار (I_T) و ولتاژ منبع (V_S) را با φ نشان می‌دهیم و مقدار Cos φ از رابطه ی زیر به دست می‌آید:

$$\cos\varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{Z}{R}$$

با دانستن مقدار Cos φ مقدار φ با استفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی قابل محاسبه است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

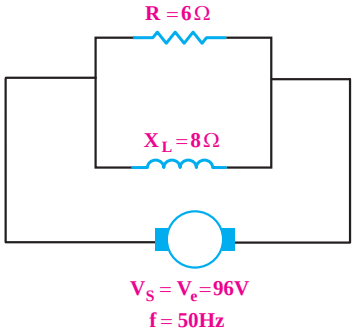
مثال۳: در مدار شکل ۵۱-۸ مطلوبست:

الف-امپدانس مدار

ب- جریان کل مدار

ج- جریان هر شاخه

د- اختلاف فاز



شکل ۵۱-۸ مدار مربوط به مثال

حل:

ابتـدا مقاومت ظاهری مدار (Z) را با اسـتفاده از رابطه ی زیر محاسبه می کنیم:

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_L^۲}$$

$$\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{۶^۲}+\frac{۱}{۸^۲}=\frac{۱}{۳۶}+\frac{۱}{۶۴}\Rightarrow Z=۴/۸\Omega$$

توجه: بـه جای رابطـه‌ی $\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_L^۲}$ می‌توان از رابطه ی ساده شده ی زیر استفاده کرد.

$$Z=\frac{R.X_L}{\sqrt{R^۲+X_L^۲}}=\frac{۶\times ۸}{\sqrt{۶^۲+۸^۲}}=\frac{۴۸}{۱۰}=۴/۸\Omega$$

جریان کل مدار را محاسبه می کنیم:

$$I=\frac{V_S}{Z}=\frac{۹۶}{۴/۸}=۲۰A$$

جریان عبوری از مقاومت را تعیین می کنیم:

$$I_R=\frac{V_S}{R}=\frac{۹۶}{۶}=۱۶A$$

جریان عبوری از X_L را به دست می‌آوریم

$$I_L=\frac{V_S}{X_L}=\frac{۹۶}{۸}=۱۲A$$

مقدار $\cos\varphi$ را محاسبه می کنیم

$$\cos\varphi=\frac{Z}{R}=\frac{۴/۸}{۶}=۰/۸$$

با استفاده از ماشین حساب یا جدول مثلثاتی مقدار φ را به دست می‌آوریم.

$$\varphi=۳۷^\circ$$

تحقیق کنید:

بـا اسـتفاده از رابطـه‌ی $\frac{۱}{Z^۲}=\frac{۱}{R^۲}+\frac{۱}{X_L^۲}$ رابطه‌ی ساده شده‌ی Z را به دست آورید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

تمرین کلاسی ۲: سلفی با اندوکتانس $L=۴mH$ با یک مقاومت $R=۸\Omega$ به طور موازی به ولتاژ متناوب ۲۴ ولتی با فرکانس ۱/۵ کیلوهرتز اتصال داده شده است.

$V_S=V_{eff}=۲۴$

مطلوب است:

الف- جریان هر شاخه

ب- جریان کل مدار

ج- امپدانس مدار

د- اختلاف فاز φ

۸-۱۵ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا: ۶ ساعت آموزشی

۸-۱۵-۱ هدف‌های آزمایش

به دست آوردن امپدانس در مدارهای RL سری و موازی و تحقیق روی روابط آن‌ها

۸-۱۵-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	سلف $۱۰mH$	یک عدد
۳	مقاومت اهمی $۱K\Omega$	یک عدد
۴	فانکشن ژنراتور	یک دستگاه
۵	سیم رابط	به مقدار لازم
۶	بردبرد	یک عدد
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۸-۱۵-۳ مراحل اجرای آزمایش

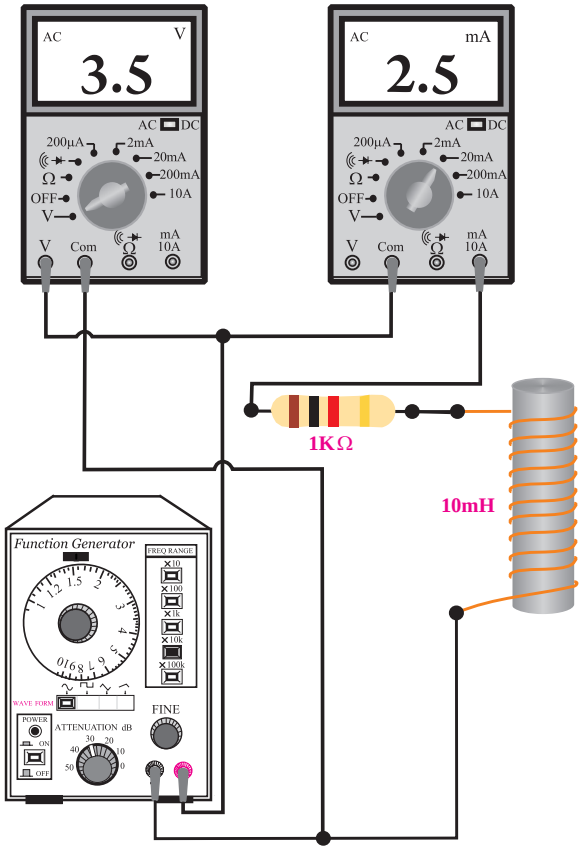
الف: به دست آوردن امپدانس یک مدار RL سری و تحقیق روی رابطه‌ی $V_S=\sqrt{V_R^۲+V_L^۲}$

توجه

در صورتی که دو مولتی‌متر در اختیار ندارید از یک مولتی‌متر استفاده کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۵۲-۸ مدار عملی آزمایش

■ فانکشـن ژنراتور را روی فرکانس ۱۶KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تا پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ کلید سـلکتور مولتی‌متری که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید را در حالت AUTO یا رنج ۲۰ ولت AC قرار دهید.

■ کلید سـلکتور مولتی‌متری که به عنوان میلی‌آمپر AC بـه کار برده‌ایـد را روی ۱۰ mA بگذارید و در حالت AC بگذارید.

■ مقدار ولتاژی که ولت‌متر و همچنین مقدار جریانی که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد را یادداشت کنید

I_T=..... mA جریان مدار

V_S=..... V ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور

■ با اسـتفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده امپدانس مدار را محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z=\frac{V(\text{ولت})}{I(\text{آمپر})}=\frac{.....}{.....}=..... \Omega$

■ مقدار Z را محاسبه کنید.

$X_L = L.2\pi f = ...\Omega$

$X_L = ...\Omega$

$R = ...\Omega$

$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}=\sqrt{(...)^2+(...)^2}$

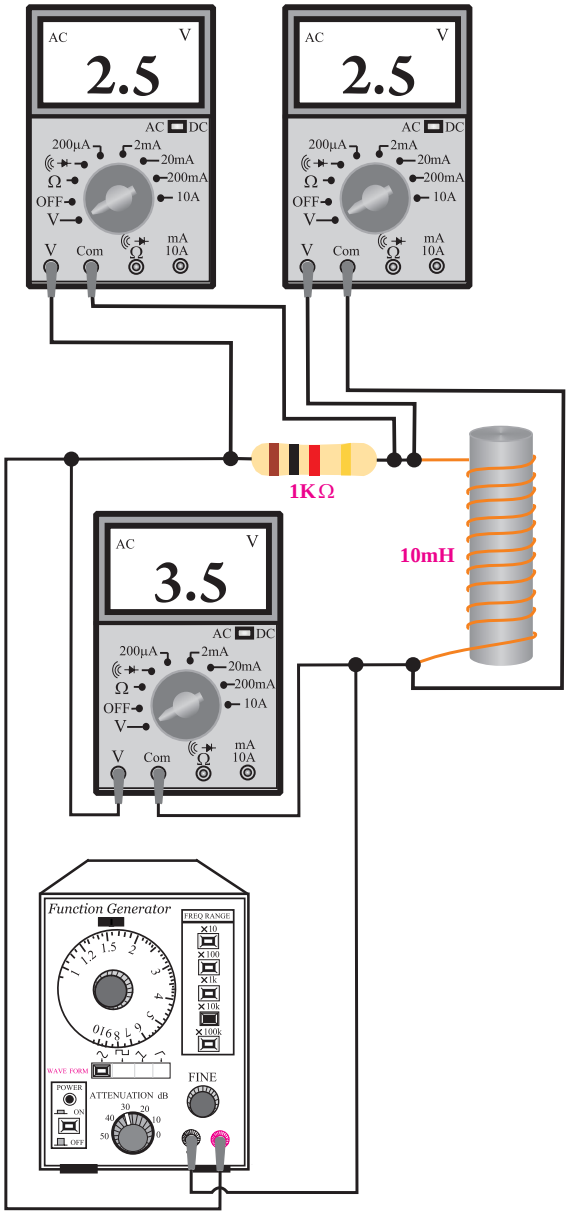
$Z=\sqrt{.....}=.....\Omega$

سوال ۲: آیا مقدار Z به دست آمده از طریق اندازه‌گیری با مقدار Z محاسبه شده تقریبا برابرند؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ مدار شکل ۵۳-۸ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۵۳-۸ مدار عملی آزمایش

■ یکی از ولت‌مترها را از مدار جدا کنید و با آن ولتاژ خروجی فانکشن ژنراتور را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

ولت‌متری که به دو سر مقاومت اهمی وصل است.	V_R=..... V
ولت‌متری که به دو سر سلف وصل است.	V_L=..... V
ولت‌متری که به دو سر خروجی فانکشن ژنراتور وصل است.	V_S=..... V

■ مقدار ولتاژ کل را که با استفاده از مقادیر V_R و V_L اندازه‌گیری کرده‌اید محاسبه کنید.

$$V_S = \sqrt{V_R^2 + V_L^2} = \sqrt{(....)^2 + (....)^2} = \sqrt{....} = ...v$$

محاسبه V_S = ...v

سوال ۳: آیا مقدار ولتاژ کل (V_S) به دست آمده از طریق محاسبه با مقدار V_S اندازه‌گیری شده تقریبا برابر است؟ توضیح دهید.

توجه

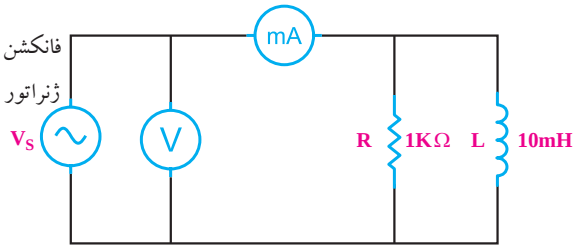
در صورتی که سه مولتی‌متر در اختیار ندارید از یک مولتی‌متر استفاده کنید.

CarGeek.Live

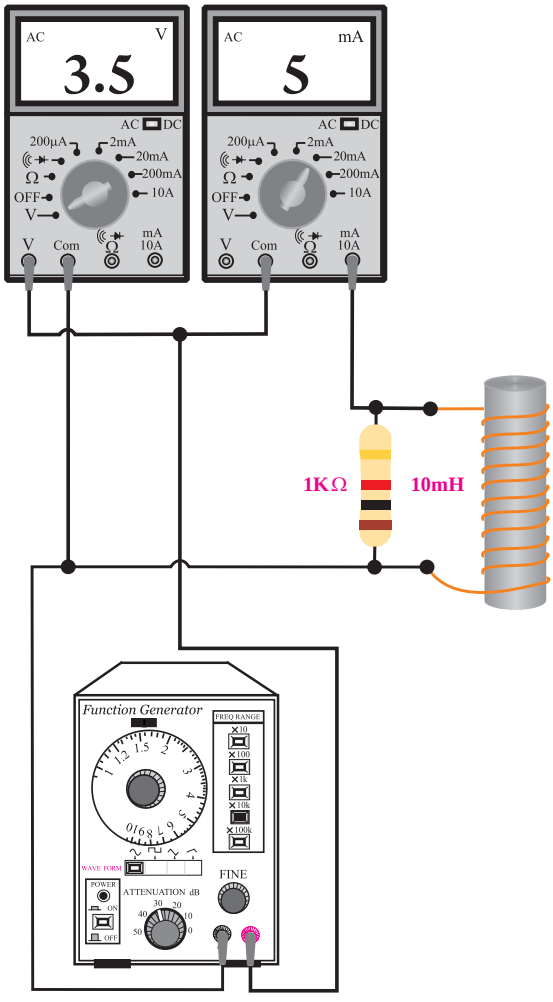
CarGeek.Live

ب: به دست آوردن امپدانس مدار RL موازی

■ مدار شکل ۸-۵۴ را روی بردبرد ببندید.



الف- نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۸-۵۴ مدار آزمایش

■ فانکشن ژنراتور را روی فرکانس ۱۶KHz و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متری که به عنوان ولت‌متر به کار برده‌اید را در حالت AUTO یا رنج ۱۰ ولت و در حالت AC قرار دهید.

■ کلید سلکتور مولتی‌متری که به عنوان میلی‌آمپر AC به کار برده‌اید را روی ۲۰mA و در حالت AC قرار دهید.

■ مقدار ولتاژی که ولت‌متر و همچنین مقدار جریانی که میلی‌آمپر نشان می‌دهد را یادداشت کنید.

V.....= مقدار ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

mA .....= مقدار جریانی که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهد.

■ امپدانس مدار را با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده محاسبه کنید.

امپدانس مدار $Z = \frac{V(\text{ولت})}{I(\text{آمپر})} = \frac{.....}{.....} = ... \Omega$

مقدار Z را از طریق محاسبه به دست آورید:

$$\frac{۱}{Z^۲} = \frac{۱}{R^۲} + \frac{۱}{X_L^۲}$$

$$\frac{۱}{Z^۲} = \frac{۱}{(...)^۲} + \frac{۱}{(...)^۲} \qquad Z = ...\Omega$$

سؤال ٤: آیا مقدار Z را که از طریق ریاضی محاسبه کرده‌اید با مقدار Z به دست آمده از روش اندازه‌گیری ولتاژ و جریان تقریباً برابر است؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸-۱۵-٤ نتایج آزمایش:

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

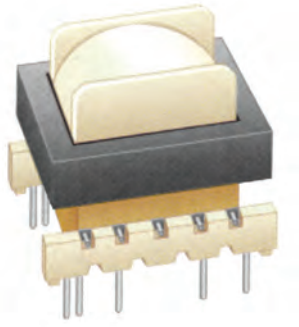
الف .....

ب .....

۸-۱۶ اصول کار ترانسفورماتور

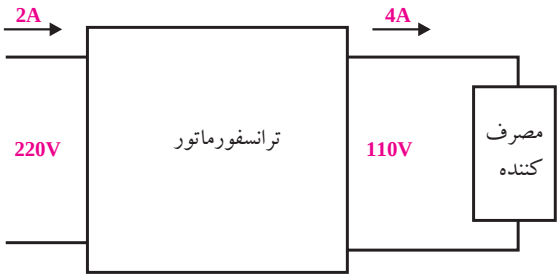
۸-۱۶-۱ تعریف ترانسفورماتور

ترانسفورماتور یک قطعه‌ی الکترومغناطیسی است که می‌تواند ولتاژ متناوب سینوسی مانند ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شهر را دریافت و آن را به ولتاژ مورد نیاز مثلا ۱۲ ولت تبدیل کند. شکل ۸-۵۵ یک نمونه ترانسفورماتور کوچک را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۵۵ یک نمونه ترانسفورماتور

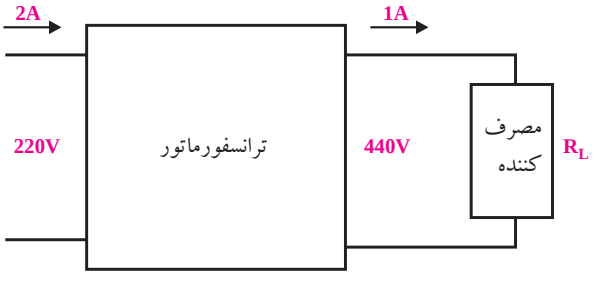
ترانسفورماتور انرژی الکتریکی را به نوع دیگری از انرژی تبدیل نمی کند و فقط قادر است مقدار ولتاژ دریافتی را متناسب با نیاز تغییر دهد. معمولا تلفات در ترانسفورماتورها زیاد نیست، لذا می‌توان با تقریب قابل قبول توان ورودی را با توان خروجی برابر گرفت. بنابراین مطابق شکل ۸-۵۶اگر ولتاژ ورودی یک ترانسفورماتور ۲۲۰ ولت و جریان آن 2A باشد، ترانسفورماتور می‌تواند این ولتاژ را به ولتاژ خروجی ۱۱۰ ولت و به جریان 4A تبدیل کند.



شکل ۸-۵۶ ترانسفورماتور کاهنده

اگر ولتاژ خروجی یک ترانسفورماتور کمتر از ولتاژ ورودی باشد ترانسفورماتور از نوع کاهنده است.
اگر ترانسفورماتوری، کاهنده‌ی ولتاژ باشد افزاینده‌ی جریان است.

در شکل ۸-۵۷اگر ولتاژ خروجی ۴۴۰ ولت شود، جریان خروجی به یک آمپر کاهش می‌یابد.



شکل ۸-۵۷ ترانسفورماتور افزاینده

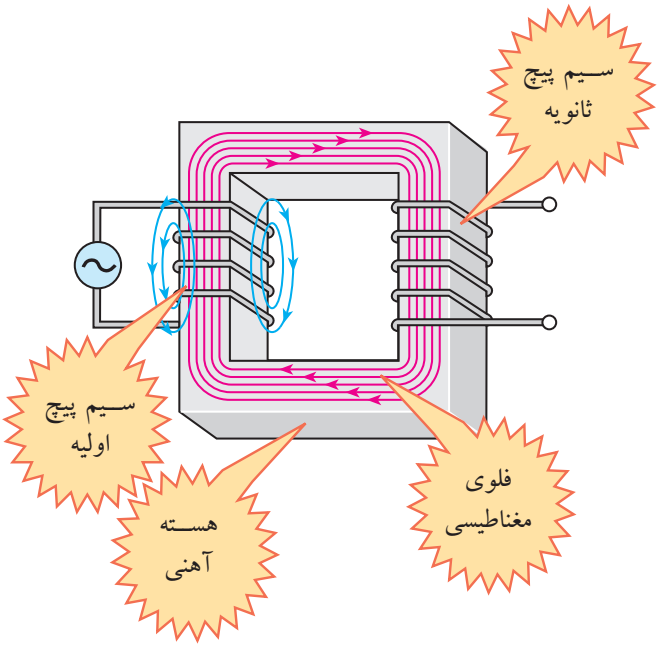
CarGeek.Live

CarGeek.Live

اگر ولتاژ خروجی یک ترانسفورماتور بیشتر از ولتاژ ورودی باشد ترانسفورماتور از نوع افزاینده است.
اگر ترانسفورماتوری افزاینده‌ی ولتاژ باشد کاهنده‌ی جریان است.

۸–۱۶–۲ ساختمان ترانسفورماتور

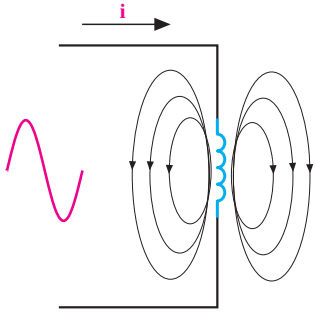
ساختمان ترانسفورماتور معمولی شامل دو سیم‌پیچ و یک هسته است. چنانچه انرژی الکتریکی با ولتاژ مشخصی را به یکی از سیم‌پیچ‌ها بدهیم، می‌توانیم ولتاژ مورد نظر را از سیم‌پیچ دیگر دریافت کنیم. سیم‌پیچی که به آن ولتاژ می‌دهیم را سیم‌پیچ اولیه و سیم‌پیچی که از آن ولتاژ دریافت می‌کنیم را سیم‌پیچ ثانویه می‌نامند. شکل ۸–۵۸ ساختمان ساده‌ی یک ترانسفورماتور را نشان می‌دهد.



شکل ۸–۵۸ ساختمان داخلی یک ترانسفورماتور

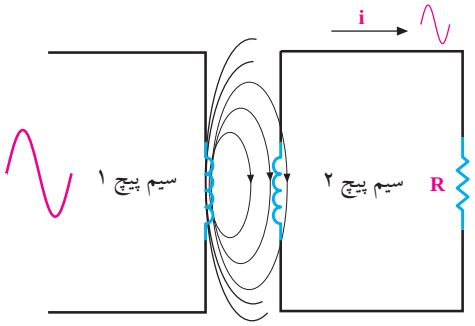
۸–۱۶–۳ اساس کار ترانسفورماتور:

اگر به یک سیم‌پیچ، ولتاژ متناوب اعمال شود در سیم‌پیچ جریان متناوب جاری می‌شود و همان‌طور که در قبل گفته شد در اطراف سیم‌پیچ میدان مغناطیسی متغیر به وجود می‌آید، شکل ۸–۵۹.



شکل ۸–۵۹ میدان مغناطیسی اطراف سیم‌پیچ

حال اگر سیم‌پیچ دیگری را در مجاورت چنین سیم‌پیچی قرار دهیم، میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان متناوب از سیم‌پیچ اول، سیم پیچ دوم را در بر می‌گیرد و در سیم‌پیچ دوم ولتاژی را متناسب با ضریب القای متقابل القا می‌کند، شکل ۸–۶۰.



شکل ۸–۶۰ میدان مغناطیسی در ترانس

یک ترانسفورماتور معمولی، حداقل دارای دو سیم‌پیچ است. به یکی از سیم‌پیچ‌های آن ولتاژ متناوب می‌دهیم تا در سیم‌پیچ دوم ولتاژی القا شود.

CarGeek.Live

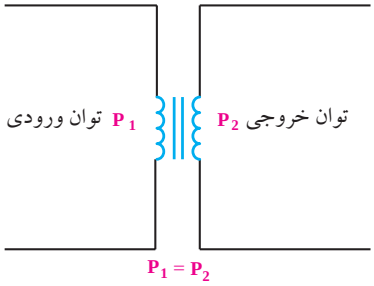
CarGeek.Live

با انتخاب مناسب تعداد دورهای اولیه و تعداد دورهای ثانویه‌ی یک ترانسفورماتور، می‌توانیم هر ولتاژی را به ولتاژ دیگر تبدیل کنیم. با انتخاب مناسب ابعاد هسته و ضخامت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه، توان مورد نیاز توسط ترانسفورماتور تامین می شود.

۸-۱۶-۴ نسبت تبدیل ترانسفورماتور

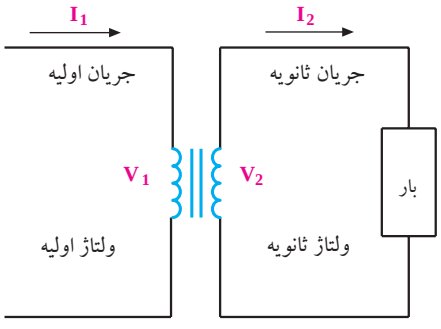
چنانچه توان خروجی با توان ورودی برابر باشد، ترانسفورماتور را ایده‌آل می‌نامند، شکل ۸-۶۱.

معمولا در عمل توان خروجی کمتر از توان ورودی است. زیرا به دلیل عبور جریان از سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه مقدار کمی از توان در داخل ترانسفورماتور تلف می‌شود.



شکل ۸-۶۱ ترانسفورماتور ایده‌آل

با توجه به شکل ۸-۶۲ در یک ترانسفورماتور ایده‌آل روابط زیر برقرار است:



شکل ۸-۶۲ روابط ترانسفورماتور

توان ورودی با توان خروجی برابر است:

$$P_1=P_2$$

$$P_1=V_1 . I_1 \quad , P_2=V_2 . I_2$$

با مساوی قرار دادن P_1 و P_2 داریم:

$$V_1 . I_1= V_2 . I_2$$

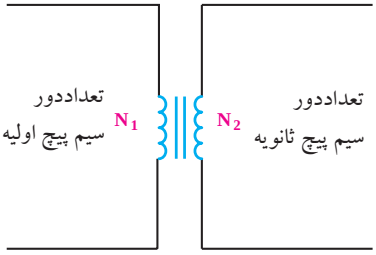
رابطه را ساده می کنیم:

$$\frac{V_1}{I_2}=\frac{V_2}{I_1}$$

رابطه‌ی نهایی به صورت زیر در می‌آید:

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{I_2}{I_1}$$

مقدار ولتاژ القا شده در ثانویه بستگی به تعداد دور سیم‌پیچ اولیه (N_1) و ولتاژ اولیه (V_1) دارد. لذا رابطه ی زیر برای یک ترانسفورماتور ایده‌آل صدق می کند، شکل ۸-۶۳.



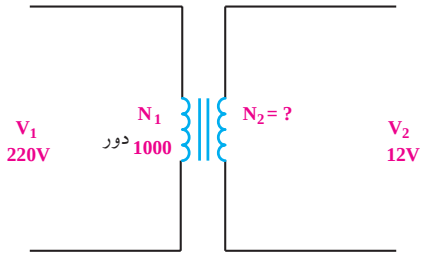
شکل ۸-۶۳ تعداد دور سیم‌پیچ‌ها در ترانسفورماتور

$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{N_1}{N_2}=\frac{I_2}{I_1}$$

مثال ٤: در یک ترانسفورماتور $V_1=220V$ و $V_2=12V$ است. اگر $N_1=1000$ دور باشد، N_2 را محاسبه کنید، شکل ۸-۶۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۶۴–۸ مربوط به مثال ۴

حل: ابتدا رابطه را می‌نویسیم

$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{N_۱}{N_۲}$$

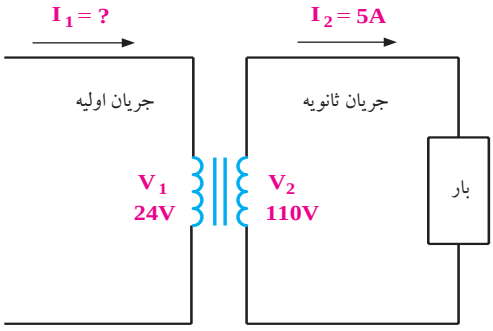
مقادیر را جایگزین می کنیم

$$\frac{۲۲۰}{۱۲}=\frac{۱۰۰۰}{N_۲}$$

$N_۲$ را محاسبه می‌نماییم:

$$N_۲=\frac{۱۰۰۰\times ۱۲}{۲۲۰}=۵۵ \text{ دور}$$

مثال۵: در یک ترانسفورماتور طبق شکل (۶۵–۸) مقادیر زیر را داریم:



شکل ۶۵–۸ مربوط به مثال ۵

جریان اولیه ($I_۱$) ترانسفورماتور چند آمپر است؟

حل:

ابتدا رابطه‌ی مورد نظر را می‌نویسیم و ساده می کنیم:

$$\frac{V_۱}{V_۲}=\frac{I_۲}{I_۱}\Rightarrow I_۱=\frac{V_۲.I_۲}{V_۱}$$

مقادیر را جایگزین می کنیم و جریان $I_۱$ را به دست می‌آوریم

$$I_۱=\frac{۱۱۰\times ۵}{۲۴}=۲۲/۹۱A$$

$I_۱$=۲۲/۹۱ A

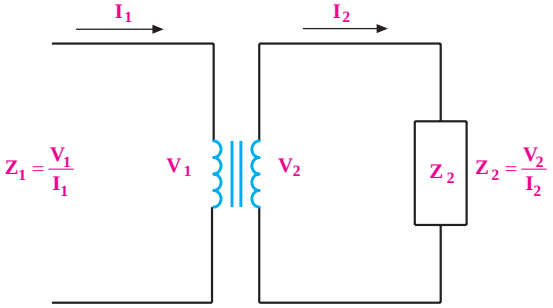
۸–۱۷ ترانسفورماتورهای تطبیق امپدانس

۸–۱۷–۱ تبدیل امپدانس:

اگر مطابق شکل ۶۶–۸ ولتاژ سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه را به جریان عبوری از آن‌ها تقسیم کنیم، امپدانس بار در ثانویه ($Z_۲$) و اولیه ($Z_۱$) با استفاده از روابط زیر به دست می‌آید.

طبق قانون اهم:

$$Z_۱=\frac{V_۱}{I_۱} \quad و \quad Z_۲=\frac{V_۲}{I_۲}$$



شکل ۶۶–۸ امپدانس اولیه و ثانویه

در روابط فوق $Z_۲$ امپدانس بار و $Z_۱$ امپدانسی است که در اولیه‌ی ترانسفورماتور دیده می‌شود. مقدار این امپدانس از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$Z_۱=Z_۲(\frac{N_۱}{N_۲})^۲$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

تحقیق کنید:

با استفاده از روابط ترانس، رابطه ی امپدانس بار در اولیه‌ی ترانس (Z_1) را به دست آورید.

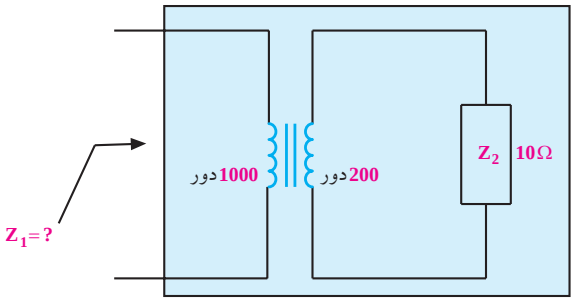
$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

مثال ٦: در ترانسفورماتور شکل ۸-۶۷ مقادیر زیر مفروض است:

(تعداد دور سیم پیچ اولیه) دور $N_1=1000$

(تعداد دور سیم پیچ ثانویه) دور $N_2=200$

$Z_2=10\Omega$



شکل ۸-۶۷ مثال

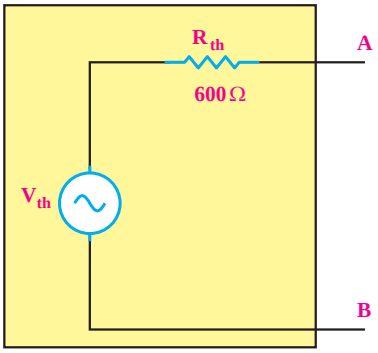
مقدار امپدانس Z_1 یعنی مقاومت از دید سیم‌پیچ اولیه را به دست آورید.

$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2 = 10\times(\frac{1000}{200})^2 = 250\Omega$$

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل، نسبت امپدانس از دیدگاه اولیه به امپدانس ثانویه با مجذور نسبت تعداد دورهای سیم پیچ اولیه و ثانویه متناسب است.

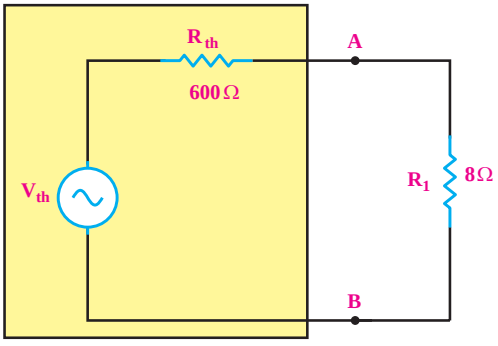
۸-۱۷-۲ تطبیق امپدانس به کمک ترانسفورماتور

فرض کنید می‌خواهیم در مدار معادل تونن شکل ۸-۶۸ حداکثر توان را به یک مقاومت 8Ω انتقال دهیم. شرط انتقال توان حداکثر این است که مقاومت بار با مقاومت معادل تونن (R_{th}) برابر باشد.



شکل ۸-۶۸ مدار معادل تونن

با توجه به این که مقاومت معادل تونن برابر با 600Ω و مقاومت موجود بین دو نقطه‌ی A و B (مقاومت بار) برابر با 8Ω است، با اتصال مستقیم مقاومت 8Ω به دو نقطه‌ی A و B، حداکثر توان به مقاومت 8Ω منتقل نمی‌شود، شکل ۸-۶۹



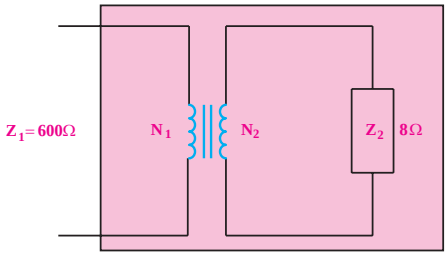
شکل ۸-۶۹

برای انتقال حداکثر توان به مقاومت بار 8Ω از ترانسفورماتور استفاده می‌کنیم. به این ترتیب که اولیه ی ترانسفورماتور را بین دو نقطه‌ی A و B و بار را به ثانویه‌ی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ترانسفورماتور وصل می‌کنیم، شکل ۸-۷۰.



شکل ۸-۷۰ انتقال توان ماکزیمم

با توجه بـه رابطه‌ی انتقال امپدانس می‌توانیم نسـبت دور اولیه به ثانویه‌ی ترانسفورماتور را به روش زیر محاسبه کنیم.

$$Z_1 = Z_2(\frac{N_1}{N_2})^2$$

$$۶۰۰ = ۸(\frac{N_1}{N_2})^2$$

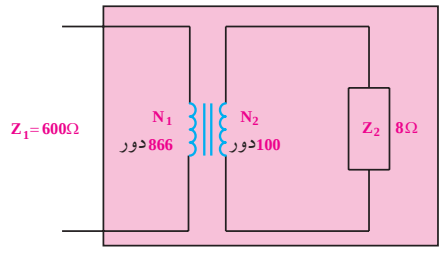
تعداد دورهای ترانسـفورماتور را طوری انتخاب می‌کنیم که از دیدگاه اولیه‌ی ترانسفورماتور امپدانس ۶۰۰ Ω را داشته باشیم.

$$(\frac{N_1}{N_2})^2 = \frac{۶۰۰}{۸} = ۷۵$$

$$(\frac{N_1}{N_2}) = \sqrt{۷۵} = ۸/۶۶$$

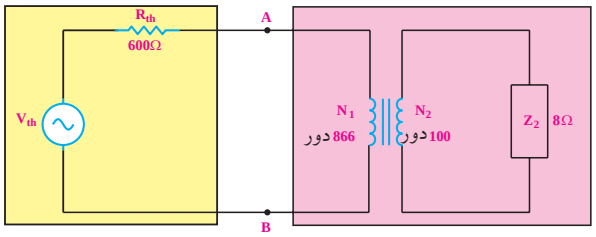
مطابـق شـکل ۸-۷۱ اگـر N_2 =۱۰۰ دور انتخاب کنیم، مقدار N_1 برابر است با:

N_1=۸/۶۶ × N_2=۸/۶۶ × ۱۰۰=۸۶۶ دور



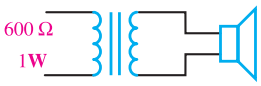
شکل ۸-۷۱ تطبیق امپدانس

مطابق شـکل ۸-۷۲ ترانسـفورماتور با بار ۸Ω را به مدار معادل تونـن بین دو نقطه‌ی A و B وصـل می‌کنیم. چون بر اساس محاسـبات امپدانس از دیدگاه اولیه ی ترانسفورماتور ۶۰۰Ω اسـت، پس حداکثر تـوان به اولیه‌ی ترانسـفورماتور منتقل می‌شـود. از طرفی در یک ترانسـفورماتور، توان اولیه با توان ثانویه تقریبا برابر اسـت. لـذا حداکثر توان از اولیه ی ترانسـفورماتور، به ثانویه‌ی ترانسـفورماتور منتقل می‌شود و ثانویه‌ی ترانسفورماتور می‌تواند این توان را به بار برساند.



شکل ۸-۷۲ انتقال حداکثر توان به بار

به کمـک ترانسـفورماتور می‌توانیم مقـدار امپدانس بار (مصرف کننده) را از دیدگاه اولیه کم یا زیاد کنیم. به عبارت دیگـر توان انتقالی را به مقداری کـه نیاز داریم تنظیم نماییم. به این نوع ترانسفورماتورها، ترانسفورماتور تطبیق امپدانس نیز می‌گویند. این ترانسـفورماتورها برای انتقال حداکثر توان به بلندگوها به کار می‌روند. زیرا امپدانس بلندگوها معمولا ۴Ω یا ۸Ω است. شکل ۸-۷۳.



شکل ۸-۷۳ تطبیق امپدانس

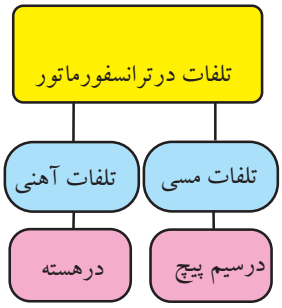
۸-۱۸ تلفات در ترانسفورماتور

وقتی انرژی الکتریکی را به ترانسفورماتور اعمال می‌کنیم، قسمتی از این انرژی در ترانسـفورماتور تلف می‌شود، به این

CarGeek.Live

CarGeek.Live

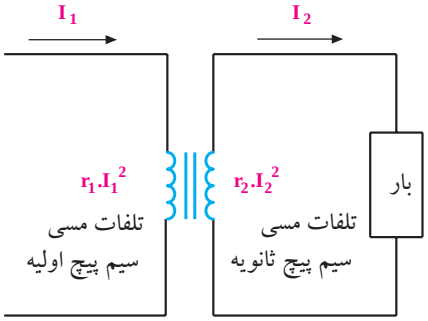
انرژی تلف شـده، تلفات ترانسفورماتور می‌گویند. مهم‌ترین تلفات در یک ترانسـفورماتور تلفات مسـی و آهنی اسـت، شکل ۸-۷۴.



شکل ۸-۷۴ تلفات در ترانسفورماتور

۸-۱۸-۱ تلفات مسی

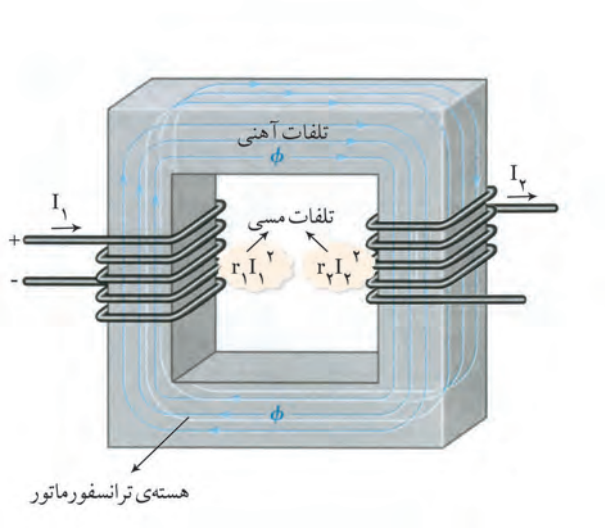
همانطور که در شـکل ۸-۷۵ مشـاهده می‌کنید سیم پیچ اولیه دارای مقاومت r_1 و سیم پیچ ثانویه دارای مقاومت اهمی r_2 اسـت. هنگامی که ترانسـفورماتور کار می‌کند جریان از سـیم‌پیچ اولیه و ثانویه عبور می‌کندلذا تلفات $r_1I_1^2$ در سـیم پیچ اولیه و $r_2I_2^2$ در سـیم پیچ ثانویـه به وجود می‌آید. به این تلفات، **تلفات مسی** می‌گویند.



شکل ۸-۷۵ تلفات مسی

۸-۱۸-۲ تلفات آهنی

درصـد بسـیار کمـی از انـرژی الکتریکی داده شـده به ترانسـفورماتور در هسته‌ی ترانسـفورماتور تلف می‌شود که به آن **تلفات آهنی** می‌گویند. تلفات کل ترانسـفورماتور از مجموع تلفات مسی و آهنی حاصل می‌شود، شکل ۸-۷۶.



شکل ۸-۷۶ تلفات آهنی و مسی

۸-۱۹ خرابی‌های ترانس تغذیه

ترانسـفورماتور تغذیـه، ترانسـفورماتوری اسـت کـه انـرژی مورد نیاز دسـتگاه را تأمین می‌کند. غالباً هر دسـتگاه الکترونیکی که با برق شـهر کار می‌کند، یک ترانسفورماتور تغذیه دارد. در صورتی که ترانسفورماتور تغذیه معیوب شود دستگاه از کار می‌افتد.

جریـان نامی: به حداکثر جریانی کـه می‌توان از ثانویه‌ی ترانسـفورماتور دریافت کرد (کشید)، جریان نامی می‌گویند.

اضافـه بار: به میـزان جریانـی که مصـرف کننده از ثانویه‌ی ترانسـفورماتور می‌کشـد جریان بار می‌گویند. هر قـدر مصرف کننـده در اثر ایجاد اتصالی، جریان بیشـتری از ثانویـه‌ی ترانـس بکشـد اصطلاحـاً گفته می‌شـود، در ترانسفورماتور اضافه بار ایجاد شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ترانسفورماتور تغذیه معمولاً دارای خرابی‌هایی به شرح زیر است:

۱- قطع شدن سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه

۲- نیم‌سوز شدن (اتصال کوتاه ناقص سیم‌پیچ‌ها)

۳- اتصال کوتاه کامل

تمامی معایب ترانسفورماتورها معمولاً در اثر اضافه بار به‌وجود می‌آید. به این معنی که چنان‌چه جریان کشیده شده از جریان نامی بیش‌تر باشد، بر حسب مقدار اضافه بار، یا مدت زمان تداوم اضافه بار، یکی از اشکالات بروز می‌نماید.

نکته‌ی مهم:

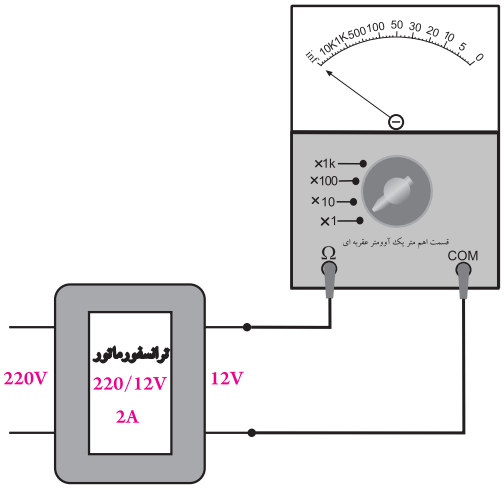
امروزه معمولاً اکثر منابع تغذیه‌ی دستگاه‌های مختلف حفاظت شده هستند وقبل از رساندن آسیب جدی به ترانسفورماتور مدار را قطع می‌کنند.

۱- قطع شدن سیم‌پیچ‌های اولیه یا ثانویه

قطع شدن سیم‌پیچ های اولیه یا ثانویه باعث می‌شود که پس از اتصال دستگاه به برق در ثانویه هیچ ولتاژی ظاهر نشود.

برای پیدا کردن این نوع خرابی ابتدا اولیه را از برق قطع کنید و سیم‌پیچ اولیه و ثانویه را به کمک اهم‌متر آزمایش نمایید. مطابق شکل ۷۷-۸ در صورت قطع بودن سیم‌پیچ، اهم‌متر مقاومت بی‌نهایت را نشان می‌دهد.

در یک ترانسفورماتور هرچه توان بیشتر باشد مقاومت اهمی سیم‌پیچ ها کمتر است. زیرا برای داشتن توان بیشتر از سیم‌های ضخیم تر استفاده می‌کنند.



شکل ۷۷-۸ تشخیص قطع شدن سیم‌پیچ‌ها

ترانسفورماتورهای تغذیه از نوع کاهنده‌ی معمولی دارای مقاومت اهمی حدود چند ده اهم تا چند صد اهم در اولیه و حدود چند اهم در ثانویه‌هستند.

توجه

در ترانس کاهنده مقاومت اولیه بیش‌تر از مقاومت ثانویه است.

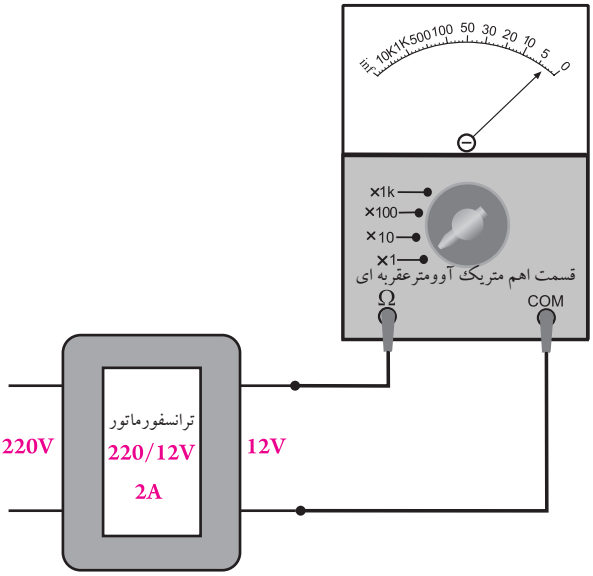
۲- نیم‌سوز شدن (اتصال کوتاه ناقص سیم‌پیچ‌ها)

عیب معمول دیگر در ترانس‌های تغذیه نیم‌سوز شدن سیم‌پیچ‌ها است. در این حالت ولتاژ خروجی ترانسفورماتور کم‌تر از مقدار نامی است و ترانسفورماتور در حین کار بیش از حد داغ می‌شود و بوی سوختگی به مشام می‌رسد. چنان‌چه این حالت تداوم یابد در اثر گرم شدن بیش از حد امکان آتش‌سوزی وجود دارد.

در شکل ۷۸-۸ اتصال کوتاه ناقص در سیم‌پیچ توسط یک اهم متر بررسی می‌شود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۷۸–۸ نیم‌سوز شدن ترانسفورماتور تغذیه

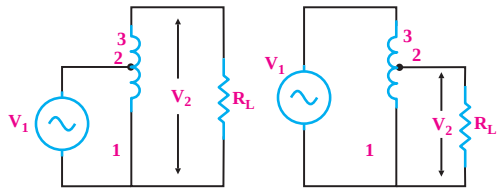
۳– اتصال کوتاه کامل

ایـن عیب در اثـر اتصال یکی از سـیم پیچ‌ها بـه بدنه‌ی ترانسـفورماتور یا اتصال اولیه به ثانویه‌ی ترانسـفورماتور رخ می‌دهد. بررسی این حالت توسط اهم‌متر به راحتی امکان‌پذیر است.

۸–۲۰ اتو ترانسفورماتور

از دیگر انواع ترانسفورماتورهای قدرت، اتو ترانسفورماتور اسـت. اتو ترانسـفورماتورها بر خلاف ترانسـفورماتورهای معمولی فقط یک سـیم پیچ دارد که سـرهای مختلف از آن خارج می‌شود. به این ترتیب ولتاژ ورودی به دو پایه‌ی قسمتی از سیم‌پیچ که برای ولتاژ اولیه طراحی شده است، داده می‌شود و ولتاژ خروجی از سرهای دیگر آن دریافت می‌گردد.

در شکل ۷۹–۸ نماد فنی دو نوع اتو ترانسفورماتور از نوع کاهنده و افزاینده نشان داده شده است.



الف)اتوترانسفورماتور کاهنده ب)اتوترانسفورماتورافزاینده

شکل ۷۹–۸ نماد فنی اتو ترانسفورماتور

۱–۲۰–۸ مزایای اتو ترانسفورماتور بر ترانسفورماتور معمولی

اتو ترانسـفورماتورها به علت داشـتن تنها یک سیم پیچ ابعاد کمتری دارند و قیمت آن‌ها ارزان‌تر اسـت. یک نوع اتو ترانسفورماتور در فعالیت‌های آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد که بـه آن واریاک(Variac) گفته می‌شـود. ولتاژ خروجی واریاک قابل تنظیم است.

در شکل ۸۰–۸ شـکل ظاهری اتو ترانسفورماتور با ولتاژ خروجی قابل تنظیم و نماد فنی آن را مشاهده می‌کنیم.

در واریاک ولتاژ ورودی به پایه‌ی ثابت سیم‌پیچ که برای ولتاژ اولیه طراحی شـده است، داده می شود و ولتاژ خروجی بین یک سـر ثابت و یک سـر متغیر دریافت می‌گردد. ولتاژ خروجـی واریاک بین صفر تا یک مقـدار حداکثر پیش‌بینی شده، قابل تنظیم اسـت. مقدار حداکثر در اتو ترانسفورماتور می‌تواند از ولتاژ ورودی بیشتر باشد.

الف) نماد فنی واریاک ب) شکل ظاهری واریاک

شکل ۸۰–۸ واریاک

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل ۸

۱- اجزای تشکیل‌دهنده‌ی یک سلف را نام ببرید.

۲- کدام رابطه مربوط به محاسبه‌ی $\cos\varphi$ در مدار RL موازی است؟

الف) $\frac{R}{Z}$ ب) $\frac{X_L}{Z}$

ج) $\frac{Z}{X_L}$ د) $\frac{Z}{R}$

۳- میدان الکترومغناطیسی را تعریف کنید.

۴- جهت میدان مغناطیسی اطراف یک سیم پیچ را چگونه تعیین می‌کنند؟

۵- ضریب خود القایی سلف را تعریف کنید.

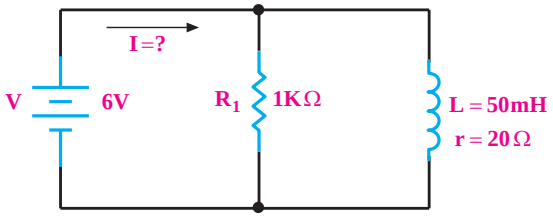
۶- چگونگی تولید جریان القایی را شرح دهید.

۷- از یک سلف با مشخصات $r=۱۰۰\Omega$ و $L=۳۰۰mH$ جریانی برابر با $I=۴۰۰\ mA$ می‌گذرد. انرژی ذخیره شده در سیم‌پیچ چند میکرو ژول است؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

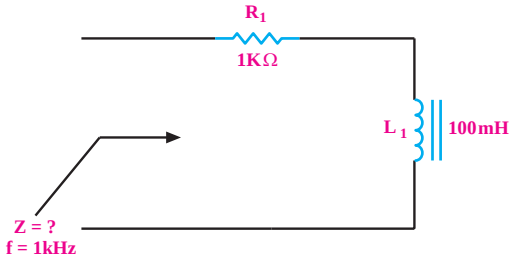
۸- در مـدار شـکل ۸-۸۱ جریـان نهایی در مـدار چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۸-۸۱

۹- نحوه‌ی آزمایش یک سلف به وسیله‌ی اهم‌متر را شرح دهید.

۱۰- در شکل ۸-۸۲ امپدانس مدار را محاسبه کنید.



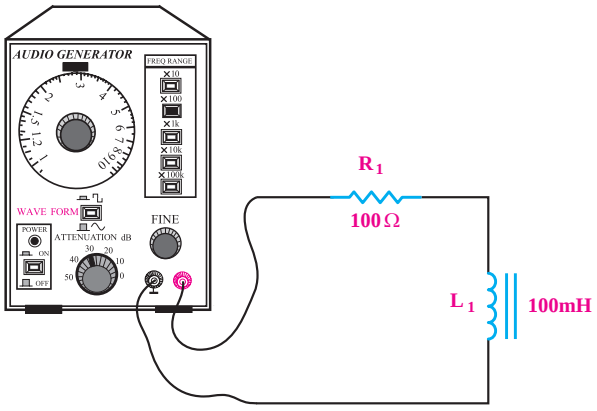
شکل ۸-۸۲

۱۱- تلفات مسی در یک ترانسفورماتور، در کدام قسمت به وجود می‌آید؟

الف) سیم‌پیچ‌ها ب) هسته

۱۲- در شـکل ۸-۸۳ بـا افزایش فرکانس، ولتاژ دو سـر مقاومت اهمی ..... می‌شود.

الف) کم ب) زیاد

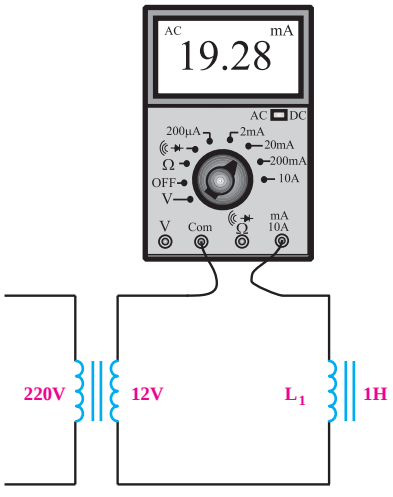


شکل ۸-۸۳

۱۳- در شـکل ۸-۸۴ با افزایش ضریب خود القایی سلف کدام حالت اتفاق می‌افتد؟

الف) میلی‌آمپرمتر جریان بیشتری را نشان می‌دهد.

ب) میلی‌آمپرمتر جریان کمتری را نشان می‌دهد.

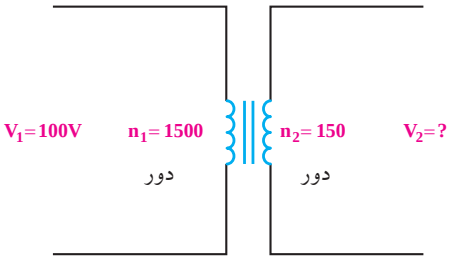


شکل ۸-۸۴

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۴- در شکل ۸۵-۸ مقدار V_2 چند ولت است؟



شکل ۸۵-۸

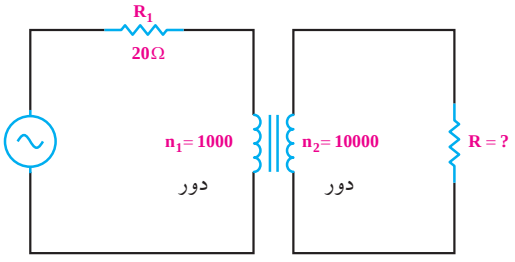
الف) ۱۰ ب) ۱۵

ج) ۱ د) ۱/۵

۱۵- در شکل ۸۶-۸ مقدار R چند اهم باشد تا حداکثر توان به دو سر آن انتقال یابد؟

الف) ۲۰۰۰۰ ب) ۲۰۰۰

ج) ۲۰۰ د) ۲



شکل ۸۶-۸

۱۶- اگر یک ترانسفورماتور مقدار ولتاژ را ..... دهد، مقدار جریان را کاهش خواهد داد.

الف) کاهش ب) افزایش

۱۷- ترانسفورماتور ایده‌آل، چه نوع ترانسفورماتوری است؟

الف) ترانسفورماتوری که تلفات آهنی آن صفر باشد.

ب) ترانسفورماتوری که تلفات مسی آن صفر باشد.

ج) موارد الف و ب

د- ترانسفورماتوری که به صورت فیلتر عمل کند.

۱۸- روابط نسبت دور، نسبت‌جریان‌ها و نسبت ولتاژها را در ترانسفورماتور ایده‌آل بنویسید.

۱۹- انواع تلفات در ترانسفورماتور را نام ببرید و برای هر یک توضیح کوتاهی بنویسید.

۲۰- اگر یک هادی را در میدان مغناطیسی ثابت به حرکت درآوریم، کدام اتفاق رخ می‌دهد؟

الف) در دو سر آن ولتاژ القا می‌شود.

ب) نیرویی به هادی وارد می‌شود.

ج) هیچ اتفاقی نمی‌افتد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل نهم

مدارهای هماهنگ

هدف کلی : تحلیل مدارهای RLC و فیلترها

هدف رفتاری : پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- امپدانس مدار LC سری و موازی را محاسبه کند.

۲- دیاگرام برداری ولتاژها و جریان مدار LC سری و موازی را رسم کند.

۳- امپدانس مدار RLC سری و موازی را محاسبه کند.

۴- دیاگرام برداری مدار RLC سری و موازی رارسم کند.

۵- رزونانس را تعریف کند و تعریف رزونانس مدارهای سری و موازی را محاسبه کند.

۶- پهنای باند و ضریب کیفیت مدار RLC سری و مدار RLC موازی را محاسبه کند.

۷- توان در مدارهای RLC در جریان متناوب را محاسبه کند.

۸- امپدانس و فرکانس رزونانس مدار RLC سری و موازی را اندازه بگیرد.

۹- فیلترهای پایین گذر، بالاگذر ، میان گذر و میان‌نگذر را تعریف کند.

۱۰-فرکانس قطع فیلترهای پایین گذر و بالا گذر را محاسبه کند.

۱۱-منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر RC پایین گذر و RC بالا گذر، میان‌گذر و میان نگذر را اندازه‌گیری و رسم کند.

۱۲-فرکانس قطع فیلترهای پایین گذر، بالا گذر، میان گذر و میان نگذر را اندازه گیری کند.

۱۳-اهداف رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول آمده است را اجرا کند.

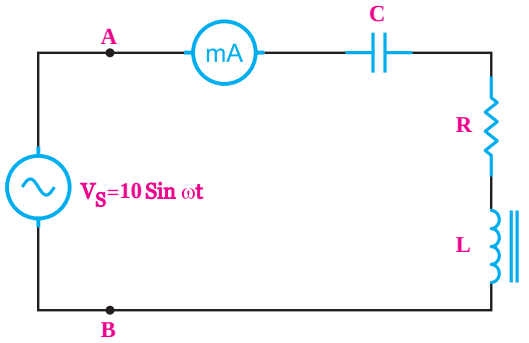
توانایی شماره‌ی ۹	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۶	۱۲	۱۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۹)

۱ – در شکل زیر میلی‌آمپر AC ، ده میلی‌آمپر را نشان می‌دهد . امپدانس مدار از دو نقطه A و B چند اهم است ؟



الف) ۱۰۰۰ ب) ۱۰۰

ج) ۷۰۷/۱ د) ۷۰/۷۱

۲ – مقدار مؤثر ولتاژ متناوب سینوسی معادل .....است که می‌تواند در زمان معین و بار معین، گرمای یکسانی را ایجاد کند .

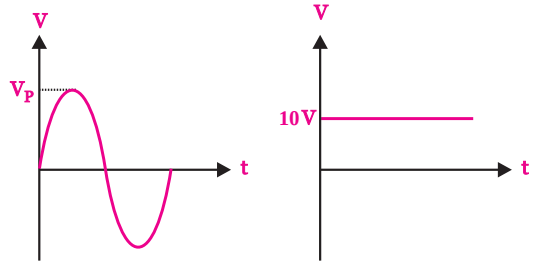
الف) ولتاژ مستقیم DC

ب) پیک ولتاژ متناوب

ج) پیک تو پیک ولتاژ متناوب

د) متوسط یک ولتاژ متناوب

۳ – اگر دو ولتاژ مستقیم (DC) و متناوب (AC) مانند شکل موج‌های الف و ب در یک بار معین در زمان معین حرارت یکسان ایجاد کند کدام گزینه صحیح است ؟



ب الف

الف) مقدار مؤثر شکل موج (ب) برابر مقدار موج (الف)است.

ب) پیک ولتاژ موج (ب) برابر مقدار موج (الف) است .

ج) معدل ولتاژ موج (ب) با مقدار موج (الف) یکسان است .

د) پیک تا پیک ولتاژ موج (ب) با مقدار موج (الف) یکسان است .

۴ – جریان در یک مدار سلفی ایده آل نسبت به ولتاژ مدار از نظر فاز چه وضعیتی دارد ؟

الف) ۹۰ درجه پس فاز

ب) ۹۰ درجه پیش فاز

ج) هم فاز

د) ۴۵ درجه پس فاز

۵ – کدام گزینه درباره‌ی اختلاف فاز بین جریان نسبت به ولتاژ در مدار خازن خالص صحیح است ؟

الف) ۹۰ درجه پس فاز

ب) ۹۰ درجه پیش فاز

ج) ۴۵ درجه پس فاز

د) ۴۵ درجه پیش فاز

۶ – در یک مدار RL سری کدام گزینه در مورد محاسبه جریان مدار صحیح است ؟

الف) $I_T = \frac{V_S}{R+X_L}$ ب) $I_T = \frac{V_S}{R}$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

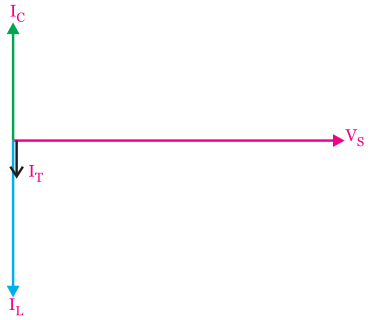
ج) $I_T = \frac{V_S}{X_L}$ د) $I_T = \frac{V_S}{Z}$

۷ – کدام گزینه درباره‌ی امپدانس در مدارهای LC سری در حالت رزونانس صدق می کند ؟

الف) Z=۰ ب) $Z=Z_{max}$

ج) Z=R د) $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

۸ – کدام گزینه مربوط به دیاگرام برداری مدار شکل زیر است ؟



الف) LC سری $X_L > X_C$

ب) LC سری $X_C > X_L$

ج) LC موازی $X_L > X_C$

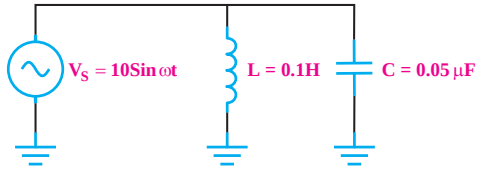
د) LC موازی $X_C > X_L$

۹ – در مدار LC موازی اگر فرکانس مدار بیشتر از فرکانس رزونانس شود، کدام گزینه درباره‌ی مدار صدق می کند؟

الف) خازنی $X_C < X_L$ ب) خازنی $X_C > X_L$

ج) سلفی $X_C < X_L$ د) سلفی $X_C > X_L$

۱۰ – فرکانس رزونانس در مدار شکل زیر چند کیلوهرتز است ؟



الف) ۳/۱ ب) ۷/۰۷

ج) ۲/۲۹ د) ۱۴

۱۱ – کدام گزینه در مورد امپدانس مدار RLC سری در حالت رزونانس صدق می کند ؟

الف) R ب) $\frac{1}{R}$ ج) X_C د) X_L

۱۲ – اگر شروع یک موج از موج دیگری زودتر باشد ، در اصطلاح می گویند آن موج ..... است .

۱۳ – در مدارهای RLC چنان چه فرکانس تغییر کند ، هیچ گاه مقایر $X_C = X_L$ نمی‌شود .

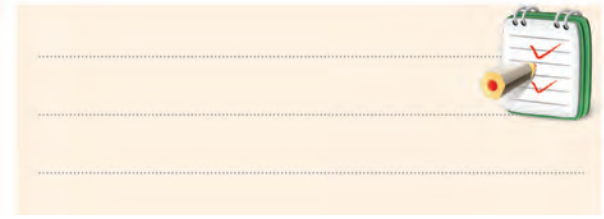
صحیح ❐ غلط ❐

۱۴ – اگر مدار RLC موازی در حالت رزونانس باشد جریان کل مدار حداکثر است .

صحیح ❐ غلط ❐

۱۵ – مقدار سلف معادل چند سیم پیچ به صورت موازی ، از مقدار هر یک از سلف های مدار ..... است .

۱۶ – ضریب کیفیت را تعریف کنید.



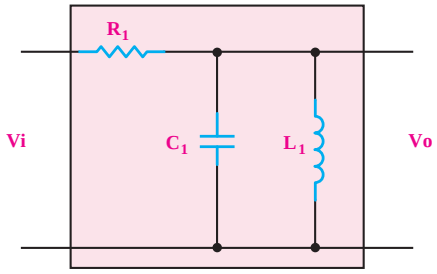
۱۷ – پاسخ های صحیح را از ستون سمت چپ به ستون سمت راست ارتباط دهید . (از رنگ های مختلف استفاده کنید.)

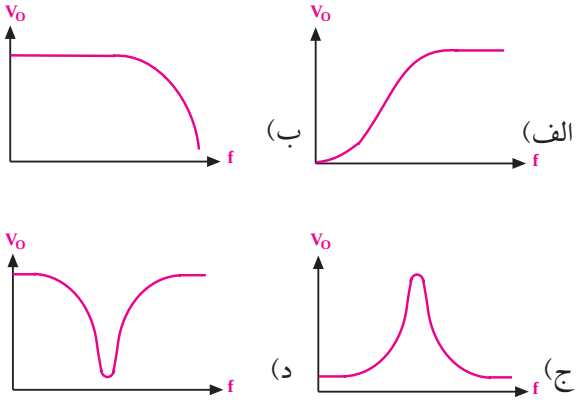
CarGeek.Live

CarGeek.Live

- LC سری
  - $Z = \frac{X_L . X_C}{|X_L - X_C|}$
  - $Z = |X_C - X_L|$
- LC موازی
  - $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
  - $I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$
- RLC سری
  - $Z = \infty$ رزونانس
  - $Z = 0$ رزونانس
  - حداقل Z رزونانس
- RLC موازی
  - حداکثر Z رزونانس

۱۸ – منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر زیر کدام است ؟





CarGeek.Live

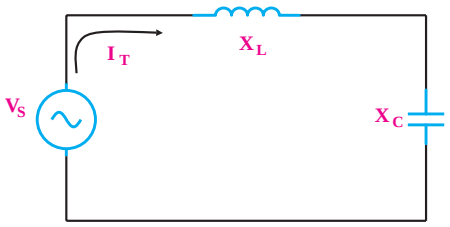
CarGeek.Live

۱–۹ مدار LC

۱–۱–۹ مدار LC سری

اگر یک سلف ایده‌آل را با یک خازن مطابق شکل ۱–۹ به صورت سری به یک دیگر اتصال دهید و آن را به یک منبع ولتاژ متناوب وصل کنید، جریانی از مدار عبور می‌کند که مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

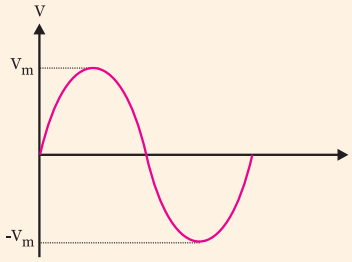
$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{V_{eff}}{z}$$



شکل ۱– ۹ مدار LC سری

توجه:

در مدارهای جریان متناوب سینوسی منظور از I_{eff} و V_{eff} مقدار جریان و ولتاژ موثری است که از روابط $\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ و $\frac{V_m}{\sqrt{2}}$ محاسبه می‌شود.

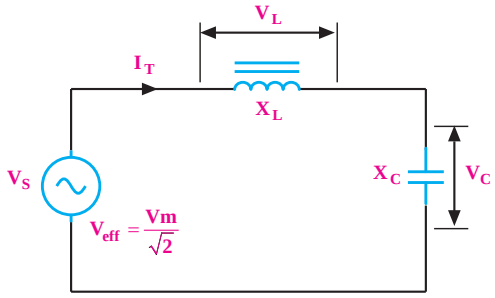


امپدانس

در مدار LC سری چنان چه راکتانس سلف برابر با X_L و راکتانس خازن برابر با X_C باشد، امپدانس کل مدار (Z) از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود، شکل ۲–۹.

می‌خوانیم Z مساوی قدر مطلق $X_C - X_L$ است.

$$z = |X_C - X_L|$$



شکل ۲– ۹ امپدانس کل مدار

نکته : قدر مطلق به معنی در نظر گرفتن مقدار عددی، بدون علامت آن است.

در مدار LC سری، جریان سلف و خازن با یک دیگر برابر است، لذا می‌توانیم ولتاژ دو سر سلف و خازن را به صورت زیر بنویسیم :

$V_L = I_{eff} \cdot X_L$ ولتاژ معادل ولتاژ مؤثردر دو سر سلف

$V_C = I_{eff} \cdot X_C$ ولتاژ معادل ولتاژ مؤثردر دو سر خازن

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{|X_L - X_C|}$$

$$V_S = |V_L - V_C|$$

توجه

در مدار LC سری:

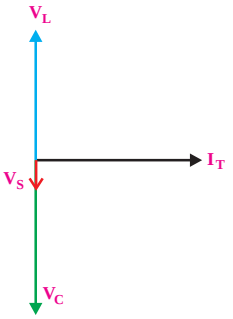
ولتاژ منبع برابر با جمع برداری ولتاژ دو سر سلف و خازن است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

دیاگرام برداری :

دیاگرام برداری ولتاژها را در شکل ۳– ۹ مشاهده می کنید.

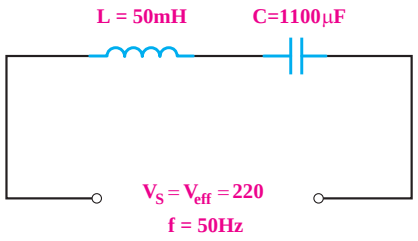


شکل ۳ – ۹ دیاگرام برداری مدار LC سری

در مدار LC سری اگر V_L با V_C مساوی باشد ، حالت رزونانس (تشدید) به وجود می آید، اگر V_L بزرگتر از V_C باشد مدار خاصیت سلفی و اگر V_C بزرگتر از V_L باشد مدار خاصیت خازنی دارد .

مثال ۱ : جریان مدار شکل ۴ – ۹ چند آمپر است ؟

$\pi \cong ۳$



شکل ۴ – ۹

حل : ابتدا مقدار امپدانس‌های X_L و X_C را محاسبه می کنیم :

$$X_L = ۲\pi fL$$

$$X_L = ۲\times ۳\times ۵۰\times ۵۰\times ۱۰^{-۳}$$

$$X_L = ۱۵\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc}$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\times ۳\times ۵۰\times ۱۱۰۰\times ۱۰^{-۶}}$$

$$X_C = ۳\Omega$$

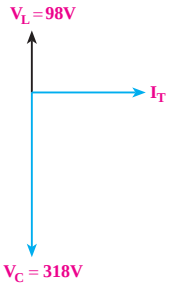
چون مقدار X_L بزرگتر از مقدار X_C است پس مدار خاصیت سلفی دارد ، رابطه‌ی امپدانس را به صورت زیر به کار می‌بریم :

$$Z = |X_L - X_C|$$
$$Z = |۱۵ - ۳| = ۱۲\Omega$$

جریان مدار را محاسبه می کنیم

$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{۲۲۰}{۱۲} = ۱۸/۳\,A$$
$$I_T = ۱۸/۳\,A$$

مثال ۲ : دیاگرام برداری یک مدار LC سری مطابق شکل ۵ – ۹ است در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۳۱۸ اهم باشد ، مقدار راکتانس سلف ، ضریب خود القا و ولتاژ کل مدار را محاسبه کنید .(هرتز ۵۰ =f)



شکل ۵ – ۹ دیاگرام برداری LC سری

حل :

با توجه به مدار LC سری و روابط مربوطه داریم :

$$V_S = |V_L - V_C|$$
$$V_S = |-۳۱۸ + ۹۸| = ۲۲۰V$$
$$V_S = ۲۲۰V$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

با اســتفاده از ولتاژ دو ســر خازن جریان مدار را محاســبه می‌کنیم :

$$V_C = X_C . I \Rightarrow I = \frac{V_C}{X_C}$$

$$I = \frac{۳۱۸}{۳۱۸} = ۱A$$

با استفاده از V_L و I مقدار X_L را به دست می‌آوریم .

$$V_L = X_L . I \Rightarrow X_L = \frac{V_L}{I} \Rightarrow X_L = \frac{۹۸}{۱} = ۹۸$$

$X_L = ۹۸$ اهم

مقدار L را با استفاده از F و X_L محاسبه می‌کنیم .

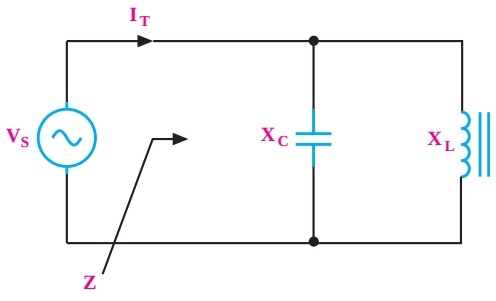
$$L = \frac{X_L}{۲\pi f} = \frac{۹۸}{۲\times ۳/۱۴\times ۵۰}$$

$L = ۰/۳۱$ هانری

۲-۱-۹ مدار LC موازی

اگر یک ســلف و یک خــازن را مطابق شــکل ۶ – ۹ به صورت موازی ببندیم و مجموعه را به یک منبع ولتاژ متناوب سینوســی متصل کنیم ، مقدار جریانی که از مدار می‌گذرد از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید .

$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{V_{eff}}{Z}$$



شکل ۶-۹

امپدانس

امپدانــس کل مــدار LC موازی از رابطه‌ی زیر محاســبه می‌شود .

$$Z = \frac{X_L . X_C}{|X_L - X_C|}$$

مخصوص دانش‌آموزان علاقه‌مند :

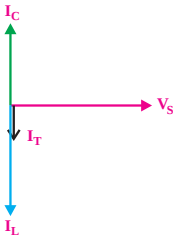
امپدانس کل مدار LC موازی را که از ساده کردن رابطه‌ی زیر به دست می‌آید ، محاسبه کنید .

$$\frac{۱}{Z} = \frac{۱}{X_L} - \frac{۱}{X_C}$$

توجه داشته باشید که در عمل، مدار LC (سری یا موازی) خالص وجــود ندارد. زیرا هر نوع ســلفی حتمــا دارای یک مقاومت اهمی مربوط به ســیم‌پیچ است. لذا مدار خالص LC ســری یا موازی صرفاً به صورت نظــری و تئوری توجیه‌پذیر است و برای تحلیل تقریبی در مدارها به کار می‌رود.

دیاگرام برداری

دیاگرام برداری جریان ها در مدار LC موازی در شــکل ۷– ۹ رسم شده است .



شکل ۷– ۹ دیاگرام برداری مدار LC موازی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

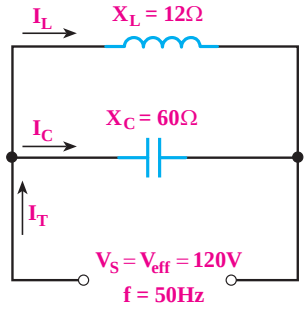
به سبب مخالفت راکتانس سلف با خازن ، اگر I_C با I_L مساوی باشد ، جریان کل مدار در حالت رزونانس برابر با صفر می شود .

چنانچه جریان سلف (I_L) بیشتر از جریان خازن (I_C) باشد، مدار خاصیت سلفی و اگر (I_C) بزرگتر از (I_L) باشد مدار خاصیت خازنی دارد .

مدار خاصیت سلفی دارد $\Rightarrow I_L > I_C$

مدار خاصیت خازنی دارد $\Rightarrow I_C > I_L$

مثال ۳: جریان کل و جریان هر شاخه را در مدار شکل ۸ – ۹ به دست آورید .



شکل ۸ – ۹

حل :

چون ولتاژ در مدار ثابت است ، جریان هر شاخه با استفاده از قانون اهم محاسبه می شود .

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{۱۲۰}{۱۲} = ۱۰A$$

مدار خاصیت سلفی دارد

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{۱۲۰}{۶۰} = ۲A$$

$I_C = ۲A$

مدار خاصیت سلفی دارد. $\Rightarrow I_T = I_L - I_C$

$I_T = ۱۰ - ۲ = ۸A$

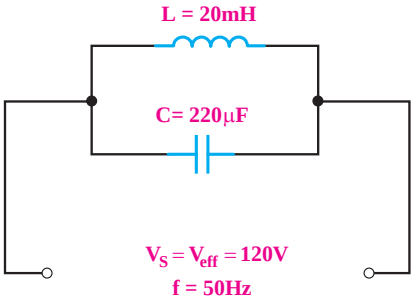
$I_T = ۸A$

مثال ٤ : در مدار شکل ۹ – ۹ مطلوب است :

الف – امپدانس مدار

ب – جریان کل مدار

ج – خاصیت مدار



$\pi \cong ۳$

$f = ۵۰ HZ$

$V_S = ۱۲۰ v$

شکل ۹-۹

حل :

الف – محاسبه‌ی امپدانس مدار:

$$X_L = ۲\pi fL = ۲ \times ۳ \times ۵۰ \times ۲۰ \times ۱۰^{-۳}$$

$$X_L = ۶\Omega$$

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc} = \frac{۱}{۲ \times ۳ \times ۵۰ \times ۲۲۰ \times ۱۰^{-۶}} = ۱۵\Omega$$

$$Z = \frac{X_C . X_L}{X_C - X_L} = \frac{۱۵ \times ۶}{۱۵ - ۶} = \frac{۹۰}{۹} = ۱۰\Omega$$

ب– محاسبه‌ی جریان کل مدار

$$I_T = \frac{V_S}{Z} = \frac{۱۲۰}{۱۰} = ۱۲A$$

$I_L > I_C \Rightarrow X_C > X_L \Rightarrow$ مدار خاصیت سلفی دارد

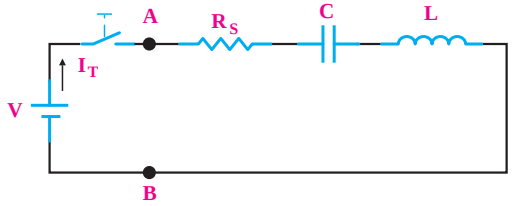
۹ – ۲ مدار RLC سری

۹ - ۲ - ۱ رفتار مدار RLC سری در ولتاژ DC

اگر یک مقاومت اهمی ، یک سلف و یک خازن را مانند شکل ۹ – ۱۰ به یکدیگر ببندیم ، مدار RLC سری تشکیل می‌شود.

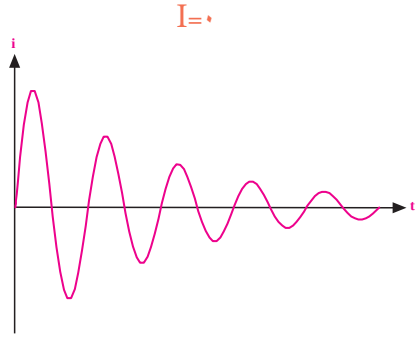
CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۱۰– ۹ مدار RLC سری

چون عکس العمل سلف و خازن در مدار یکسان نیست اگر مدار RLC سری را به ولتاژ DC وصل کنیم ، بعد از وصل کلید ، تا لحظاتی جریان در مدار تغییر می کند . شکل جریان در مدار بستگی به مقدار عناصر دارد . ممکن است برای لحظاتی به صورت شکل ۱۱ – ۹ باشد ولی صرف نظر از این شکل موج ، بعد از مدتی جریان در مدار به صفر می‌رسد.



شکل ۱۱– ۹ جریان مدار RLC سری در ولتاژ DC

اگر مقاومت ورودی را از دو نقطه‌ی A و B در مدار شکل ۱۰– ۹ محاسبه کنیم ، باید ولتاژ بین دو نقطه‌ی A و B را بر جریان مدار تقسیم کنیم . چون خازن در مدار کاملاً شارژ می‌شود و دیگر از منبع ، جریان نمی‌کشد بنابراین جریان مدار صفر خواهد بود . پس مقاومت مدار از دو نقطه A و B خیلی بزرگ و از نظر تئوری بی نهایت می‌شود .

$$\left.\begin{array}{l} R_{AB}=\dfrac{V_{AB}}{I} \\ I=۰ \end{array}\right\} \Rightarrow R_{AB}=\infty$$

به روش دیگری نیز می توان R_{AB} را به دست آورد .

$$R_{AB}=R_S+X_L+X_C$$

در ولتاژ DC فرکانس f برابر صفر است لذا :

$$X_L=۲\pi fL=۲\pi\times(۰)\times L=۰\Omega$$
$$X_C=\frac{۱}{۲\pi fc}=\frac{۱}{۲\pi(۰)C}=\frac{۱}{۰}=\infty$$

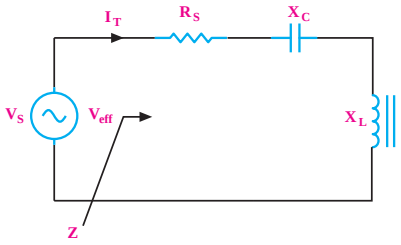
چون مقاومت خازنی در $f=۰$ برابر ∞ می شود پس در مدار DC مقدار R_{AB} برابر با بی نهایت (∞) است .

$$R_{AB}=R_S+۰+\infty=\infty$$

۲ - ۲ - ۹ رفتار مدار RLC سری در جریان متناوب

اگر یک مقاومت اهمی ، یک سلف و یک خازن را مطابق شکل ۱۲ – ۹ به صورت سری به یکدیگر وصل کنیم و سپس این مدار را به یک منبع جریان متناوب سینوسی اتصال دهیم، مقدار مؤثر جریانی که از مدار می گذرد از رابطه‌ی زیر به دست می آید .

$$I_T=I_{eff}=\frac{V_{eff}}{Z}$$



شکل ۱۲ – ۹ مدار RLC سری

تحقیق کنید: به چه دلیل در مدار RLC سری مقدار جریان کل با جریان موثر برابر است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

امپدانس

در یک مدار RLC سری ، مقدار Z (امپدانس) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}\ (\Omega)$$

اختلاف فاز

در مدار RLC سری ، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ می‌تواند بین صفر تا ۹۰ درجه تغییر کند . مقدار دقیق اختلاف فاز به مقادیر R و X_L و X_C بستگی دارد .

روابط فازی بین ولتاژ و جریان در مدار به شرح زیر است:

V_L نسبت به I_T، ۹۰ درجه پیش فاز است .

V_C نسبت به I_T ، ۹۰ درجه پس فاز است .

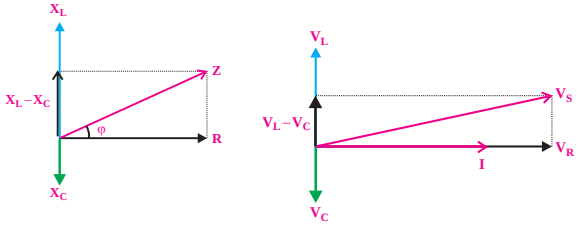
V_R با جریان I_T هم فاز است .

دیاگرام برداری

مقادیر R_S، X_L، X_C و Z را به صورت برداری نیز نشان می‌دهند . همیشه بین جریان مدار و ولتاژ کل مدار اختلاف فاز وجود دارد . زاویه‌ی φ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ است و مقدار آن از رابطه‌ی زیر به دست می آید .

$$\cos\varphi=\frac{R}{Z}$$

مقدار φ را می‌توانیم با استفاده از جدول مثلثاتی به دست آوریم . در شکل ۱۳ – ۹ دیاگرام برداری امپدانس‌های مدار و دیاگرام برداری ولتاژها و جریان مدار رسم شده است .



ب- امپدانس　　الف - ولتاژها و جریان

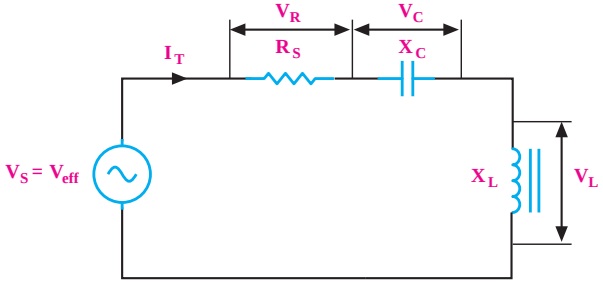
شکل ۱۳ – ۹ دیاگرام های برداری

ولتاژهای مدار

در شکل ۱۴–۹ که یک مدار RLC سری است . ولتاژ دو سر عناصر مدار از روابط زیر به دست می‌آید ، چون $I_T=I_{eff}$ است پس می‌توانیم بنویسیم :

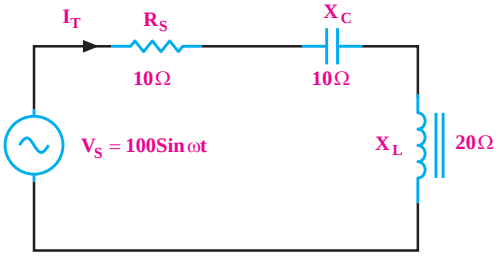
$$V_R=I_T\,.\,R=I_{eff}\times R$$
$$V_L=I_T\,.\,X_L=I_{eff}\times X_L$$
$$V_C=I_T\,.\,X_C=I_{eff}\times X_C$$

ولتاژ کل مدار $V_S=\sqrt{V_R^2+(V_L-V_C)^2}$



شکل ۱۴–۹ ولتاژهای مدار

مثال ۵ : در مدار شکل ۱۵– ۹ جریان موثر را به دست آورید :



شکل ۱۵–۹ مثال ۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

برای به دست آوردن جریان مدار از رابطه‌ی زیر استفاده می کنیم :

$$I_T = I_{eff} = \frac{V_{eff}}{Z}$$

مقدار Z را به دست می آوریم:

$$Z = \sqrt{(۱۰)^۲ + (۲۰-۱۰)^۲} = \sqrt{۲۰۰}$$

$$Z = ۱۴/۱۴\ \Omega$$

مقدار ولتاژ مؤثّر را اندازه می کنیم:

$$V_{eff} = \frac{۱۰۰}{\sqrt{۲}} = ۷۰/۷۷$$

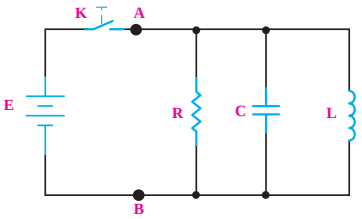
مقادیر را در رابطه‌ی جریان جایگزین می کنیم.

$$I_{eff} = \frac{۷۰/۷}{۱۴/۱۴} = ۵\,A$$
$$I_T = I_{eff} = ۵\,A$$

۳ - ۹ مدار RLC موازی

۱ - ۳ - ۹ رفتار مدار RLC موازی در ولتاژ DC

اگر یک مقاومت اهمی ، یک سلف و یک خازن را مطابق شکل ۱۶ – ۹ با یکدیگر موازی ببندیم ، مدار RLC موازی شکل می گیرد .



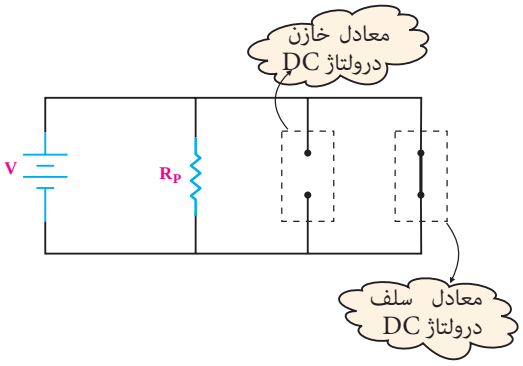
شکل ۱۶-۹ مدار RLC موازی

بعد از وصل کلید، خازن بلافاصله شارژ می‌شود و جریان $\frac{E}{R}$ از مقاومت اهمی و بعد از مدتی جریان $\frac{E}{r}$ (r مقاومت اهمی خود سلف) از سلف عبور می کند .

مقاومت از دو نقطه‌ی A و B برابر $R_{AB} = R \,||\, r = \frac{R.r}{R+r}$ است که معمولاً به دلیل کوچک بودن r بسیار کم است .

در ولتاژ DC فرکانس برابر صفر است . اگر از مقاومت اهمی سلف (r) صرف‌نظر نماییم در ولتاژ DC سلف ایده‌آل مانند یک سیم اتصال کوتاه عمل می کند . بعد از وصل کلید، در ولتاژ DC خازن بلافاصله شارژ می‌شود و مقاومت آن بسیار زیاد و از نظر تئوری بی‌نهایت است . امپدانس مدار از دو نقطه‌ی A و B برابر با صفر می‌شود، شکل ۱۷– ۹ .

$R_{AB}=۰$

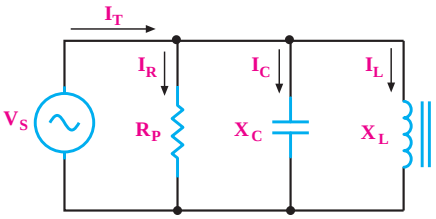


شکل ۱۷-۹

۲ - ۳ - ۹ رفتار مدار RLC موازی در جریان متناوب

اگر مقاومت اهمی ، سلف و خازن را مطابق شکل ۱۸ – ۹ به صورت موازی به یکدیگر وصل کنیم و سپس مجموعه را به یک منبع جریان متناوب اتصال دهیم ، جریان کل مدار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید :

$$I_T = I_{eff} = \frac{V_S}{Z}$$



شکل ۱۸ – ۹ مدار RLC موازی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مخصوص دانش‌آموزان علاقه‌مند:

امپدانس

مقدار امپدانس مدار (Z) از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R_P^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2$$

مقدار امپدانس (Z) از رابطه‌ی $Z = \frac{V_S}{I_T}$ نیز محاسبه می‌شود.

اختلاف فاز

در مدار RLC موازی ، اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ بین صفر تا ۹۰ درجه می‌تواند تغییر کند .

روابط فازی بین جریان‌ها و ولتاژ کل مدار به شرح زیر است :

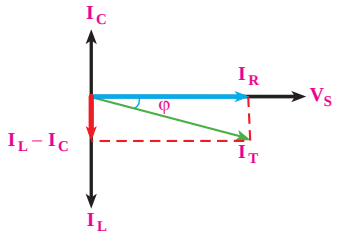
۱ – I_L نسبت به V_S، ۹۰ درجه پس فاز است .

۲ – I_C نسبت به V_S، ۹۰ درجه پیش فاز است .

۳ – I_R با جریان V_Sهم فاز است .

دیاگرام برداری

دیاگرام برداری جریان‌ها و ولتاژ مدار در شکل ۱۹–۹ نشان داده شده است .



شکل ۱۹ – ۹ دیاگرام برداری مدار RLC موازی

جریان‌های مدار

در یک مدار RLC موازی ، روابط زیر برقرار است :

جریان عبوری از مقاومت R (جریان مؤثّر)

$$I_R = \frac{V_S}{R}$$

جریان عبوری از سیم پیچ (جریان سلفی)

$$I_L = \frac{V_S}{X_L}$$

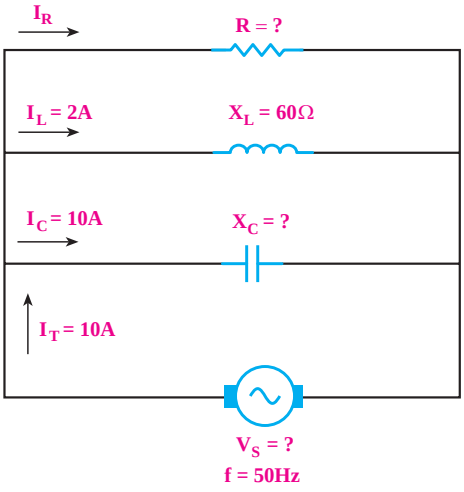
جریان عبوری از خازن (جریان خازنی)

$$I_C = \frac{V_S}{X_C}$$

جریان کل مدار

$$I_T = I_{eff} = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$

مثال ٦ : در مدار شکل ۲۰ – ۹ با توجه به مقادیر جریان‌های I_L و I_C و I_T مطلوبست :



شکل ۲۰–۹

الف – جریان I_R

ب – ولتاژ مدار

ج – امپدانس مدار

د – R و X_C

CarGeek.Live

CarGeek.Live

حل :

ابتدا مقدار I_R را محاسبه می کنیم .

$$I_T = I_{eff} = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$$
$$10 = \sqrt{I_R^2 + (10-2)^2} \Rightarrow I_R = 6\,A$$
$$I_R = 6\,A$$

با توجه به مقدار X_L مقدار V_S را به دست می‌آوریم :

$$V_S = X_L . I_L = 60 \times 2 = 120\,V$$
$$V_S = 120\,V$$

با استفاده از مقادیر V و I_R مقدار R را محاسبه می کنیم:

$$R = \frac{V_S}{I_R} = \frac{120}{6} = 20\,\Omega$$
$$R = 20\,\Omega$$

به همین ترتیب مقادیر X_C و Z را به دست می آوریم :

$$X_C = \frac{V_S}{I_C} = \frac{120}{10} = 12\Omega$$
$$X_C = 12\Omega$$

$$Z = \frac{V_S}{I_T}$$
$$Z = \frac{120}{10} = 12\Omega$$

توجه

در مدارهای RLC سری و موازی، R_S مقاومت سری و R_P مقاومت موازی است .

تمرین کلاسی ۱ :

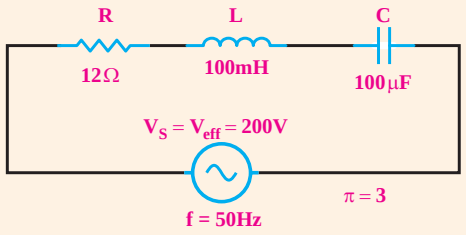
با در نظر گرفتن مدار شکل ۲۱–۹ مطلوب است :

الف _ امپدانس مدار

ب – جریان مدار

ج – ولتاژ دو سر هر یک از قطعات

د – اختلاف فاز φ

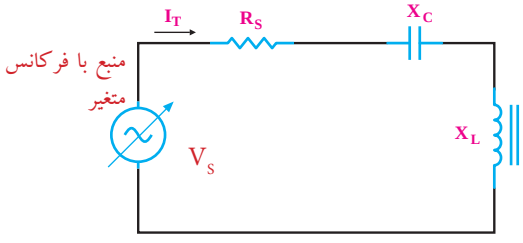


شکل ۲۱-۹

۴ – ۹ رزونانس در مدار RLC سری

۱ - ۴ - ۹ تعریف رزونانس

در یک مدار RLC سری، اگر فرکانس منبع تغذیه مدار قابل تغییر باشد ، با تغییر فرکانس منبع در یکی از فرکانس‌ها (فقط و فقط به ازای یک فرکانس) ، $X_L = X_C$ می شود، شکل ۲۲ – ۹ . این فرکانس را **فرکانس رزونانس** می نامند.

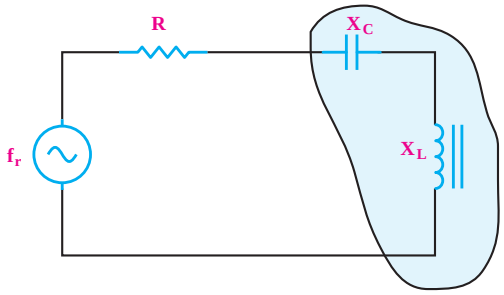


شکل ۲۲ – ۹ مدار RLC سری

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در فرکانس رزونانس، سلف و خازن اثر یکدیگر را خنثی می‌کنند . در این شرایط امپدانس مدار، می‌نیمم و برابر با مقاومت اهمی مدار یعنی $Z=R$ می‌شود .در این حالت می‌گوییم مداردر حال رزونانس یا تشدید است. فرکانسی که سبب این حالت خاص($X_L=X_C$)می‌شود را فرکانس رزونانس می‌نامند ، شکل ۲۳ – ۹ .



شکل ۲۳ – ۹ مدار RLC سری در حالت رزونانس

در مدار RLC سری در حالت رزونانس ، امپدانس مدار حداقل است و جریان حداکثر از مدار می‌گذرد .

جریان مدار همان جریان عبوری از مقاومت R است ، شکل ۲۴– ۹ .

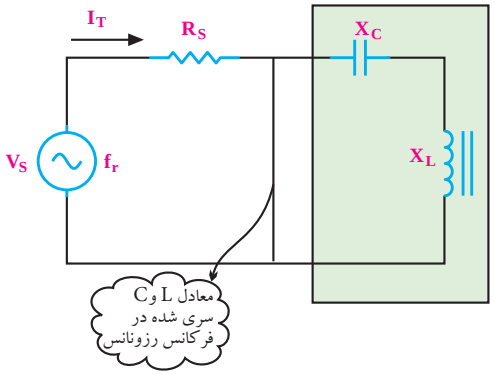
در مدار سری در فرکانس رزونانس روابط زیر برقرار است :

$$X_L=X_C$$

$$I_T=\frac{V_S}{R_S}$$

$$Z=R_S$$

امپدانس مدار حداقل و برابر با R_s است.



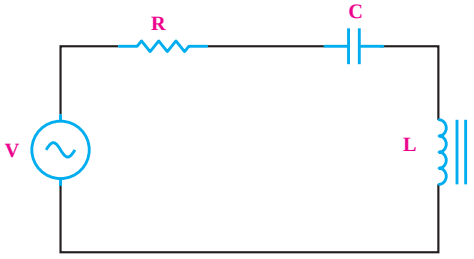
شکل ۲۴–۹ جریان مدار در حالت رزونانس سری

۲ - ۴ - ۹ فرکانس رزونانس در مدار RLC سری

در یک مدار RLC سری ، هر گاه $X_L=X_C$ شود ، مدار به حال رزونانس یا تشدید در می‌آید ، شکل ۲۵ – ۹ . در این حالت مقدار X_L و X_C از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود .

$$X_L=2\pi f L$$

$$X_C=\frac{1}{2\pi fc}$$



شکل ۲۵–۹ رزونانس در مدار RLC

در یک مدار RLC سری چنان چه X_L را مساوی X_C قرار دهیم ، فرکانسی که در آن X_L و X_C با هم برابر می‌شوند را می‌توانیم به دست آوریم ، مقدار این فرکانس برابر است با :

$$X_L=X_C=2\pi fL=\frac{1}{2\pi fc}$$

$$f_r=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳ - ۴ - ۹ پهنای باند

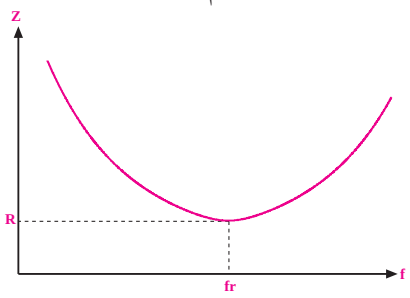
در یک مدار RLC سری ، اگر مقدار فرکانس را از صفر بـه تدریج زیاد کنیـم ، در فرکانس‌های خیلی کم ، راکتانس خازنـی مـدار با فـرض ثابت بـودن ظرفیـت آن خیلی زیاد می‌شـود . در ایـن حالت با توجه به رابطـه‌ی راکتانس خازن ($X_C = \frac{۱}{۲\pi fc}$) چون f در مخرج کسـر قرار دارد ، هر قدر f کوچک تر باشـد مقدار X_C بزرگتر می شـود . در صورتی که در این مدار فرکانس را به تدریج زیاد کنیم مقدار X_C کم خواهد شد .

$$X_C = \frac{۱}{۲\pi fc}$$

مقدار راکتانس سلفی مدار در فرکانس‌های کم بسیار کم است ، زیرا مقدار راکتانس سلفی ، رابطه‌ی مستقیم با فرکانس دارد . بنابراین هر قدر فرکانس را افزایش دهیم مقدار X_L نیز زیاد می‌شود .

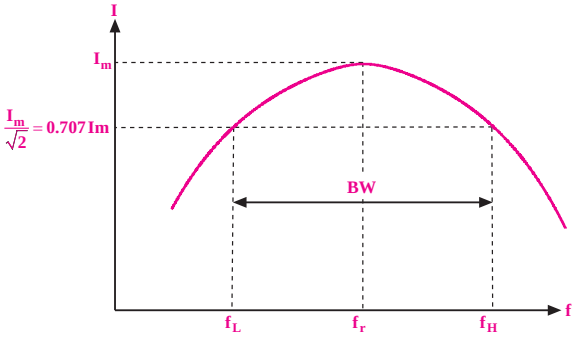
$$X_L = ۲\pi fL$$

با توجه به سـری کردن عناصـر R ، L و C ، در یکی از فرکانس‌هـا که آن را فرکانس رزونانس (f_r) می‌نامند ، مقدار $X_L = X_C$ می‌شود و امپدانس مدار را به حد می‌نیمم می‌رساند. در شـکل ۲۶– ۹ منحنی تغییرات امپدانس مدار RLC سری برحسب تغییرات فرکانس رسم شده است .



شکل ۲۶–۹ منحنی امپدانس مدار RLC سری

در ایـن حالت در فرکانـس رزونانس ، جریـان در مدار RLC به حداکثر مقدار خود افزایش می‌یابد . منحنی تغییرات جریان در مدار RLC سـری برحسـب تغییرات فرکانس در شکل ۲۷– ۹ ترسیم شده است .



شکل ۲۷–۹ منحنی جریان مدار RLC سری

مطابق شکل ۲۷ – ۹ طبق تعریف ، محدوده‌ای از فرکانس‌ها که در آن جریان مدار بیش تر یا مسـاوی با ۰/۷۰۷Im ($\frac{I_m}{\sqrt{۲}}$) یعنی تقریباً هفتاد درصد جریان در حالت رزونانس می‌شـود را پهنای باند می گویند . پهنای باند را با BW نشان می‌دهند . در شکل ۲۷ – ۹ پهنای باند نشان داده شده است .

$$\text{پهنای باند} = BW = f_H - f_L$$

مثـال۷ : اگر در یـک مـدار RLC سـری در حالت رزونانـس f_L = ۵۸۰ KHZ و f_H = ۶۱۰ KHZ باشـد ، پهنای باند را به دست آورید .

حل:

$$BW = f_H - f_L$$

$$BW = ۶۱۰ - ۵۸۰$$

$$BW = ۳۰ KHZ$$

۴ - ۴ - ۹ ضریب کیفیت در مدار رزونانس سری

طبق تعریف ضریب کیفیـت (Quality factor) در یک مدار RLC سری ، در حالت رزونانس به صورت زیر تعریف می‌شود :

$$Q = \frac{۲\pi \times (\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده})}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

ایـن ضریب میزان تیزی منحنی تغییـرات جریان و پهنای بانـد را تعیین می‌کند . بین مقـدار Q و پهنای باند و فرکانس رزونانس (f_r) رابطه‌ی زیر برقرار است :

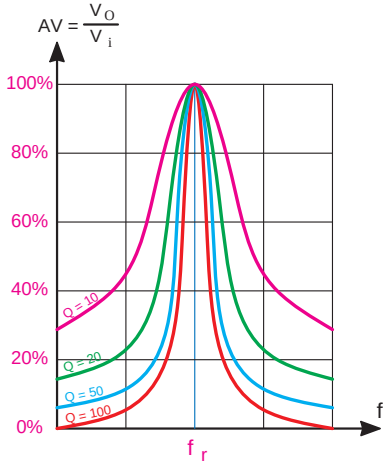
$$Q = \frac{f_r}{BW}$$

Q= ضریب کیفیت

f_r= فرکانس رزونانس

BW =پهنای باند

هـر قدر ضریـب کیفیـت (Q) بیش‌تـر باشـد ، منحنی مشـخصه‌ی فرکانس تیزتر اسـت . در شـکل ۲۸ – ۹ منحنی مشخصه‌ی مدار RLC سری بر حسب تغییرات فرکانس رسم شـده است . اگر شکل را مورد توجه قرار دهیم می‌بینیم که با افزایش مقدار Q ، پهنای باند کم‌تر می‌شود .



شکل ۲۸–۹ منحنی مشخصه‌ی فرکانس با Qهای مختلف

مقدار Q مدار رزونانس بسـتگی به مقدار مقاومت اهمی مدار دارد و از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است .

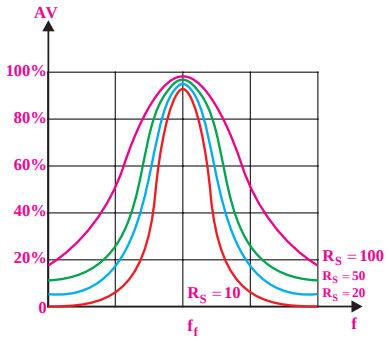
$$Q = \frac{X_L}{R_S} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{X_C}{R_S}$$

که در آن: Q = ضریب کیفیت

X_L= راکتانس سلفی

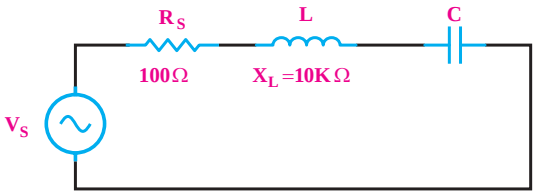
R_S = مقاومت اهمی مدار

اگر رابطه‌ی Q را مورد توجه قرار دهیم می‌بینیم که با زیاد شـدن مقاومت اهمی ، مقدار Q کـم و مقدار پهنای باند زیاد می‌شـود . شکل ۲۹– ۹ مقدار Q را در مدار رزونانس سری با مقادیر متفاوت R نشان می‌دهد .



شکل ۲۹–۹اثر مقاومت روی Q

مثـال ۸: در صورتـی کـه در مـدار شـکل ۳۰ – ۹ مقدار X_L =۱۰KΩ و R=۱۰۰Ω باشـد مقدار Q را به دست آورید .



شکل ۳۰ – ۹

حل:

مقدار Q را با استفاده از X_L و R محاسبه می‌کنیم .

$$Q = \frac{X_L}{R_S}$$

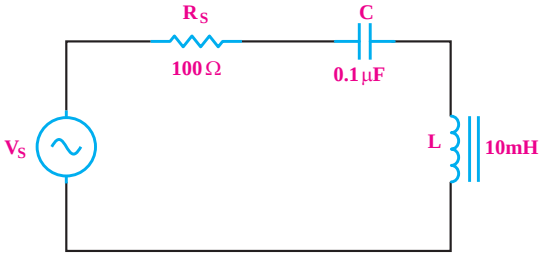
$$Q = \frac{۱۰K\Omega}{۱۰۰\Omega}$$

$$Q = ۱۰۰$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مثال ۹ : در مدار شکل ۳۱ – ۹ فرکانس رزونانس ، ضریب کیفیت و پهنای باند مدار را در فرکانس رزونانس به دست آورید .



شکل ۳۱–۹ مربوط به مثال ۸

حل :

محاسبه‌ی فرکانس رزونانس :

$$f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}} = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{۱۰\times۱۰^{-۳}\times۰/۱\times۱۰^{-۶}}}$$
$$f_r = ۵۰۳۵\,Hz$$

محاسبه‌ی ضریب کیفیت :

$$Q = \frac{X_L}{R} = \frac{۲\pi\times۵۰۳۵\times۱۰\times۱۰^{-۳}}{۱۰۰} = ۳/۱۶$$
$$Q = ۳/۱۶$$

محاسبه‌ی پهنای باند :

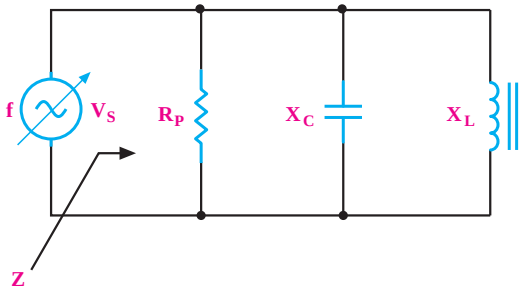
$$BW = \frac{fr}{Q} = \frac{۵۰۳۵}{۳/۱۶} = ۱۵۹۳\,Hz$$
$$BW = ۱۵۹۳\,Hz$$

۵ – ۹ رزونانس در مدار RLC موازی

۱ - ۵ - ۹ فرکانس رزونانس در مدار RLC موازی

در مدار RLC موازی شکل ۳۲– ۹ ، اگر فرکانس منبع متغیر باشد ، در یک فرکانس خاص $X_L=X_C$ می‌شود . در این صورت می‌گویند ، مدار RLC موازی در حالت رزونانس یا تشدید قرار دارد .

فرکانسی که به ازای آن $X_L=X_C$ می‌شود را فرکانس رزونانس می‌نامند و آن را با f_r نشان می‌دهند . در مدار RLC موازی در حالت رزونانس ، امپدانس مدار حداکثر و جریان حداقل است .



شکل ۳۲–۹ مدار RLC موازی

در فرکانس رزونانس روابط زیر برقرار است :

$$X_L = X_C$$

حداکثر مقدار امپدانس $Z = R$

$$I = \frac{V_S}{R}$$

بیشتر بدانیم : همانطور که می‌دانید در مدار RLC موازی در فرکانس رزونانس جریان عبوری از X_L (یعنی I_L) و جریان عبوری از X_C (یعنی I_C) باهم برابر می‌شوند. پس می‌توانیم بنویسیم :

$$I_L = \frac{V_S}{X_L} \text{ و } I_C = \frac{V_S}{X_C} \Rightarrow \frac{V_S}{X_L} = \frac{V_S}{X_C}$$
$$\Rightarrow \frac{۱}{X_L} = \frac{۱}{X_C} \Rightarrow X_L = X_C$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

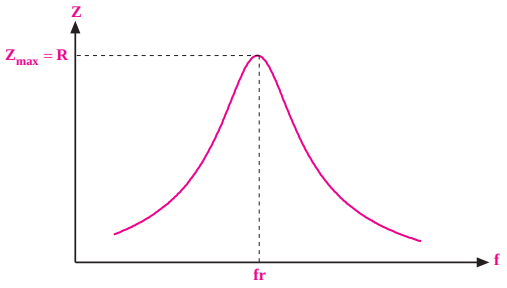
در این مدار برای محاسبه‌ی فرکانس رزونانس کافی است کـه مقدار X_L را برابر بـا X_C قرار دهیم . بعد از جایگزینی ، رابطه ی نهایی f_r به دست می‌آید :

$$X_L = X_C \Rightarrow f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$$

تحقیق کنید :

درستی رابطه $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ را در مدار RLC سری و مدار RLC موازی تحقیق کنید .

منحنی تغییرات امپدانس مدار RLC موازی را بر حسب تغییرات فرکانس در شکل ۳۳ – ۹ مشاهده می کنید .



شکل ۳۳–۹ منحنی تغییرات امپدانس مدار RLC موازی بر حسب تغییرات فرکانس

۲ - ۵ - ۹ ضریب کیفیت در مدار RLC موازی

ضریـب کیفیـت در مدارهـای RLC موازی نیـز مانند مدارهای RLC سری تعریف می‌شود :

$$Q = \frac{۲\pi \times (\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده})}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$$

مقـدار Q در فرکانـس رزونانس از روابط زیر به دسـت می‌آید :

$$Q = \frac{f_r}{BW}$$

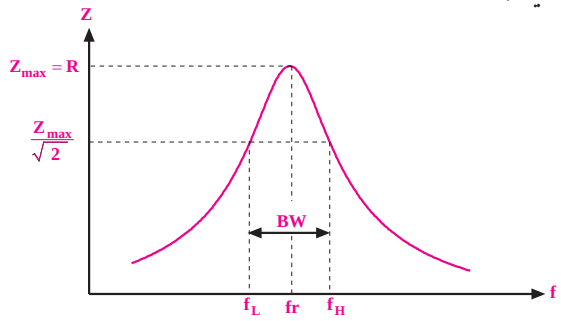
$$Q = \frac{R_P}{X_L} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{R_P}{X_C}$$

اگـر رابطه‌ی Q را مورد توجه قرار دهیم ، می‌بینیم که در مدار RLC موازی با زیاد شدن مقاومت اهمی ، مقدار Q زیاد و مقدار پهنای باند مدار کم می‌شود .

۳–۵–۹ پهنای باند در مدار RLC موازی

پهنـای بانـد در مدار RLC مـوازی ، به محـدوده‌ای از فرکانس‌ها گفته می شـود که امپدانس مدار برابر یا بزرگتر از $\frac{R}{\sqrt{۲}}$ یا ۰/۷۰۷ R باشد .

پهنای باند از رابطه‌ی $BW = \frac{f_r}{Q_r}$ به دست می‌آید . در شـکل ۳۴– ۹ پهنای باند در مدار رزونانس موازی را مشاهده می کنید .



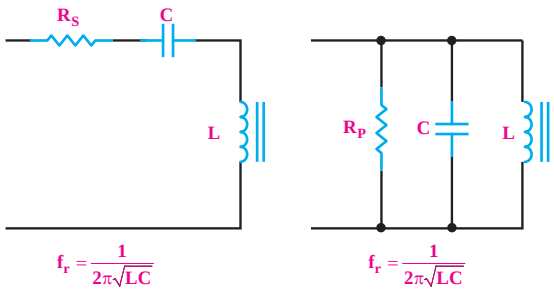
شکل ۳۴–۹ پهنای باند در مدار رزونانس موازی

۶ – ۹ مقایسه مدارهای رزونانس سری و موازی

الف - فرکانس رزونانس در مدارهای RLC موازی و سری از رابطه $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ به دست می‌آید ، شکل ۳۵– ۹ .

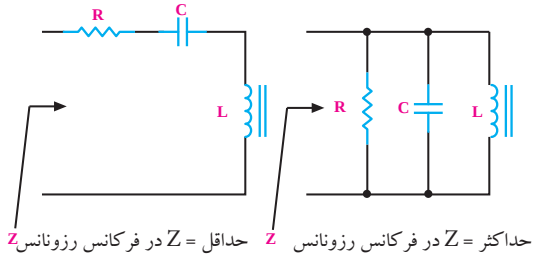
CarGeek.Live

CarGeek.Live



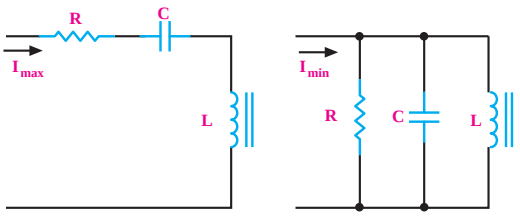
شکل ۳۵-۹

ب - امپدانس در مدار RLC سری در حال رزونانس حداقل و در مدار RLC موازی در حال رزونانس حداکثر است، شکل ۳۶-۹.



شکل ۳۶ – ۹ مقایسه‌ی امپدانس مدار RLC سری و موازی در حالت رزونانس

پ - جریان کل در مدار RLC سری در حالت رزونانس حداکثر است ، در صورتی که جریان در مدار RLC موازی در حال رزونانس به حداقل می رسد ، شکل ۳۷ – ۹ .



شکل ۳۷-۹مقایسه‌جریان مدار RLC سری و موازی در حالت رزونانس

ت - پهنـــای باند در مدارهـای RLC سـری و موازی از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید .

$$BW = \frac{f_r}{Q_r}$$

ث - ضریب کیفیت در مدارهای RLC سری از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود .

$$Q = \frac{X_C}{R} = \frac{1}{2\pi f_r . C . R} \quad \text{یا} \quad Q = \frac{X_L}{R}$$

در مدارهای RLC موازی ضریب کیفیت از رابطه‌ی زیر تعیین می‌شود.

$$Q_r = \frac{R}{X_C} = 2\pi f_r CR \quad \text{یا} \quad Q = \frac{R}{XL}$$

ج - امپدانس کل در مدار RLC سـری در حالت تشـدید برابر با $Z=R_S$ است و در مدار RLC موازی در حالت تشدید مقدار امپدانس کل برابر با $Z=R_p$ است .

توجه

در الکترونیک مدارهایی که سـیم پیچ و خازن داشته باشند را مدار هماهنگ می‌نامند .

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۷ – ۹ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۲ ساعت آموزشی

۱ - ۷ - ۹ هدف‌های آزمایش :

تعیین فرکانس و امپدانس در مدار هماهنگ موازی به صورت عملی

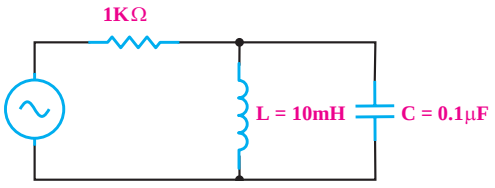
۲ - ۷ - ۹ - تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کانال	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۳	مولتی‌متر دیجیتالی	دو دستگاه
۴	برد برد	یک قطعه
۵	مقاومت اهمی ۱KΩ	یک عدد
۶	خازن ۰/۱ μf	یک عدد
۷	سلف ۱۰ mH	یک عدد
۸	سیم رابط دو سر گیره سوسماری	چهار رشته
۹	سیم رابط یک سر گیره سوسماری	چهار رشته

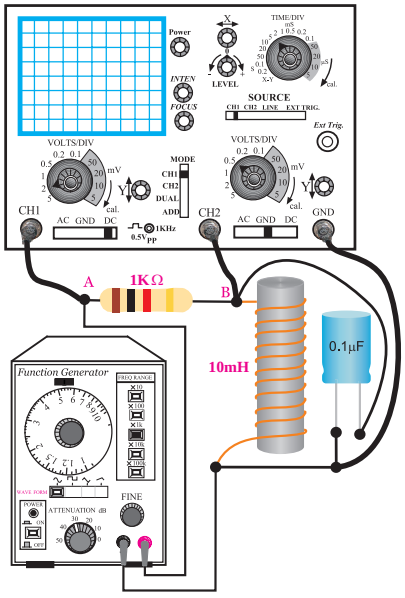
۳ - ۷ - ۹ مراحل اجرای آزمایش

الف - به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار هماهنگ موازی

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید.
- مدار شکل ۳۸ – ۹ را روی برد برد ببندید .



الف- نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۳۸-۹ مدار عملی آزمایش

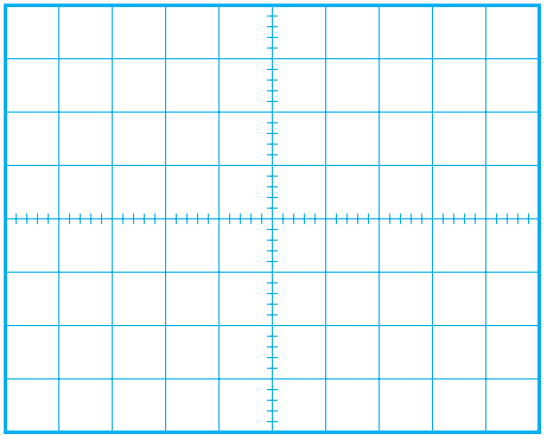
- با استفاده از رابطه‌ی $f_r = \frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$ فرکانس رزونانس مدار را محاسبه و یادداشت کنید .

f_r = ...

- کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید .
- سیگنال ژنراتور را روی فرکانس رزونانس محاسبه شده و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید .
- پروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه ی A و پروب کانال ۲ (CH۲) را به نقطه ی B وصل کنید و اسیلوسکوپ را روشن کنید .
- شکل موج نمودار خروجی مدار را از روی صفحه اسیلوسکوپ بر روی شکل ۳۹ – ۹ رسم کنید و دامنهٔ پیک تو پیک سیگنال خروجی و فرکانس را یادداشت کنید .

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳۹-۹ شکل موج خروجی

V_{P-P}= V

f= ..... Hz

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را نزدیک عدد مربوط به فرکانس رزونانس که در مرحله‌ی قبل محاسبه شد ، تغییر دهید و شکل موج خروجی مدار را مشاهده کنید .

چون در مدار هماهنگ موازی در فرکانس رزونانس امپدانس مدار حداکثر است پس جریان در مدار به حداقل مقدار یعنی $I_T = \frac{V_S}{R}$ می‌رسد.

■ در یک فرکانس خاص دامنه‌ی ولتاژ خروجی سیگنال (CH۲) دارای بیش‌ترین مقدار است. این فرکانس را یادداشت کنید.

f_r= .....

توضیح : این فرکانس همان فرکانس رزونانس مدار است که از راه عملی به دست می‌آید .

■ مقدار فرکانس سیگنال ژنراتور را طبق جدول ۱ – ۹ تغییر دهید و دامنه‌ی پیک تو پیک سیگنال خروجی را یادداشت کنید.

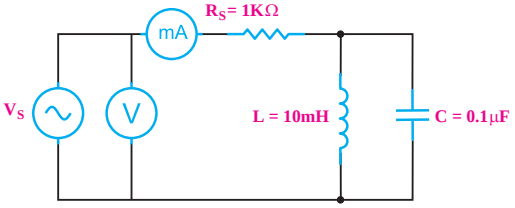
جدول ۱-۹

فرکانس ولتاژ ورودی	دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی
f_r-۳۰۰	
f_r-۲۰۰	
f_r-۱۰۰	
f_r	
f_r+۱۰۰	
f_r+۲۰۰	
f_r+۳۰۰	

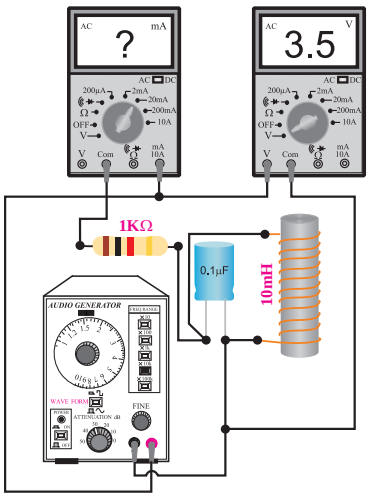
در صورت نیاز با توجه به تجهیزات و امکانات موجود در کارگاه مقادیر را تغییر دهید .

ب - تعیین امپدانس مدار هماهنگ موازی LC

■ مدار شکل ۴۰ – ۹ را روی برد برد ببندید .



الف- نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۴۰-۹ مدار آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ کلید سلکتور ولت متر را در حالت AUTO یا رنج ۲۰ V و کلید AC/DC را در حالت AC قرار دهید .

■ کلید سلکتور مولتی متری که به عنوان میلی‌آمپرمتر، به کار برده‌اید را روی ۲۰ mA قرار دهید و کلید AC/DC را در حالت AC بگذارید .

■ ولتاژ خروجی سیگنال ژنراتور را روی ۱۰ V_{P-P} تنظیم کنید .

■ کلید انشعاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید .

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی ۱۶ KHz قرار دهید .

■ مقدار ولتاژی را که ولت متر و مقدار جریانی را که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد در جدول زیر بنویسید .

..... V	مقدار ولتاژ توسط ولت‌متر
..... mA	مقدار جریان توسط میلی‌آمپرمتر

■ با استفاده از مقادیر اندازه‌گیری شده مقدار امپدانس Z را محاسبه کنید .

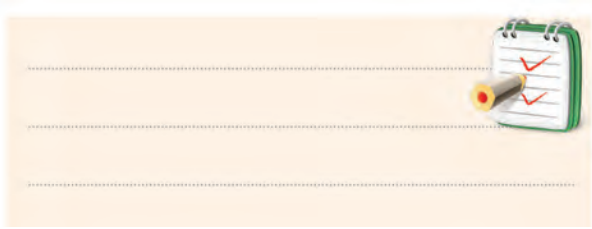
امپدانس مدار $Z = \frac{V(\text{ولت})}{I(\text{آمپر})} = \text{——} = \text{.....} \ \Omega$

■ مقدار Z را با استفاده از روابط ریاضی به دست آورید .

$$X = \frac{X_L . X_C}{|X_L - X_C|}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

سؤال ۱ : آیا مقدار Z به دست آمده از طریق محاسبه با مقدار Z اندازه گیری شده تقریباً برابرند ؟ توضیح دهید .



۴ - ۷ - ۹ نتایج آزمایش :

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید .

الف-

ب-

ج-

۸ - ۹ - آزمایش شماره ۲

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

۱ - ۸ - ۹ هدف های آزمایش :

به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار RLC سری و موازی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

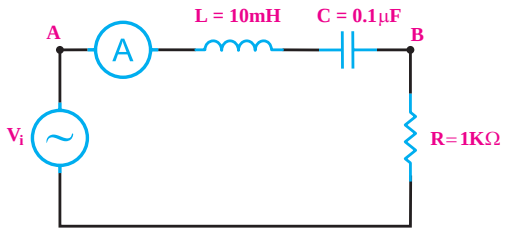
۲ - ۸ - ۹ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	برد برد	یک قطعه
۴	مقاومت اهمی ۱KΩ و ۱۰KΩ	از هر کدام یک عدد
۵	خازن ۰/۱میکروفاراد	یک عدد
۶	سلف ۱۰ mH	یک عدد
۷	سیم رابط دو سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته

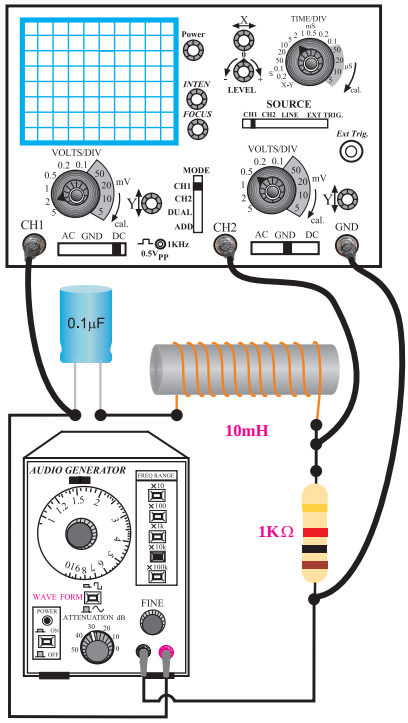
۳ - ۸ - ۹ - مراحل اجرای آزمایش

الف - به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار RLC سری

- وسایل مورد نیاز را آماده کنید .
- مدار شکل ۴۱ – ۹ را روی برد برد ببندید .



الف- نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۴۱-۹ مدار عملی آزمایش

- با استفاده از رابطه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ فرکانس رزونانس مدار را محاسبه و یادداشت کنید .

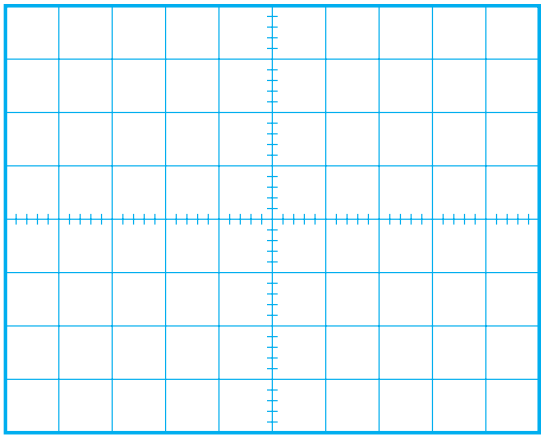
f_r = ...

- کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید .
- فانکشن ژنراتور را روی فرکانس رزونانس محاسبه شده و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسی تنظیم کنید .
- پروب کانال ۱ (CH۱)را به نقطه ی A و پروب کانال ۲ (CH۲)را به نقطه ی B وصل کنیدو اسیلوسکوپ را روشن کنید .
- شکل موج سیگنال خروجی مدار (سیگنال CH۲) را از روی صفحه اسیلوسکوپ در شکل ۴۲ – ۹ رسم کنید . و

CarGeek.Live

CarGeek.Live

دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی و فرکانس را یادداشت کنید .



شکل ۹-۴۲ شکل موج خروجی مدار

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را نزدیک عدد مربوط به فرکانس رزونانس که در مرحله‌ی قبل محاسبه شده است تغییر دهید و شکل موج را مشاهده کنید .

چون در مدار هماهنگ سری در فرکانس رزونانس ، امپدانس مدار حداقل است ، پس جریان در مدار به ماکزیمم مقدار یعنی $I_T = \frac{V_S}{R}$ می‌رسد .

■ در یک فرکانس خاص دامنه‌ی ولتاژ خروجی بیشترین مقدار را دارد . این فرکانس را یادداشت کنید .

f_r= .....

■ این فرکانس همان فرکانس رزونانس مدار است که از راه عملی به دست آمده است .

■ مقدار فرکانس سیگنال ژنراتور را طبق جدول ۲ – ۹ تغییر دهید و دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی را یادداشت کنید.

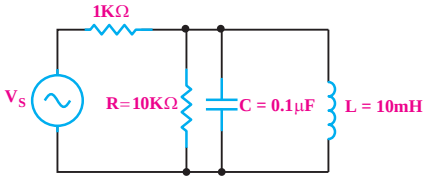
جدول ۲-۹

دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی	فرکانس ولتاژ ورودی
	f_r-۳۰۰
	f_r-۲۰۰
	f_r-۱۰۰
	f_r
	f_r+۱۰۰
	f_r+۲۰۰
	f_r+۳۰۰

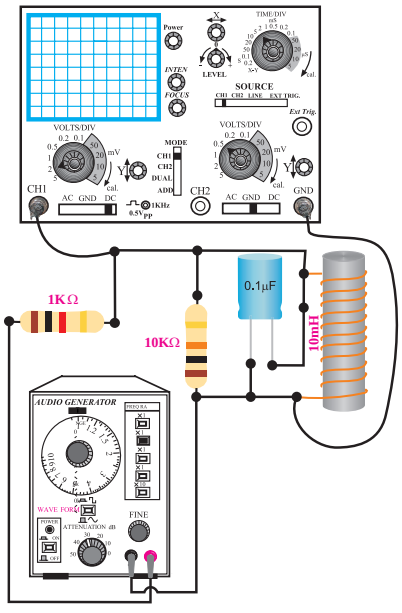
ب – به دست آوردن فرکانس رزونانس در مدار RLC موازی

■ وسایل مورد نیاز را آماده کنید .

■ مدار شکل ۴۳ – ۹ را روی برد برد ببندید .



الف- نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۹-۴۳ مدار عملی آزمایش

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ بـا اسـتفاده از رابطـه‌ی $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ فرکانـس رزونانس مدار را محاسبه و یادداشت کنید .

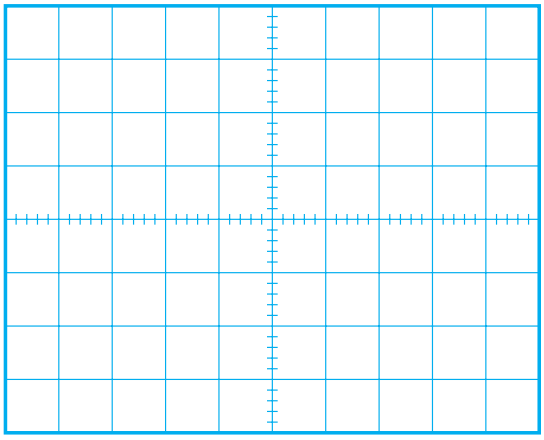
f_r= .....

■ کلید انتخاب موج را روی حالت سینوسی قرار دهید .

■ فانکشـن ژنراتور را روی فرکانس رزونانس محاسـبه شـده و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک سینوسـی تنظیم کنید .

■ پروب کانـال ۱ (CH۱)را به نقطه ی A وصل کنید و اسیلوسکوپ را روشن کنید .

■ شکل موج سیگنال خروجی مدار را از روی صفحه‌ی اسیلوسـکوپ در شکل ۴۴ – ۹ رسم کنید . و دامنه‌ی پیک تو پیک سیگنال خروجی و فرکانس را یادداشت کنید .



شکل ۴۴-۹ شکل موج خروجی مدار

V_{P-P}= V

f= ..... HZ

■ فرکانـس سـیگنال ژنراتـور را حول عـدد مربوط به فرکانس رزونانس که در مرحله‌ی قبل محاسـبه شـده اسـت تغییر دهید و شکل موج را مشاهده کنید .

چون در مدار هماهنگ مـوازی در فرکانس رزونانس، امپدانس مدار حداکثر است، پس جریان در مدار به کمترین مقدار یعنی $I_T = \frac{V_S}{R}$ می رسد .

■ در یک فرکانس خاص دامنه‌ی ولتاژ خروجی بیشترین مقدار را دارد . این فرکانس را یادداشت کنید .

f= .....

■ این فرکانس همان فرکانس رزونانس مدار است که از راه عملی به دست آمده است .

■ مقدار فرکانس سـیگنال ژنراتـور را طبق جدول ۳– ۹ تغییر دهید و دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی را یادداشت کنید .

جدول ۳-۹

فرکانس ولتاژ ورودی	دامنه پیک تو پیک سیگنال خروجی
f_r-۳۰۰	
f_r-۲۰۰	
f_r-۱۰۰	
f_r	
f_r+۱۰۰	
f_r+۲۰۰	
f_r+۳۰۰	

۴–۸–۹ نتایج آزمایش :

نتایج حاصل از آزمایش‌های الف و ب را به طور خلاصه بیان کنید.

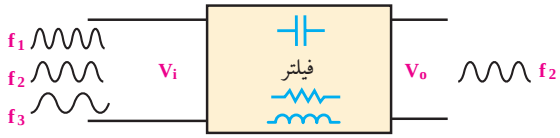
CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹–۹ فیلترها (Filters)

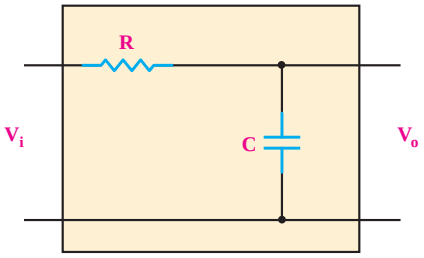
۹–۹–۱ تعریف فیلتر

فیلترهـا مدارهای الکتریکی یـا الکترونیکی هسـتند که اجازه‌ی عبور قسـمتی از فرکانس‌ها را از یـک مدار به مدار دیگـر نمی‌دهنـد. در حقیقت فیلتر سـبب تضعیـف دامنه‌ی فرکانس‌هایی می‌شود که نباید عبور کنند، شکل ۹–۴۵.



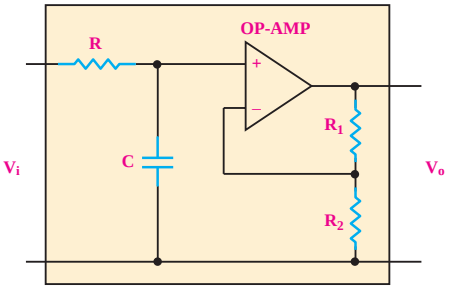
شکل ۹–۴۵ فیلتر

سـاختمان بعضی از فیلترهـا از مقاومت اهمی، سـلف و خازن تشکیل می‌شـود. به این نوع فیلترها، فیلترهای غیر فعال می‌گویند، شکل ۹–۴۶.



شکل ۹–۴۶ فیلتر غیر فعال

دسـته‌ی دیگری از فیلترها، از قطعات الکترونیک، سلف، خازن و مقاومت اهمی تشکیل می‌شوند که به آن‌ها فیلترهای فعال می‌گویند. در شـکل ۹–۴۷ یک نمونه فیلتر فعال نشـان داده شده است.



شکل ۹–۴۷ فیلتر فعال

به طور کلی دامنه‌ی سـیگنال‌های ولتاژ متناوب سینوسـی با فرکانس‌هـای مختلف که از فیلتر غیر فعـال عبور می‌کنند تضعیـف می‌شـوند. در فیلترهای فعال بـرای تقویت دامنه‌ی سیگنال‌های عبوری، از تقویت کننده استفاده می‌شود.

انواع فیلتر

در یک دسـته بندی کلی فیلترها را می‌توان به چهار دسته به شرح زیر تقسیم کرد:

الف: فیلتر پایین‌گذر (Low pass filter – LPF)

ب: فیلتر بالاگذر (High pass filter – HPF)

ج: فیلتر میان‌گذر (فیلتر عبور باند)

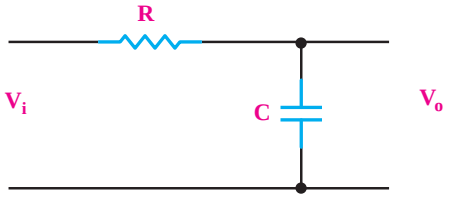
(Band Pass Filter – BPF)

د: فیلتر میان نگذر (فیلتر حذف باند)

(Band Reject Filter – BRF)

۹–۹–۲ فیلتر پایین‌گذر

فیلتـر پایین‌گذر، فیلتری اسـت کـه از فرکانس معینی به پایین را به راحتی از خود عبور می‌دهد. در شـکل ۹–۴۸ یک نمونه فیلتر پایین‌گذر RC نشان داده شده است.

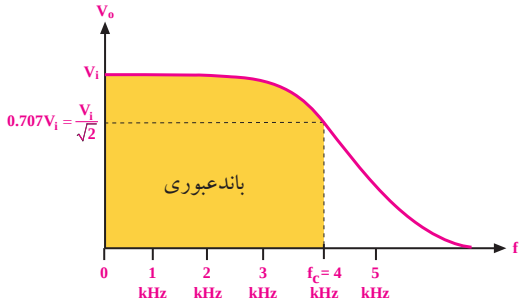


شکل ۹–۴۸ فیلتر پایین‌گذر RC

این فیلتـر فرکانس‌های خیلی کم (صفـر) تا فرکانس f_C (فرکانـس قطع) را از خـود عبور می‌دهد. برای نشـان دادن محدوده‌ی عبور فرکانس‌ها، از یک منحنی به نام منحنی پاسخ فرکانسی استفاده می‌شود، شکل ۹–۴۹.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۹-۹ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر پایین گذر

فرکانس قطع:

در شکل ۴۹-۹ در فرکانس ۴ KHz، دامنه‌ی ولتاژ خروجی برابر V_i ۰/۷۰۷ است. لذا فرکانس ۴ KHz فرکانس قطع فیلتر محسوب می‌شود و بنابراین این نوع فیلتر فرکانس‌های صفر تا ۴ KHz را از خود عبور می‌دهد. در فرکانس‌های بیشتر از ۴ KHz، دامنه‌ی ولتاژ خروجی کاهش می‌یابد و قابل قبول نیست.

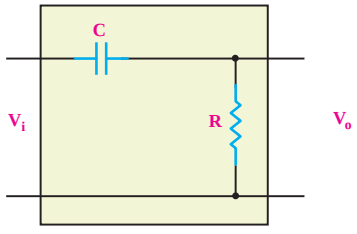
فرکانس قطع فیلتر پایین گذر RC از رابطه‌ی $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ به دست می‌آید.

نکته‌ی مهم

در فرکانس قطع مقدار دامنه‌ی ولتاژ خروجی ۰/۷۰۷ دامنه‌ی ولتاژ ورودی می‌شود.

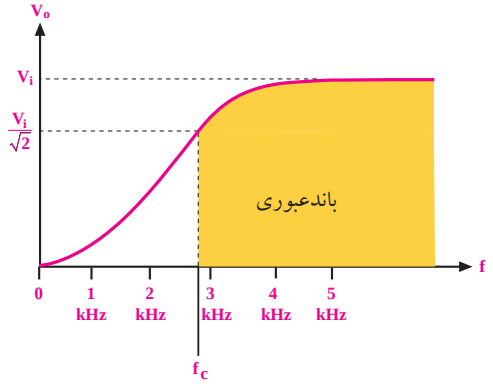
۳-۹-۹ فیلتر بالاگذر

فیلتر بالاگذر، فیلتری است که از فرکانس معینی به بالا را به راحتی از خود عبور می‌دهد. در شکل ۵۰-۹ یک نمونه فیلتر بالا گذر نشان داده شده است.



شکل ۵۰-۹ یک نمونه فیلتر بالاگذر

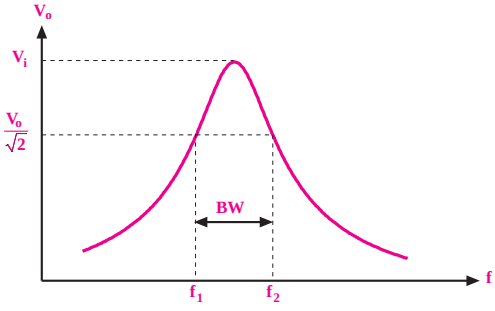
در شکل ۵۱-۹، منحنی پاسخ فرکانس فیلتر بالاگذر نشان داده شده است. همان‌طور که از منحنی پاسخ فرکانسی شکل ۵۱-۹ مشخص است، از فرکانس معینی به بالا را فیلتر از خود عبور می‌دهد. در فرکانس f_C و فرکانس‌های بیشتر از f_C دامنه ولتاژ خروجی فیلتر قابل قبول است. فرکانس قطع (f_C) از رابطه‌ی $f_C = \frac{1}{2\pi RC}$ به‌دست می‌آید.



شکل ۵۱-۹ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر بالاگذر

۴-۹-۹ فیلتر میان‌گذر

فیلتر میان‌گذر، فیلتری است که فقط محدوده‌ای از فرکانس‌ها را که بین دو مقدار f_1 و f_2 قرار دارد از خود عبور می‌دهد. در این نوع فیلتر، فرکانس‌های کم‌تر از f_1 یا بیشتر از f_2 با دامنه‌ی قابل قبول عبور نمی‌کند. منحنی پاسخ فرکانسی این نوع فیلتر در شکل ۵۲-۹ نشان داده شده است.

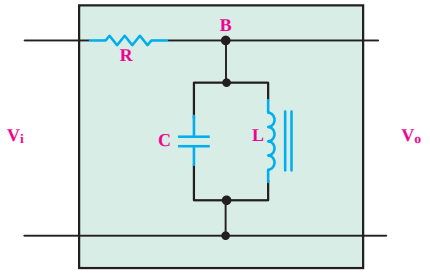


شکل ۵۲-۹ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌گذر (عبور باند)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در شـکل ۹-۵۳ یک نمونه فیلتر میان‌گذر نشان داده شده است.

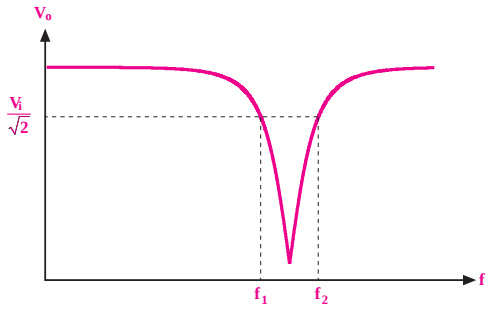


شکل ۹-۵۳ یک نمونه فیلتر میان‌گذر

فرکانسـی که در آن ولتاژ خروجی دقیقاً برابر $\frac{V_i}{\sqrt{2}}$ یا ۰/۷۰۷ V_i باشـد را فرکانس قطع فیلتر می‌گویند و آن را با f_C نشان می‌دهند.

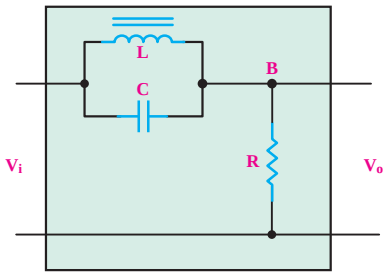
۹-۹-۵ فیلتر میان‌نگذر (فیلتر حذف باند)

فیلتـر میان‌نگـذر، فیلتری اسـت که فقط محـدوده‌ای از فرکانس‌هایـی کـه بین دو مقـدار f_1 و f_2 قـرار دارد را عبور نمی‌دهد. این فیلتر فرکانس‌های کمتر از f_1 و بیشتر از f_2 را در خروجی ظاهر می‌کند. منحنی پاسخ فرکانس این نوع فیلتر در شکل ۹-۵۴ نشان داده شده است.



شکل ۹-۵۴ منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر میان‌نگذر (فیلتر حذف باند)

در شکل ۹-۵۵ یک نمونه فیلتر میان‌نگذر نشان داده شده است.

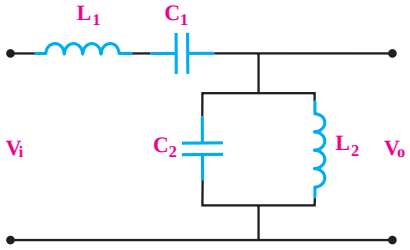


شکل ۹-۵۵ یک نمونه فیلتر میان‌نگذر (فیلتر حذف باند)

۹-۹-۶ نحوه‌ی تشخیص نوع فیلتر

برای تشـخیص نـوع فیلتر میان‌گذر یا میان‌نگذر سـه حد فرکانـس f=۰ ، f=∞ و $f=f_r$ را انتخـاب می‌کنیـم و وضعیت مدار را در این سـه فرکانس مورد بررسی قرار می‌دهیم. برای این منظور ابتدا در رابطه‌ی راکتانس سـلف (X_L) و راکتانس خازن (X_C) بـه جای فرکانس مقـدار f=۰ را قرار می‌دهیم ، سپس ولتاژ خروجی فیلتر را محاسبه می‌کنیم.

مثال ۹: فیلتر رسـم شـده در شـکل ۹-۵۶ از نظر منحنی پاسخ فرکانسی از چه نوع فیلتری است؟



شکل ۹-۵۶

حل:

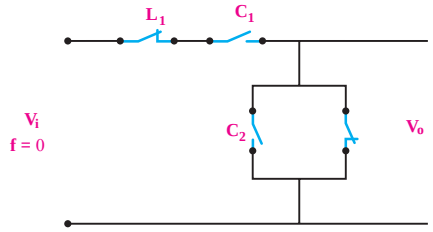
ابتـدا راکتانس سـلف و خـازن را به ازای f=۰ به دسـت می‌آوریم:

$$f=0 \Rightarrow \begin{cases} X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 0 \times L = 0 \\ X_C = \frac{1}{2\pi fc} = \frac{1}{2\pi \times 0 \times c} = \frac{1}{0} = \infty \end{cases}$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

مدار معادل فیلتر مورد نظر در این حالت، به صورت شکل ۹-۵۷ است.

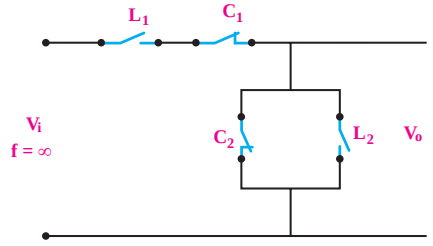


شکل ۹-۵۷ مدار در فرکانس f=۰

در ادامه مقدار فرکانس را $f=\infty$ قرار می‌دهیم و مدار معادل را رسم می‌کنیم.

$$f=\infty \Rightarrow \begin{cases} X_L = 2\pi fL = 2\pi \times \infty \times L = \infty \\ X_C = \dfrac{1}{2\pi fc} = \dfrac{1}{2\pi \times \infty \times c} = 0 \end{cases}$$

مدار معادل فیلتر را در فرکانس $f=\infty$ رسم می‌کنیم، شکل ۹-۵۸.



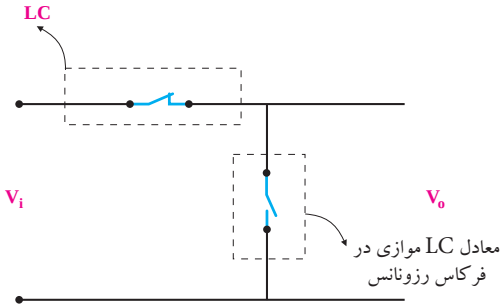
شکل ۹-۵۸ مدار در فرکانس f=∞

در مدار شکل ۹-۵۷ به علت اتصال کوتاه بودن سیم‌پیچ L_2 در فرکانس f=۰، ولتاژ خروجی صفر می شود. بنابراین در مدار شکل ۹-۵۸ به علت اتصال کوتاه بودن خازن C_2 در فرکانس $f=\infty$ ولتاژ خروجی صفر است.

پس ولتاژ خروجی در فیلتر مورد نظر، در فرکانس صفر (f=۰) و فرکانس بی‌نهایت($f=\infty$) برابر با صفر می‌شود. در این مرحله عملکرد مدار را در فرکانس رزونانس (f_r) بررسی می‌کنیم.

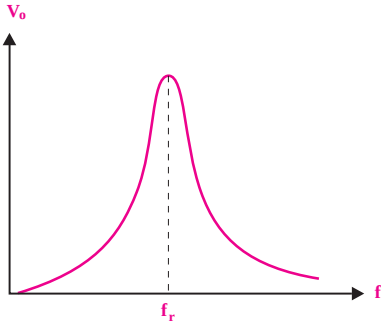
همان‌طور که می‌دانید در فرکانس رزونانس (f_r)، امپدانس سیم‌پیچ (X_L) و امپدانس خازن (X_C) با هم برابر می‌شوند. به علت موازی بودن سلف و خازن در خروجی فیلتر، در فرکانس رزونانس ، بیشترین ولتاژ در خروجی ظاهر می‌شود. عملکرد مدار در فرکانس رزونانس (f_r) در شکل ۹-۵۹ نشان داده شده است.

معادل LC سری در فرکانس رزونانس



شکل ۹-۵۹ مدار در فرکانس رزونانس

همانطور که در شکل ۹-۵۹ مشاهده می کنید ، در فرکانس رزونانس عملکرد مدار LC سری و LC موازی نشان داده شده است. پاسخ فرکانسی فیلتر مورد نظر مانند شکل ۹-۶۰ است.



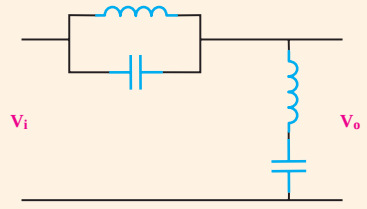
شکل ۹-۶۰ پاسخ فرکانسی فیلتر

با توجه به پاسخ فرکانسی رسم شده در شکل ۹-۶۰ می‌بینیم که فیلتر مورد بحث از نوع فیلتر میان‌گذر است.

CarGeek.Live

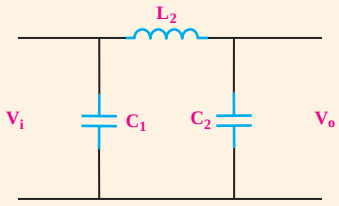
CarGeek.Live

تمرین کلاسی ۲: فیلتر شکل ۶۱-۹ از نظر منحنی پاسخ فرکانسی، چه نوع فیلتری است؟



شکل ۶۱-۹

تمرین کلاسی ۳: فیلتر شکل ۶۲-۹ از چه نوع فیلتری است؟



شکل ۶۲-۹

۱۰-۹ آزمایش شماره (۳)

زمان اجرا: ۶ ساعت آموزشی

۱-۱۰-۹ هدف‌های آزمایش

بررسی عملی انواع فیلترهای پایین گذر، بالاگذر، میان گذر و حذف باند

۲-۱۰-۹ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	سیگنال ژنراتور صوتی	یک دستگاه
۲	اسیلوسکوپ دو کانال	یک دستگاه
۳	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۴	مقاومت اهمی Ω ۱۰۰ ، ۱KΩ و ۱۰KΩ	از هر کدام یک عدد
۵	خازن های ۱۰nf و ۲۲nf	از هر کدام یک عدد
۶	بوبین ۱۰ mH	یک عدد
۷	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	دو رشته
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری ۵۰ سانتی‌متری	چهار رشته

توجه

با توجه به قطعات موجود در آزمایشگاه می‌توانید مقادیر سلف و خازن را در کلیه‌ی آزمایش‌ها تغییر دهید.

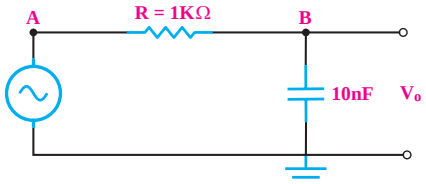
CarGeek.Live

CarGeek.Live

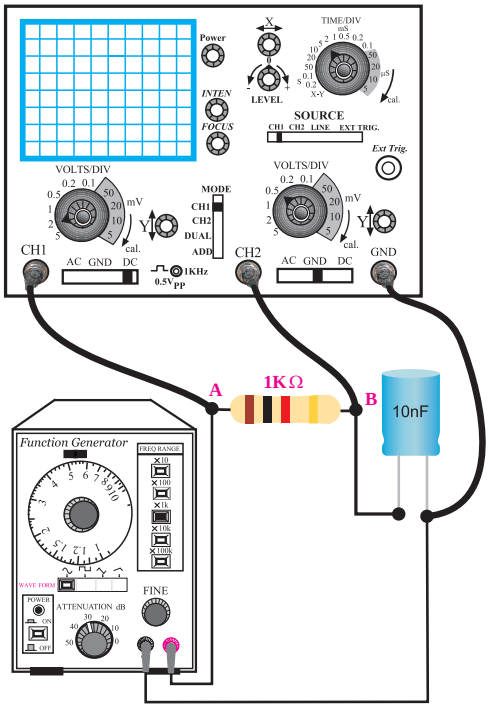
۳-۱۰-۹ مراحل اجرای آزمایش

الف- بررســـی فیلتر پایین‌گذر و اندازه‌گیری فرکانس قطع فیلتر

مدار شکل ۶۳-۹ را روی بردبرد ببندید.



الف - نقشه‌ی فنی مدار



ب- مدار عملی

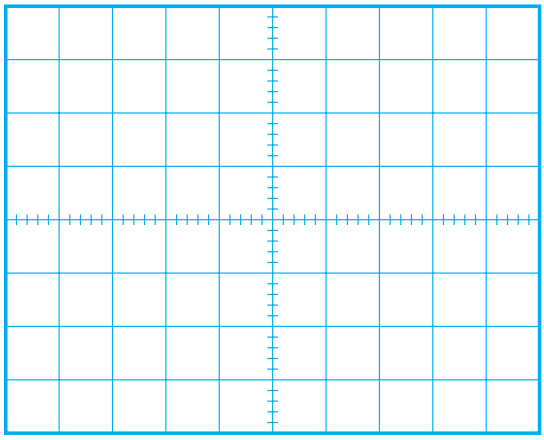
شکل ۶۳-۹ مدار آزمایش

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس ۱۵KHz سینوسی و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک تنظیم کنید.

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

■ پـروب کانال ۱ (CH ۱) را بـه نقطه ی A و پروب کانال ۲ (CH۲) را به نقطه ی B وصل کنید.

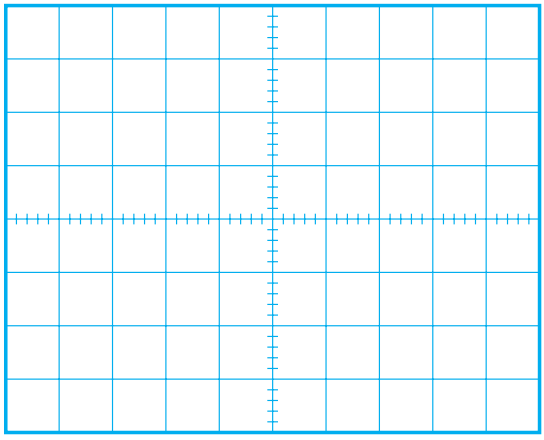
■ سیگنال‌های ولتاژ ورودی و خروجی مدار را به کمک اسیلوسکوپ روی نمودارهای شکل ۶۴-۹ و ۶۵-۹ با مقیاس مناســب رسم کنید. مقدار پیک تو پیک و فرکانس سیگنال‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



f= ..... Hz

Vi_{P-P}= V

شکل ۶۴-۹ سیگنال ورودی



f= ..... Hz

Vo_{P-P}= V

شکل ۶۵-۹ سیگنال خروجی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با استفاده از رابطه‌ی $f_C = \frac{۱}{۲\pi RC}$ فرکانس قطع فیلتر پایین‌گذر را محاسبه و یادداشت کنید.

f_C=.....Hz

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را روی فرکانس قطع (f_C) محاسبه شده تنظیم کنید. در این حالت دامنه‌ی ولتاژ خروجی را اندازه بگیرید و در جدول ۴-۹ یادداشت کنید.

جدول۴-۹

فرکانس سیگنال ژنراتور	ولتاژ ورودی V_{P-P}	ولتاژ خروجی V_{P-P}
f_c-۳ KHz		
f_c-۲ KHz		
f_c-۱ KHz		
f_c		
f_c+۱ KHz		
f_c+۲ KHz		
f_c+۳ KHz		

■ طبق جدول ۴-۹ فرکانس سیگنال ژنراتور را تغییر دهید. در هر مرحله دامنه‌ی پیک تو پیک ورودی و خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

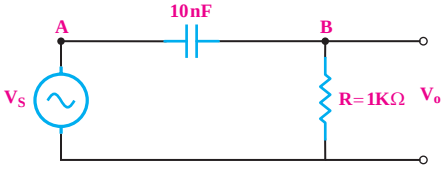
سوال ۲: با توجه به جدول ۴-۹ بیشینه‌ی ولتاژ خروجی برای کدام سیگنال ورودی به وجود می‌آید؟ چرا؟

ب- بررسی فیلتر بالا گذر و اندازه‌گیری فرکانس قطع فیلتر

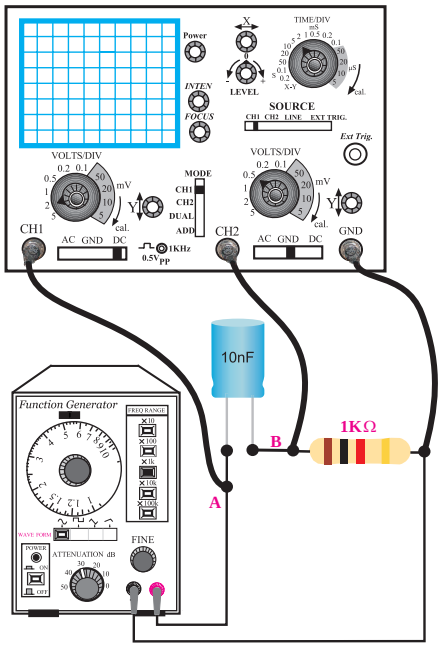
مدار شکل ۶۶-۹ را روی بردبرد ببندید.

توجه

اگر محل اتصال مقاومت و خازن را در آزمایش قبل جابه‌جا کنید، در این حالت فیلتر پایین‌گذر به فیلتر بالاگذر تبدیل می‌شود.



الف - نقشه فنی مدار



ب- مدار عملی

شکل ۶۶-۹

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس ۱۶KHz سینوسی و دامنه‌ی ولتاژ ۱۰ ولت پیک تو پیک تنظیم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ پروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه ی A و پروب کانال ۲ (CH ۲) را به نقطه ی B وصل کنید.

با استفاده از رابطه‌ی $f_C = \frac{۱}{۲\pi RC}$ فرکانس قطع فیلتر بالا گذر را محاسبه کنید و مقدار آن را بنویسید.

f_C=..... Hz

■ با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، بیشینه‌ی دامنه‌ی سیگنال خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

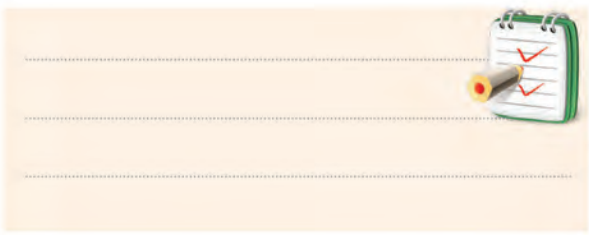
Vo =..... V بیشترین مقدار ولتاژ خروجی

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آن‌قدر تغییر دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی به ۷۰/۷ درصد بیشترین مقدار ولتاژ خروجی برسد.

فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

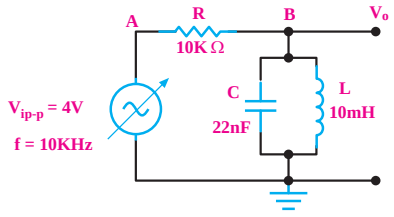
f_C=..... Hz

سوال ۳: آیا مقدار فرکانس اندازه‌گیری شده با مقدار فرکانس f_c محاسبه شده در مراحل قبل یکسان است؟ توضیح دهید.

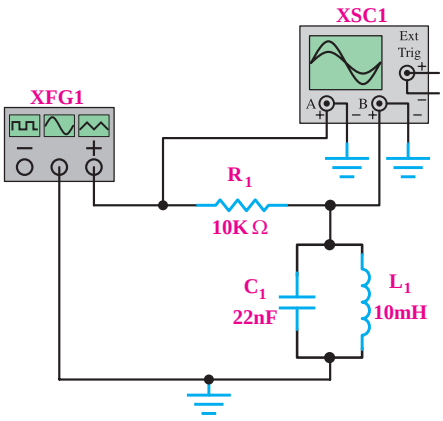


ج: بررسی فیلترهای میان‌گذر و میان‌نگذر و اندازه‌گیری فرکانس رزونانس (f_r)، فرکانس قطع پایین (f_L) و فرکانس قطع بالا (f_H).

■ مدار شکل ۶۷-۹ را روی بردبرد ببندید.



الف – نقشه فنی مدار



ب– مدار عملی

شکل ۶۷-۹ مدار آزمایش

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس ۱۰ KHz سینوسی و دامنه‌ی ولتاژ V_{P-P} ۱۰ تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ پروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه ی A و پروب کانال ۲ (CH ۲) را به نقطه ی B وصل کنید.

■ با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، بیشینه‌ی دامنه‌ی سیگنال خروجی را اندازه بگیرید.

Vo=..... V بیشترین مقدار ولتاژ خروجی

■ در چه فرکانسی دامنه‌ی ولتاژ خروجی بیشترین مقدار را دارد ، یادداشت کنید .

f_r=.....

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آن‌قدر کاهش دهید تا

CarGeek.Live

CarGeek.Live

دامنه‌ی سیگنال خروجی به ۷۰/۷ درصد بیشترین مقدار ولتاژ خروجی برسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

f_L=.....Hz

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آن‌قدر افزایش دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی به ۷۰/۷ درصد بیشترین مقدار ولتاژ خروجی برسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

f_H=.....Hz

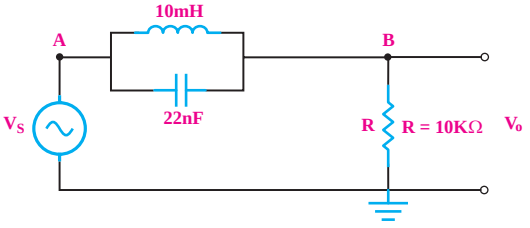
■ پهنای باند فیلتر میان‌گذر را اندازه‌گیری کنید.

$BW=f_H-f_L$=.....Hz

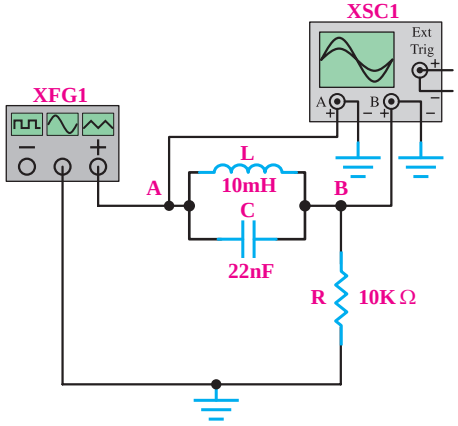
نکته‌ی مهم

اگر محل اتصال مقاومت R با محل اتصال مدار رزونانس LC جابه‌جا شود، فیلتر میان‌گذر به فیلتر میان‌نگذر تبدیل می‌شود.

■ مدار شکل ۶۸-۹ را روی بردبرد ببندید.



الف – نقشه فنی مدار



ب– مدار عملی

شکل ۶۸-۹

■ سیگنال ژنراتور را روشن کنید و روی فرکانس ۱۰KHz سینوسی و دامنه‌ی ولتاژ V_{P-P} ۱۶ تنظیم کنید.

■ اسیلوسکوپ را روشن کنید.

■ پروب کانال ۱ (CH ۱) را به نقطه ی A و پروب کانال ۲ (CH۲) را به نقطه ی B وصل کنید.

■ با تغییر فرکانس سیگنال ژنراتور، کمترین دامنه‌ی سیگنال خروجی را اندازه بگیرید.

Vo=..... V کم‌ترین مقدار ولتاژ خروجی

■ در چه فرکانسی دامنه‌ی ولتاژ خروجی کم‌ترین مقدار را دارد.

f_r=.....V

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آن‌قدر افزایش دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی به ۷۰/۷ درصد بیشترین مقدار ولتاژ ورودی برسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

f_H=.....Hz

■ فرکانس سیگنال ژنراتور را آن‌قدر کاهش دهید تا دامنه‌ی سیگنال خروجی به ۷۰/۷ درصد بیش ترین مقدار ولتاژ ورودی برسد.

■ فرکانس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

f_L=.....Hz

■ پهنای باند فیلتر میان‌نگذر را اندازه‌گیری کنید.

$BW=f_H-f_L$=.....KHz

۹-۱۰-۴ نتایج آزمایش:

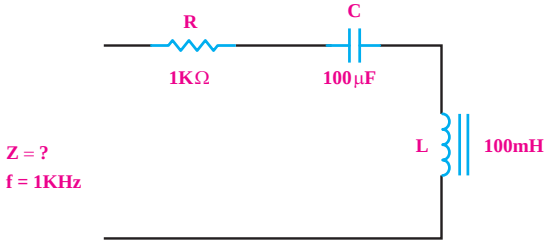
نتایج حاصل از آزمایش‌های الف، ب ، ج را به طور خلاصه بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

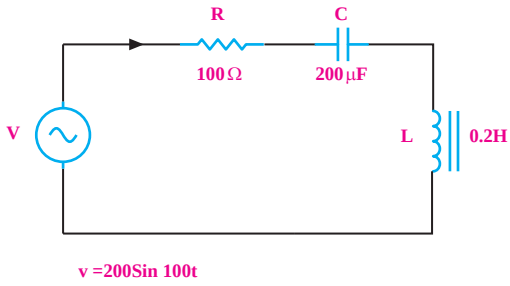
آزمون پایانی فصل ۹

۱- در شکل ۹-۶۹ امپدانس مدار را محاسبه کنید.



شکل ۹-۶۹

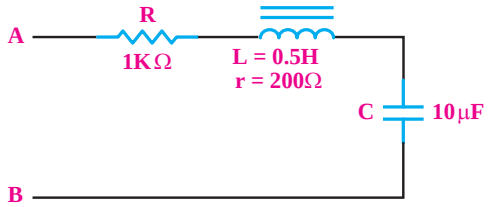
۲- X_L و X_C را در مدار شکل ۹-۷۰ محاسبه کنید.



شکل ۹-۷۰

۳- در مدار شکل ۹-۷۰ جریان مؤثّر مدار و توان تلف شده در مقاومت ۱۰۰ اهم را حساب کنید.

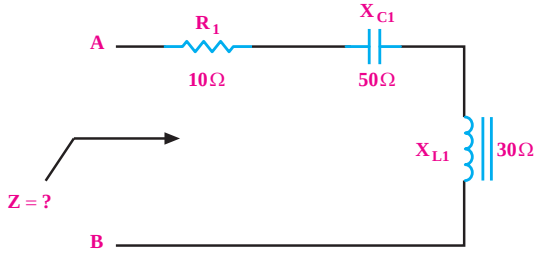
۴- در شکل ۹-۷۱ اگر به دو سر A و B یک اهم‌متر وصل کنیم، اهم‌متر چند اهم را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۷۱

الف- ۱۲۰۰ ب- ۲۰۰ ج- ∞ د- صفر

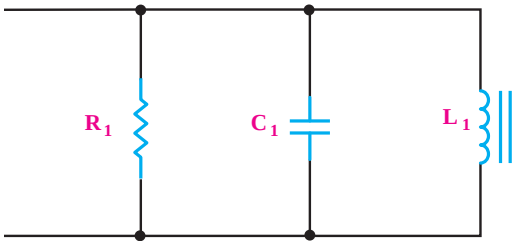
۵- در شکل ۹-۷۲ مقدار Z چند اهم است؟



شکل ۹-۷۲

الف- $\sqrt{۱۹۰۰}$ ب- $\sqrt{۵۰۰}$ ج- ۹۰ د- ۳۰

۶- در شکل ۹-۷۳ فرکانس رزونانس از کدام رابطه به دست می‌آید؟



شکل ۹-۷۳

الف- $\frac{۱}{۲\pi RC}$ ب- $\frac{۱}{۲\pi\sqrt{LC}}$

ج- $\frac{۱}{۲\pi LC}$ د- $\frac{۱}{۲\pi\sqrt{RC}}$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

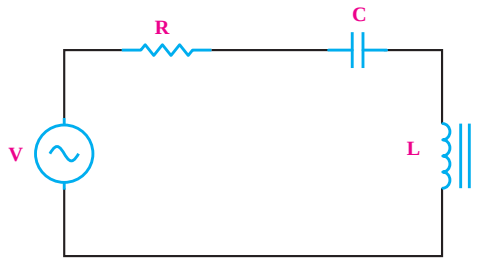
۷- در مـدار RLC موازی در حال تشـدید یا رزونانس، امپدانس مدار ..... است.

الف- حداقل ب- حداکثر

۸- پهنـای بانـد در یـک مـدار RLC سـری در حالت رزونانسی از کدام رابطه به دست می‌آید؟

الف- $\frac{f_r}{Q_r}$ ب- $\frac{Q_r}{f_r}$

۹- در شـکل ۷۴-۹ در فرکانـس رزونانس ولتاژ دو سـر مقاومت ..... است.



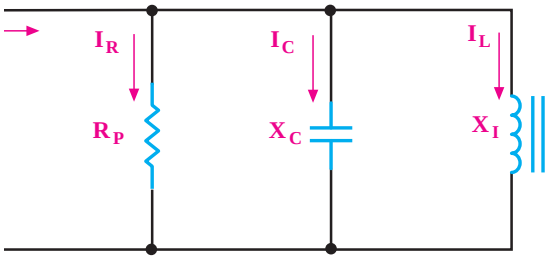
شکل ۷۴-۹

الف- حداکثر ب- حداقل

۱۰- در شکل ۷۴-۹ در فرکانس رزونانس مقدار Z کدام است؟

الف) $\sqrt{R}$ ب) R^2 ج) R د) $\frac{R}{2}$

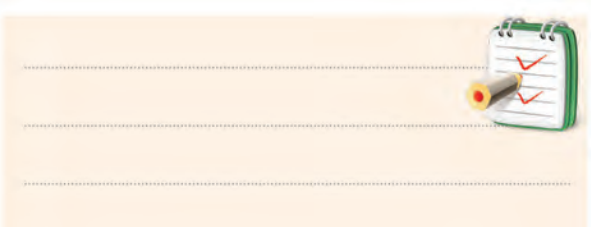
۱۱- در شـکل ۷۵-۹ در فرکانـس رزونانس کدام رابطه درست است؟



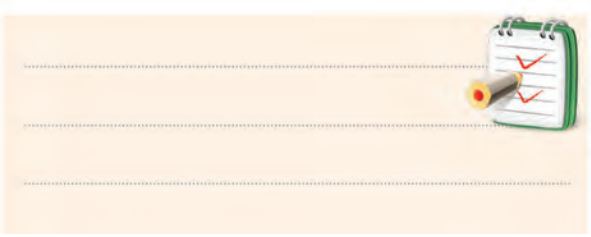
شکل ۷۵-۹

الف- $I=I_C$ ب- $I=I_L$ ج- $I=I_R$

۱۲- در مـدار RLC مـوازی رابطـه‌ی امپدانـس را در فرکانس رزونانس بنویسید.



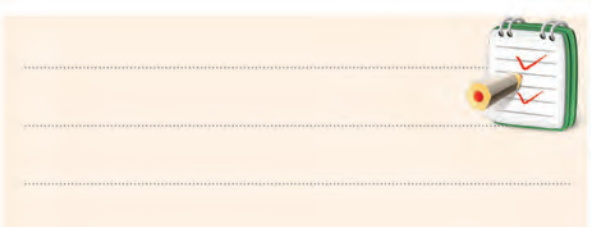
۱۳- رزونانس را تعریف کنید.



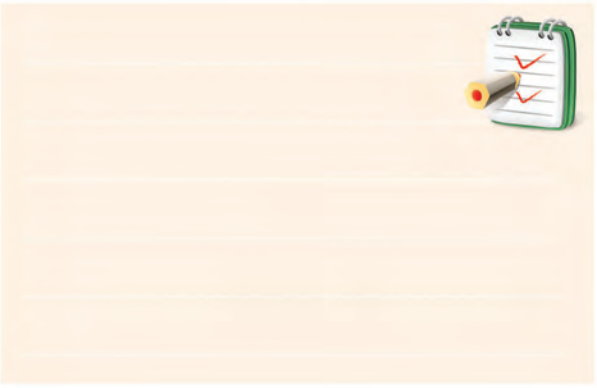
۱۴- در یک مدار RLC سری در حال رزونانس امپدانس مدار ..... است.

الف) حداقل ب) حداکثر

۱۵- رابطـه‌ی فرکانس رزونانـس در یک مدار RLC را بنویسید.



۱۶- مفهوم پهنای باند را دقیقا شرح دهید.



CarGeek.Live

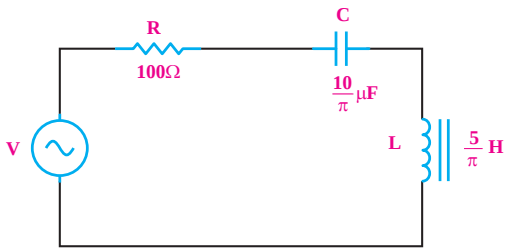
CarGeek.Live

۱۷- رابطه‌ی ضریب کیفیت در مدار RLC سری کدام است؟

الف) $\frac{\text{(ماکزیمم انرژی ذخیره شده)} \times 2\pi}{\text{انرژی تلف شده در یک سیکل}}$

ب) $\frac{\text{(انرژی تلف شده در یک سیکل)} \times 2\pi}{\text{ماکزیمم انرژی ذخیره شده}}$

۱۸- در مدار شکل ۹-۷۶ فرکانس رزونانس را به دست آورید.



شکل ۹-۷۶

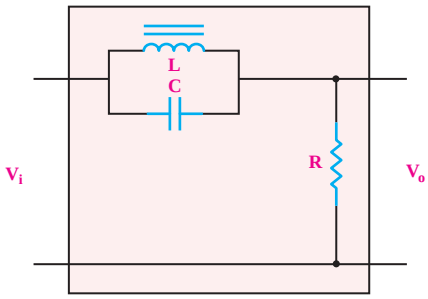
۱۹- در یک مدار RLC موازی، $f_r=10KHz$ و $Q_r=5$ است. پهنای باند چند هرتز است؟

الف) $\frac{200}{\pi}$ ب) $\frac{2000}{\pi}$ ج) ۲۰۰ د) ۲۰۰۰

۲۰- در فرکانس قطع یک فیلتر RC، رابطه‌ی R، X_C کدام است؟

الف) $R> X_C$ ب) $R= X_C$ ج) $R< X_C$

۲۱- شکل ۹-۷۷ چه نوع فیلتری است؟



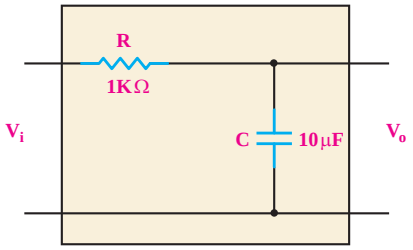
شکل ۹-۷۷

الف) پایین گذر ب) بالاگذر

ج) میان گذر د) میان‌نگذر

۲۲- منحنی پاسخ فرکانسی فیلتر، چه نوع اطلاعاتی در اختیار ما می‌گذارد؟

۲۳- فرکانس قطع را در فیلتر شکل ۹-۷۸ به دست آورید.

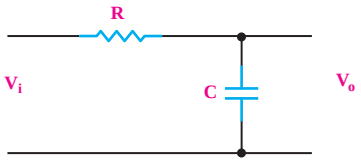


شکل ۹-۷۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

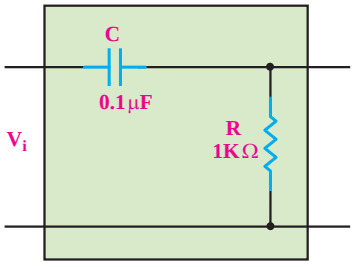
۲۴- فیلتر RC شکل ۷۹-۹ فرکانس‌های زیاد را از خود عبور ..... .



شکل ۷۹-۹

الف) می‌دهد ب) نمی‌دهد

۲۵- فرکانس قطع فیلتر شکل ۸۰-۹ چند هرتز است؟

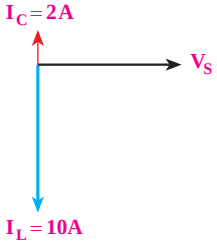


شکل ۸۰-۹

الف- ۱۰۰ ب- ۱۰۰۰

ج- $\frac{۱۰۰}{\pi}$ د- $\frac{۵۰۰۰}{\pi}$

۲۶- دیاگرام برداری یک مدار LC موازی مطابق شکل ۸۱-۹ است. در صورتی که مقدار راکتانس خازنی ۵۰ اهم باشد مقدار راکتانس سلف و جریان کل مدار چقدر است؟ (f=۵۰Hz)



شکل ۸۰-۹

۲۷- فرکانس تشدید مدار RLC سری با مقادیر زیر را محاسبه کنید.

$R=۴۰\Omega$ و $L=۳۰۰\mu H$ و $C=۳۰۰PF$

۲۸- در یک مدار فیلتر بالاگذر RC مقدار مقاومت ۱۶ KΩ است.مقدار C حداقل چقدر باشد تا موجی با فرکانس ۱ KHz به خوبی عبور کند؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

بخش سوم

دیود

هدف کلی :

شناخت انواع دیود و کار برد آن ها

واحد کار	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش نظری	عملی	جمع
$u_{۳}$	۱۰	توانایی بررسی مشخصات و خصوصیات دیود	۶	۴	۱۰
$u_{۳}$	۱۱	توانایی تجزیه و تحلیل مدارهای دیودی	۸	۱۸	۲۶
$u_{۳}$	۱۲	توانایی کار با دیودهای خاص	۶	۶	۱۲
		جمع کل	۲۰	۲۸	۴۸

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل دهم

مشخصات و خصوصیات دیود

هدف کلی : تحلیل دیود به زبان ساده

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- تفاوت بین نیمه‌هادی‌ها، عایق‌ها و هادی‌ها را شرح دهد.

۲- ویژگی‌های اتم سیلیسیوم و ژرمانیوم را بیان کند.

۳- نیمه‌هادی نوع N و P و اتصال PN را شرح دهد.

۴- جریان الکترون و حفره را شرح دهد.

۵- لایه‌ی سد در دیود را توضیح دهد.

۶- بایاس مستقیم و معکوس دیود را شرح دهد.

۷- مفهوم شکست در دیودها را شرح دهد.

۸- منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر دیود را در بایاس مستقیم و معکوس رسم کند.

۹- نحوه‌ی تست دیود توسط مولتی‌متر دیجیتالی و عقربه‌ای را شرح دهد.

۱۰- مدار عملی دیود در بایاس مستقیم و بایاس معکوس را ببندد.

۱۱- عملکرد دیود در بایاس مستقیم و معکوس را در مدارها تحلیل کند.

۱۲-کلیه هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره‌ی ۱۰	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۶	۴	۱۰

CarGeek.Live

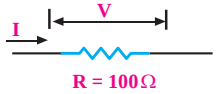
CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱۰)

۱- آمپرمتر در مدار به صورت ..... قرار می گیرد.

الف) سری ب) موازی

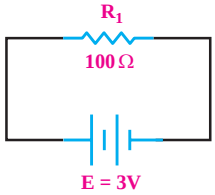
۲- توان تلف شـده در مقاومت R از کدام رابطه به دست می آید؟



الف) RI^2 ب) $V.I$

ج) $\frac{V^2}{R}$ د) هر سه مورد

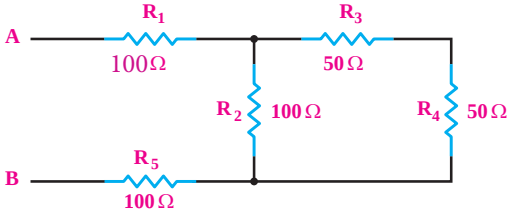
۳- انرژی تلف شـده در مقاومت ۱۰۰Ω در شکل زیر در مدت ۳ دقیقه چند ژول است؟



الف) ۱۸/۲ ب) ۱۸۲

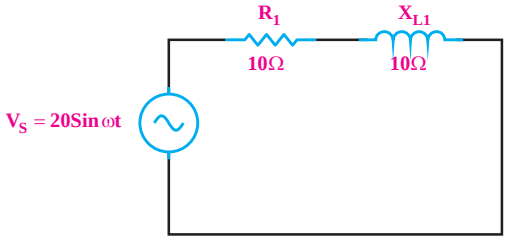
ج) ۱۶/۲ د) ۱۶۲

۴- در شکل زیر مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B چند اهم است؟



الف) ۴۰۰ ب) ۳۰۰ ج) ۲۵۰ د) ۲۰۰

۵- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار زیر چند درجه است؟



الف) ۴۵ ب) ۳۰ ج) ۹۰ د) صفر

۶- ناخالصـی به کار برده شـده در نیمه‌هادی نوع P چند ظرفیتی است؟

الف) ۳ ب) ۴ ج) ۵ د) ۶

۷- شرط هدایت یک دیود کدام است؟

الف) ولتاژ مثبت آند به اندازه‌ی ۰/۶ ولت از کاتد بیشـتر باشد.

ب) جریان در مدار به اندازه‌ی کافی وجود داشته باشد.

ج) فقط کافی است ولتاژ آند به اندازه‌ی ۰/۶ ولت مثبت‌تر باشد.

د) موارد الف و ب

۸- اجسـام موجود در طبیعت از نظر هدایت الکتریکی به چند دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹- دو نمونــه از مهم‌تریــن نیمه‌هادی‌هایی که در صنعت الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند را نام ببرید.

۱۰- تمامی نیمه‌هادی‌ها در آخرین لایه‌ی اتم خود دارای ۴ الکترون هستند.

درست ❐ نادرست ❐

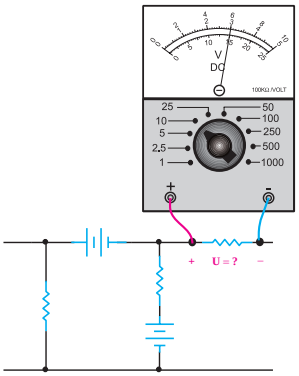
۱۱- مدارهای مربــوط به بایاس موافــق و بایاس مخالف دیود را رسم کنید.

CarGeek.Live

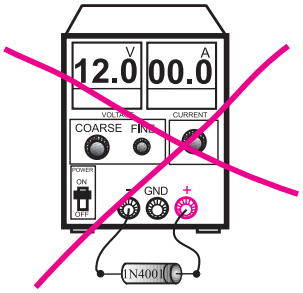
CarGeek.Live

نکات ایمنی (۱)

۱- هنـگام اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر را بین دو نقطه‌ی مورد نظر به صورت موازی ببندید.

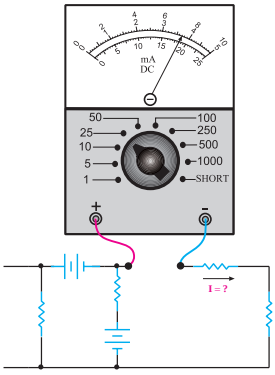


۲- هیـچ وقت یک قطعـه‌ی نیمه‌هادی ماننـد دیود را در بایاس موافق با منبع تغذیه به صورت موازی نبندید. در بایاس مخالف نیز به مقدار ولتاژ مجاز دیود توجه کنید.

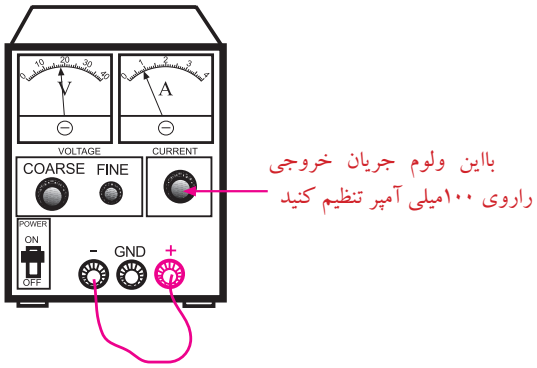


۳- قبل از اتصال مدار بـه منبع تغذیه، ابتدا ولتاژ خروجی منبع تغذیه را صفر کنید.

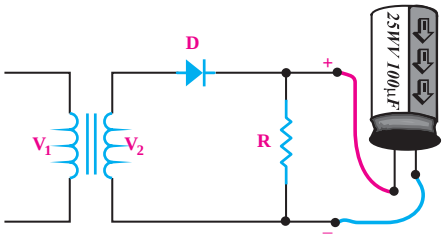
۴- هنـگام اندازه‌گیری جریان در مدار، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.



۵- اگـر منبـع تغذیـه‌ای که بـا آن کار می‌کنیـد دارای امکانات Limit Current اسـت، جریان خروجی را حداکثر به ۱۰۰mA محدود کنید.



۶- هنـگام اتصـال خـازن الکترولیتـی بـه خروجـی یکسـوکننده‌ها، حتمـا قطب مثبـت خازن را بـه قطب مثبت خروجی یکسو کننده و قطب منفی را به قطب منفی یکسو کننده وصل کنید.



در صـورت اتصـال خـازن الکترولیتی بـه صورت معکوس به منبع ولتاژ، خازن منفجر می‌شود.

۷- هنـگام اتصال دیود به مـدار، کاتد و آند آن را از قبل شناسـایی کنید. معمـولا روی کاتد علامت‌هایـی مانند یک حلقه‌ی رنگی یا یک نقطه می‌گذارند.

۸- سـیم‌های رابـط را محکـم ببندید تا در اثـر لرزش یا برخورد دست قطع نشوند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱–۱۰ دیود Diode

۱–۱–۱۰ ساختمان اتمی نیمه‌هادی‌ها

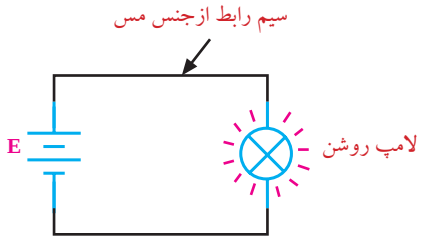
اجسام موجود در طبیعت از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند.

الف– هادی‌ها

ب– عایق‌ها

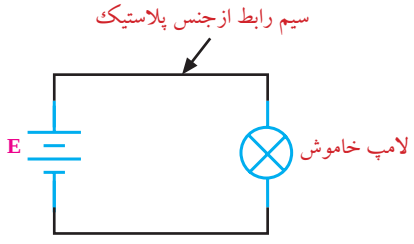
ج– نیمه‌هادی‌ها

هادی‌ها اجسامی هستند که جریان برق را به راحتی از خود عبور می‌دهند. مس، آلومینیوم، سایر فلزات و بعضی از اسیدها جزء هادی‌ها هستند. در شکل ۱–۱۰ سیم رابط از جنس مس است و جریان برق را به راحتی از خود عبور می‌دهد و لامپ را روشن می کند.



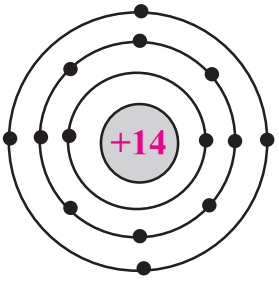
شکل ۱–۱۰ سیم مسی هادی

عایق‌ها اجسامی هستند که جریان برق را به سادگی از خود عبور نمی‌دهند. مواردی مانند شیشه، انواع پلاستیک‌ها و هوا عایق هستند . در شکل ۲–۱۰ سیم رابط از جنس پلاستیک است و جریان برق را از خود عبور نمی‌دهد، در نتیجه لامپ روشن نمی‌شود.

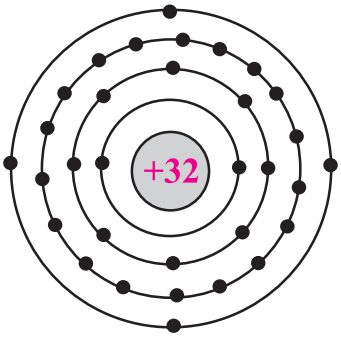


شکل ۲–۱۰ سیم پلاستیکی (مانند طناب) عایق است

بین عایق‌ها و هادی‌ها اجسامی وجود دارند که نه مانند یک هادی به سادگی جریان برق را از خود عبور می‌دهند و نه مانند یک عایق جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند. به این اجسام نیمه‌هادی می گویند. مهم‌ترین نیمه‌هادی‌هایی که در صنعت الکترونیک مورد استفاده قرار می گیرند **سیلیسیوم** (سیلیسیوم را سیلیکون نیز می‌نامند) و **ژرمانیوم** است. تمامی نیمه‌هادی‌ها در آخرین لایه‌ی اتم خود، چهار الکترون دارند. در شکل (۳–۱۰) ساختمان اتمی سیلیسیوم و ژرمانیوم نشان داده شده است.



الف – سیلیسیوم



ب – ژرمانیوم

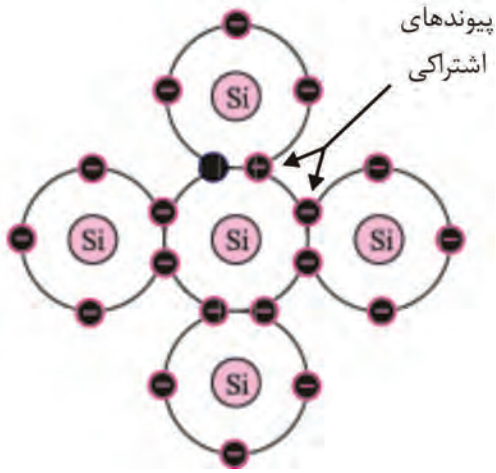
شکل ۳–۱۰ ساختمان اتمی نیمه‌هادی‌های سیلیسیوم و ژرمانیوم

وقتی اتم‌های ژرمانیوم و یا سیلیسیوم در کنار یکدیگر قرار می گیرند و به صورت مولکول در می‌آیند، با یکدیگر پیوند اشتراکی (کووالانسی) تشکیل می‌دهند. یعنی الکترون‌های لایه‌ی آخر خود را به اشتراک می گذارند. بنابراین در حالت عادی می‌توان مولکول سیلیسیوم یا ژرمانیوم را به صورت

CarGeek.Live

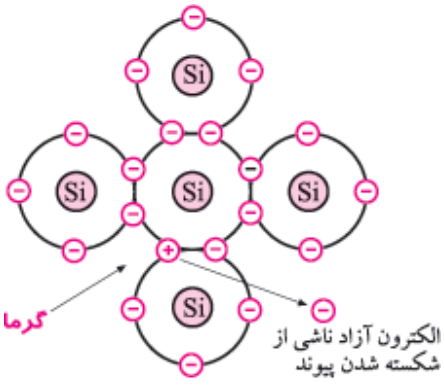
CarGeek.Live

یک جسم هشت ظرفیتی در نظر گرفت. در شکل ۴-۱۰ پیوند اشتراکی اتم‌های سیلیسیوم نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰ پیوند اشتراکی اتم‌های سیلیسیوم

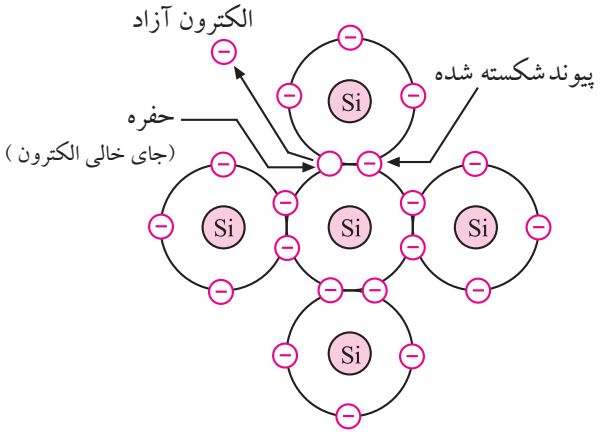
پیوندهای تشکیل شده (پیوندهای اشتراکی) در سیلیسیوم یا ژرمانیوم در دمای صفر درجه‌ی کلوین (تقریباً ۲۷۳- درجه‌ی سانتی گراد یا سلسیوس) کاملا محکم هستند. زیرا هیچ گونه انرژی خارجی وجود ندارد که قادر باشد این پیوندها را بشکند. ولی در دمای اتاق (۲۷ درجه‌ی سانتی گراد یا ۳۰۰ درجه‌ی کلوین) تعدادی از پیوندها می‌شکنند. به ازای شکست هر پیوند یک الکترون آزاد می‌شود. شکل ۵-۱۰ یک پیوند شکسته شده را نشان می‌دهد که یک الکترون آزاد را به وجود آورده است.



شکل ۵-۱۰ الکترون آزاد

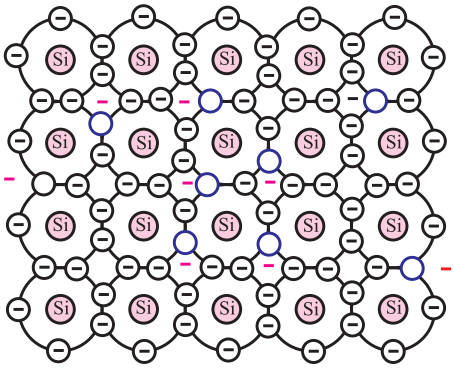
الکترون آزاد به الکترونی گفته می‌شود که به هیچ اتمی وابسته نباشد.

وقتی یک پیوند شکسته می‌شود، یک الکترون آزاد می‌شود. جای خالی الکترون را حفره می گویند. شکل ۶-۱۰.



شکل ۶-۱۰ جای خالی الکترون را حفره می‌نامند.

هر قدر انرژی خارجی بیشتری مانند حرارت به اتم داده شود، پیوندهای بیشتری شکسته می‌شوند و الکترون‌های زیادتری را آزاد می کنند ، شکل ۷-۱۰.

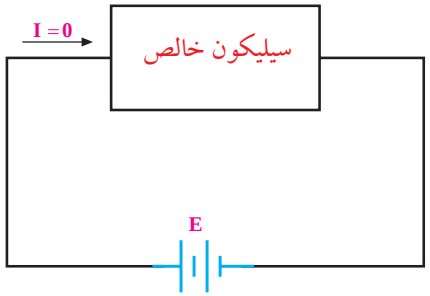


شکل ۷-۱۰ در اثر حرارت پیوندهای بیشتری می‌شکنند.

عبور جریان برق از یک جسم به تعداد الکترون‌های آزاد آن جسم بستگی دارد. بنابراین سیلیسیوم یا ژرمانیوم خالص در صفر درجه‌ی کلوین که هیچ الکترون آزادی ندارند، عایق محسوب می‌شوند، شکل ۸-۱۰.

CarGeek.Live

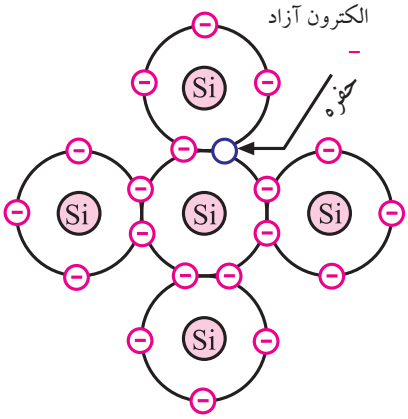
CarGeek.Live



شکل ۸-۱۰ رفتار یک قطعه سیلیسیوم خالص
در دمای صفر درجه‌ی کلوین

یک قطعه سیلیکون خالص در دمای صفر درجه‌ی کلوین هیچ الکترون آزادی ندارد و جریان برق را هدایت نمی‌کند.

ولی در دمای اتاق (۳۰۰ درجه‌ی کلوین)، تعدادی از پیوندهای آن می‌شکنند و در اثر شکستن پیوندها، تعدادی الکترون آزاد به وجود می‌آید و هدایت سیلیسیوم را بالا می‌برند. بنابراین سیلیسیوم یا ژرمانیوم خالص در دمای اتاق عایق مطلق نیستند و اگر در یک مدار الکتریکی با منبع تغذیه سری شوند، جریان کمی از خود عبور می‌دهند، شکل ۹-۱۰. بنابراین اندازه‌ی هدایت الکتریکی یک قطعه نیمه‌هادی خالص متناسب با درجه حرارت تغییر می‌کند.



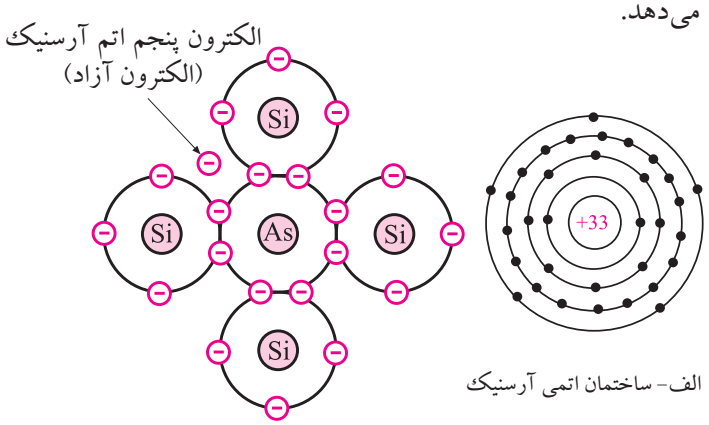
شکل ۹-۱۰ حفره بار الکتریکی مثبت دارد.

لازم به یادآوری است که حفره (جای خالی الکترون) را می‌توان به عنوان یک بار مثبت در نظر گرفت زیرا قادر است الکترون را جذب کند. در عمل وقتی تعدادی پیوند می‌شکنند الکترون‌های آزاد دائماً با حفره‌ها ترکیب می‌شوند.

۲-۱-۱۰ نیمه‌هادی‌های نوع N و P

الف- نیمه‌هادی نوع N

اگر به یک قطعه نیمه‌هادی خالص سیلیسیوم، یک اتم پنج ظرفیتی مانند آرسنیک به عنوان ناخالصی اضافه کنیم، چهار الکترون مدار خارجی اتم آرسنیک با چهار الکترون مجاور اتم‌های سیلیسیوم پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند و الکترون پنجم آرسنیک به هیچ یک از اتم‌ها وابسته نیست. در حقیقت اتم پنجم به عنوان الکترون آزاد محسوب می‌شود. شکل ۱۰-۱۰ اتم آرسنیک را در بین اتم‌های سیلیسیوم نشان می‌دهد.



الف- ساختمان اتمی آرسنیک

ب- سیلیسیوم ناخالص شده

شکل ۱۰-۱۰ نیمه‌هادی نوع N

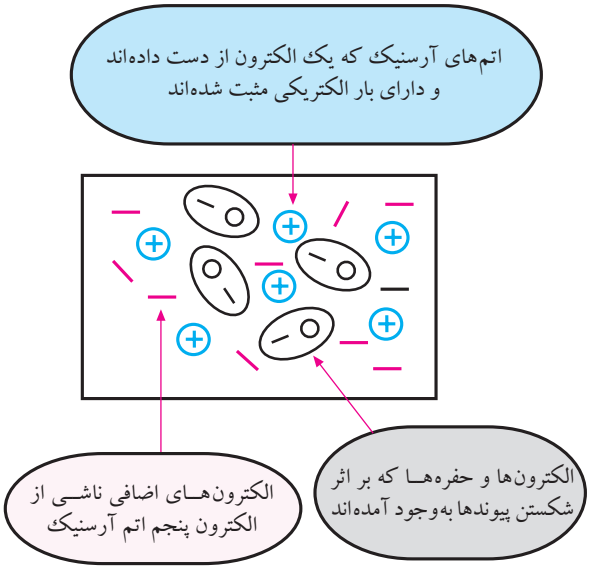
یک قطعه سیلیسیوم ناخالص الکترون اضافه دارد. چون بار الکتریکی الکترون منفی است پس هر قطعه سیلیسیوم ناخالص دارای بار الکتریکی منفی است. به نیمه‌هادی‌هایی که ناخالصی پنج ظرفیتی به آن‌ها اضافه شده باشد، نیمه‌هادی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نوع N (Negative– منفی) می‌گویند.

از طرف دیگر چون اتم آرسنیک یک الکترون از دست داده است لذا دارای بار الکتریکی مثبت است. بنابراین یک قطعه نیمه‌هادی نوع N را می‌توان به صورت شکل ۱۱–۱۰ نشان داد.



شکل ۱۱–۱۰ نیمه‌هادی نوع N

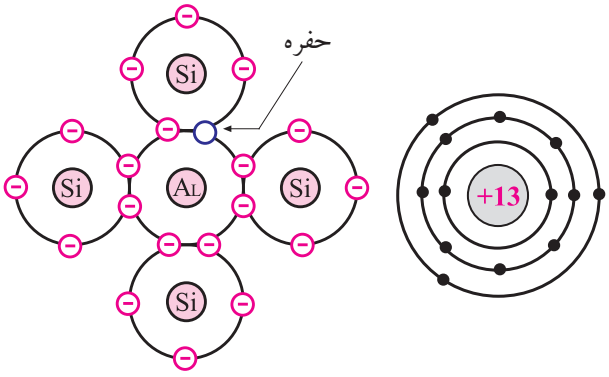
بیشتر بدانید:

میزان ناخالصی موجود در کریستال نوع N، تقریباً تعداد یک اتم آرسنیک در مقابل 10^7 اتم سیلیسیوم است.

ب– نیمه‌هادی نوع P

به یک قطعه نیمه‌هادی خالص سیلیسیوم یا ژرمانیوم، یک اتم سه ظرفیتی مانند آلومینیوم به عنوان ناخالصی اضافه می‌کنیم. در این حالت سه الکترون مدار خارجی اتم آلومینیوم با سه الکترون مجاور اتم‌های سیلیکون پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند. در محل پیوند چهارم بین اتم‌های آلومینیوم و سیلیسیوم یک حفره (جای خالی الکترون) به وجود می‌آید.

شکل ۱۲–۱۰ اتم آلومینیوم را در بین اتم‌های سیلیسیوم نشان می‌دهد.

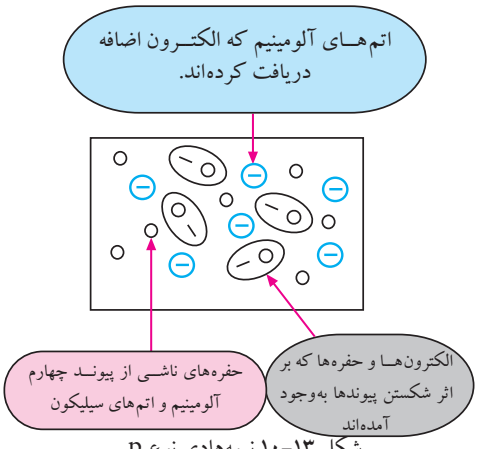


الف– ساختمان اتمی آلومینیوم ب– سیلیسیوم ناخالص شده

شکل ۱۲–۱۰ نیمه‌هادی نوع P

چون این قطعه سیلیسیوم ناخالص شده، یک الکترون کم دارد پس بار الکتریکی آن مثبت است. به نیمه‌هادی‌هایی که ناخالصی سه ظرفیتی به آن‌ها اضافه شده باشد، نیمه‌هادی نوع P (Positive– مثبت) می‌گویند.

همان‌طور که در شکل ۱۲–۱۰ مشاهده می‌شود در محل پیوند چهارم اتم آلومینیوم با اتم سیلیسیوم یک حفره به وجود آمده است. در این شرایط الکترون‌های ناشی از شکسته شدن پیوندهای دیگر، این حفره را پر می‌کنند، لذا بار الکتریکی اتم آلومینیوم منفی می‌شود. یک قطعه نیمه‌هادی نوع p را می‌توان به صورت شکل ۱۳–۱۰ نشان داد.



شکل ۱۳–۱۰ نیمه‌هادی نوع P

CarGeek.Live

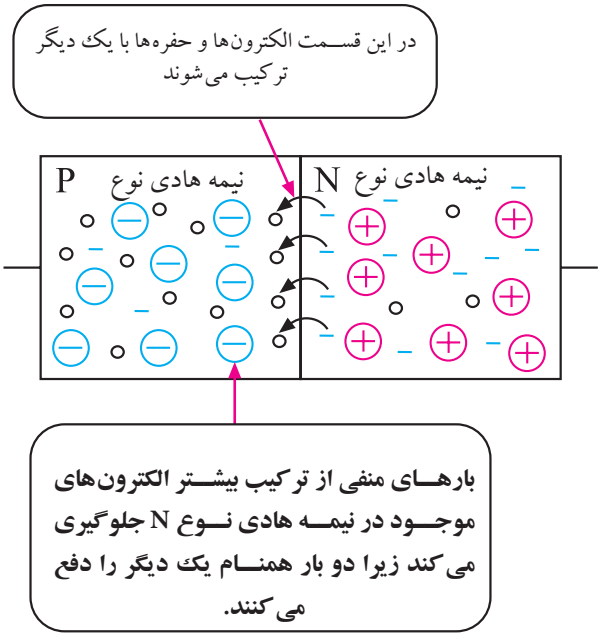
CarGeek.Live

۳-۱-۱۰ اتصال PN (دیود)

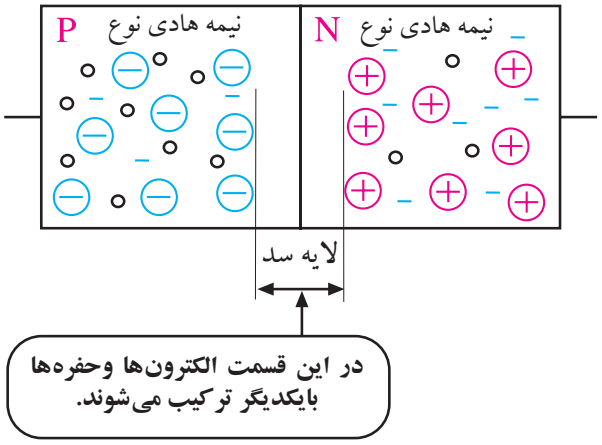
اگر یک قطعه نیمه‌هادی نوع P و یک قطعه نیمه‌هادی نوع N را به یکدیگر پیوند دهیم، یک اتصال PN (دیود) به وجود می‌آید. شکل ۱۴-۱۰ پیوند PN یا دیود را نشان می‌دهد.

شکل ۱۴-۱۰ اتصال PN یا دیود

منظور از چسباندن دو کریستال به یکدیگر اتصال مکانیکی آن‌ها نیست. برای اتصال کریستال‌ها به یکدیگر معمولا درجه حرارت پیوند را آنقدر بالا می‌برند تا کریستال‌ها ذوب شوند. پس از ذوب شدن، کریستال‌ها در محل پیوند، با هم آمیخته می شوند و از نظر مولکولی حالت واحد و یکنواختی را به وجود می‌آورند. نیمه‌هادی نوع N الکترون‌های اضافی و نیمه‌هادی نوع P حفره‌های اضافی دارد. هنگام پیوند دو نیمه‌هادی P و N به یکدیگر در مرز اتصال الکترون‌های موجود در نیمه‌هادی نوع N با حفره‌های موجود در نیمه‌هادی نوع P ترکیب می‌شوند و یک لایه‌ی بسیار نازک خالی شده از الکترون و حفره به وجود می‌آورند. به این لایه، «**لایه‌ی سد**» می‌گویند، شکل‌های ۱۵-۱۰ و ۱۶-۱۰.



شکل ۱۵-۱۰ ترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها در مرز پیوند PN



شکل ۱۶-۱۰ نمایش لایه‌ی سد

به خاطر بارهای مثبت و منفی به وجود آمده در اثر ناخالصی‌های عناصر پنج و سه ظرفیتی، در دو طرف لایه‌ی سد، یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) حدود ۰/۶ ولت ظاهر می شود.

به اتصال PN دیود می‌گویند.

خواص اتصال PN

اگر نیمه‌هادی نوع N را به قطب مثبت باتری و نیمه‌هادی

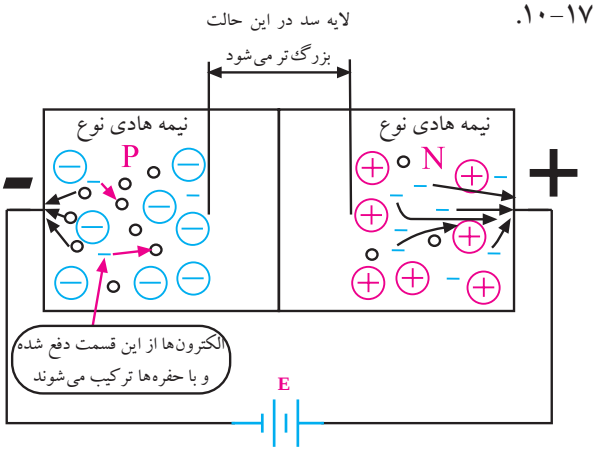
CarGeek.Live

CarGeek.Live

نـوع P را به قطـب منفی باتـری وصل کنیـم، الکترون‌های موجـود در نیمه‌هادی نوع N به سـمت قطـب مثبت حرکت می‌کنند و حفره‌های موجود در نیمه‌هادی نوع P جذب قطب منفی می شوند.

باید توجه داشته باشیم که حفره‌ها حرکت نمی‌کنند زیرا جای خالی الکترون‌ها هسـتند. هنگامی که قطب منفی باتـری الکترون‌ها را می‌رانـد و آن را بـا حفره‌ها ترکیب می‌کنـد چنین به نظر می‌رسـد که حفره‌ها به سـمت قطب منفی در حرکت هستند.

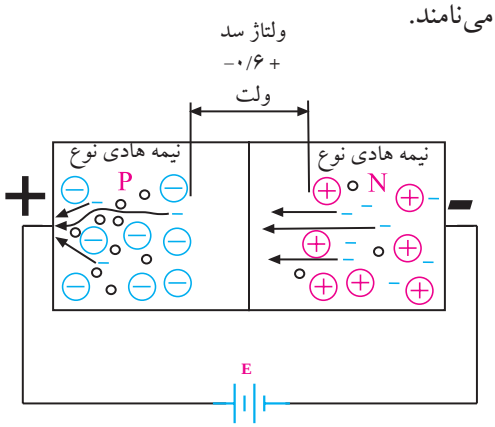
بنابراین در این حالت، در مدار یا در اتصال PN الکترون‌ها حرکت نمی‌کنند و در مدار جریان برقرار نمی‌شـود، شـکل ۱۰-۱۷.



شکل ۱۰-۱۷ اتصال کریستال PN به باتری در حالت مخالف

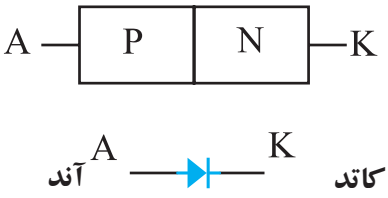
هر قـدر ولتاژ منبع بزرگ‌تر باشـد ضخامت لایه‌ی سـد افزایش می‌یابد. این نوع اتصال را **اتصال مخالف** (معکوس) کریستال PN می‌نامند.

در شکل ۱۰-۱۸ نیمه‌هادی نوع P را به قطب مثبت باتری و نیمه‌هـادی نوع N را به قطب منفی اتصال داده‌ایم. می‌دانیم دو بـار هم‌نام یکدیگـر را دفع و دو بار غیـر هم‌نام یکدیگر را جـذب می‌کننـد. بنابرایـن در این مدار قطـب منفی منبع، الکترون‌هـای موجـود در نیمه‌هادی نـوع N را دفع و قطب مثبت باتری الکترون‌ها را که دارای بار الکتریکی منفی هستند جذب می‌کند. اگر ولتاژ باتری بیشـتر از ۰/۶ ولت باشد، این ولتاژ بر ولتاژ سـد غلبه می‌کند و آن را می‌شـکند. با شکستن لایه‌ی سـد الکترون‌های رانده شـده از قطب منفی باتری در درون نیمه‌هـادی نوع N، از سـد عبور می‌کند و جذب قطب مثبت باتـری می‌شـوند، بدین‌ترتیب جریان در مـدار برقرار می‌شود. این نوع اتصال را **اتصال موافق** (مستقیم) کریستال PN می‌نامند.



شکل ۱۰-۱۸ کریستال PN در حالت موافق

اتصال PN را **دیود** می‌نامند و آن را با علامت قراردادی (نماد فنی) شکل ۱۰-۱۹ نشان می‌دهند.



شکل ۱۰-۱۹ علامت قراردادی دیود

در یک دیود پایه‌ی اتصال داده شـده به نیمه‌هادی نوع P را آند و پایه‌ی اتصال داده شـده به نیمه‌هادی نوع N را کاتد نام‌گذاری می‌کنند. در شکل ۱۰-۲۰ نمونه‌هایی از دیود نشان داده شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

شکل ۲۰-۱۰ نمونه‌هایی از انواع دیودها

نکته‌ی مهم:

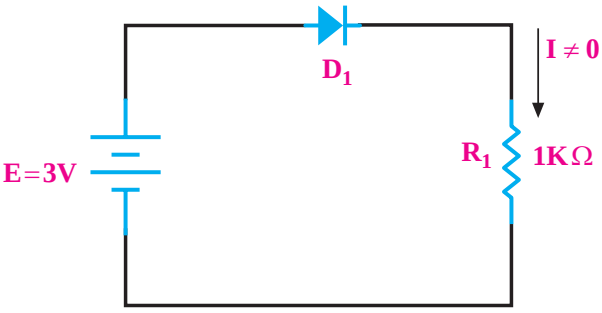
یک دیود هنگامی هدایت می‌کند که دو شرط زیر برقرار باشد.

الف- ولتاژ آند تقریبا ۰/۶ ولت بیشتر از ولتاژ کاتد باشد.

ب- مقدار جریان در مدار به اندازه‌ی کافی باشد.

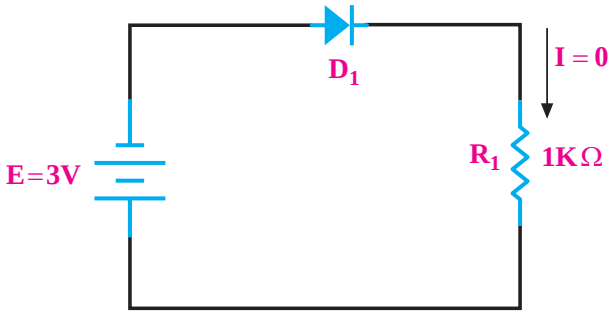
اتصال دیود یا هر قطعه‌ی الکترونیکی دیگر را به ولتاژ DC بایاس می‌گویند.

همان‌طور که گفته شد در مورد دیود دو نوع بایاس موافق و بایاس مخالف داریم. در شکل ۲۱-۱۰ این دو نوع بایاس نشان داده شده است. بایاس موافق را مستقیم و بایاس مخالف را معکوس نیز می‌گویند. در بایاس معکوس جریان دیود تقریبا صفر است. در بایاس مستقیم با توجه به ولتاژ منبع و مقدار مقاومت، جریان در مدار برقرار می‌شود.



دیود در بایاس موافق قرارگرفته است
لذا درمدار جریان برقرار است.

الف - بایاس موافق



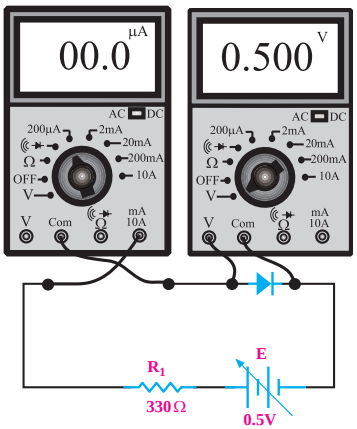
دیود در بایاس مخالف قرارگرفته است
لذا درمدار جریان صفر است.

ب- بایاس مخالف

شکل ۲۱-۱۰ بایاسینگ دیود

۴-۱-۱۰ منحنی مشخصه‌ی دیود

اگر یک دیود از جنس سیلیسیوم را مانند شکل ۲۲-۱۰ در بایاس مستقیم قرار دهیم و ولتاژ منبع تغذیه را روی صفر تا ۰/۵ ولت تنظیم کنیم، جریانی از مدار عبور نمی کند و میلی‌آمپر متر صفر را نشان می‌دهد.



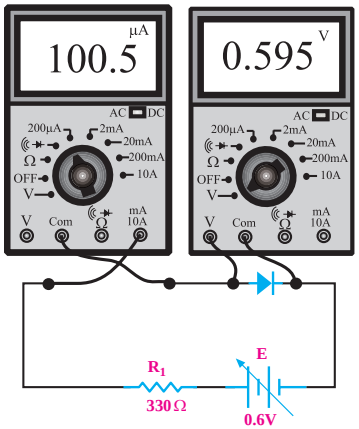
شکل ۲۲-۱۰

حال اگر ولتاژ منبع تغذیه را به آرامی زیاد کنیم، مادامی که ولت‌متر کمتر از ۰/۵ ولت را نشان می‌دهد، میلی‌آمپر متر هم‌چنان جریان صفر را نشان خواهد داد. چنان‌چه ولتاژ را

CarGeek.Live

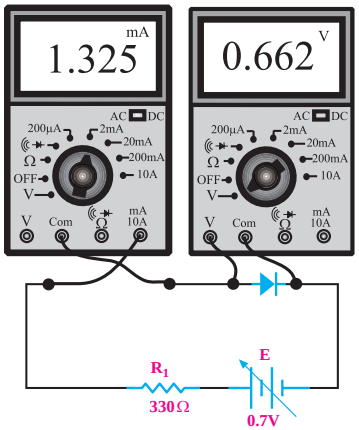
CarGeek.Live

کمی از نیم ولت بیشتر کنیم، میلی‌آمپر متر جریان خیلی کمی را نشان می‌دهد، شکل ۲۳-۱۰.



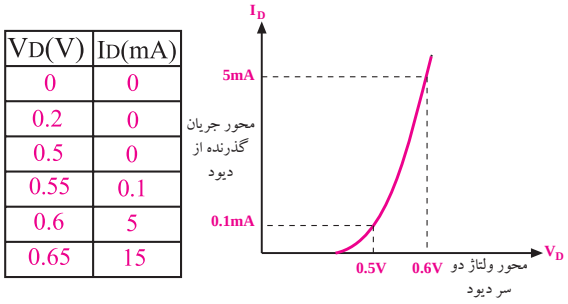
شکل ۲۳-۱۰

اگر به افزایش ولتاژ ادامه دهیم مثلا حدود ۰/۱ ولت به آن بیفزاییم، ناگهان میلی‌آمپر متر جریان زیادی را نشان می‌دهد، شکل ۲۴-۱۰.



شکل ۲۴-۱۰

در صورتی که مراحل بالا را برای ولتاژهای مختلف تکرار کنیم و برای هر مقدار از ولتاژ دو سر دیود، (مثلا ۰/۱، ۰/۲ و ..... ولت) جریان گذرنده از دیود را همانند شکل ۲۵-۱۰-ب در جدول یادداشت کنیم، می توانیم منحنی مشخصه‌ی دیود را در محورهای مختصات رسم کنیم، شکل ۲۵-۱۰الف. به منحنی شکل ۲۵-۱۰ الف منحنی مشخصه‌ی « ولت- آمپر» دیود می گویند. این منحنی را معمولاً کارخانه‌ی سازنده‌ی دیود در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهد.



الف- منحنی مشخصه دیود

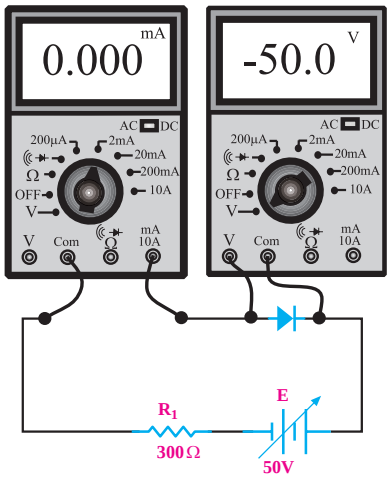
VD(V)	ID(mA)
0	0
0.2	0
0.5	0
0.55	0.1
0.6	5
0.65	15

ب- جدول مقادیر جریان و ولتاژ دو سر دیود

شکل ۲۵-۱۰

از منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر دیود می‌توانیم مقدار جریان عبوری از دیود را برای ولتاژهای مختلف به دست آوریم. هم‌چنین می‌توانیم در برابر عبور مقدار مشخصی جریان از دیود، افت ولتاژ دو سر آن را تعیین کنیم.

اگر مدار شکل (۲۶-۱۰) را ببندیم و ولتاژ منبع تغذیه را زیاد کنیم، حتی به ۵۰ ولت برسانیم، میلی‌آمپر متر عبور هیچ جریانی را نشان نمی‌دهد. حال اگر ولتاژ را خیلی زیاد کنیم دیود ناگهان هادی می‌شود و می‌سوزد.



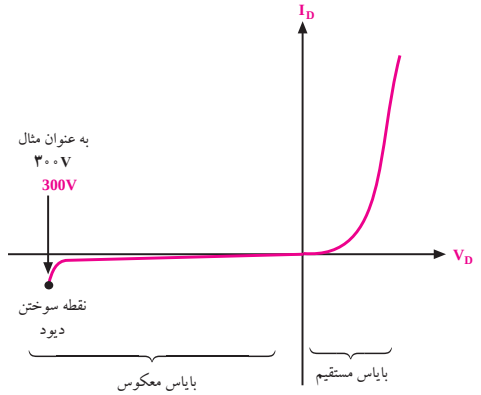
شکل ۲۶-۱۰ مدار ترسیم منحنی مشخصه‌ی دیود در بایاس معکوس

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در حالت معکوس جریان بسیار کمی از دیود عبور می کند که بسیار ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است.

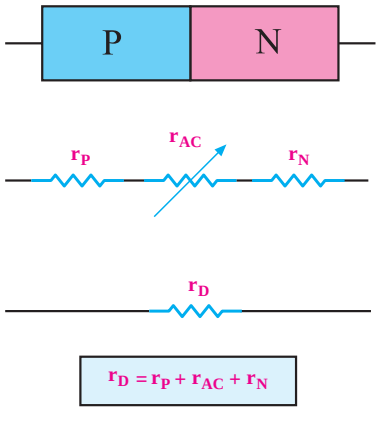
شکل ۱۰-۲۷ منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر دیود را هنگامی که دیود در بایاس مستقیم و در بایاس معکوس، قرار دارد نشان می دهد.



شکل ۱۰-۲۷ منحنی‌مشخصه‌ی دیود در بایاس موافق ومخالف

مدار معادل دیود

برای یک دیود معمولی می‌توان یک مدار معادل رسم کرد. با توجه به شکل ۱۰-۲۸ نیمه‌هادی نوع P دارای مقاومت اهمی r_p، نیمه‌هادی نوع N دارای مقاومت اهمی r_N، لایه‌ی سد نیز دارای یک مقاومت اهمی است که آن را با r_{AC} نشان می‌دهند، مجموعه‌ی این مقاومت‌ها را r_D می‌نامند.



شکل ۱۰-۲۸ مقاومت معادل دیود

در دیود علاوه بر مقاومت‌ها، ولتاژ لایه‌ی سد نیز وجود دارد. از طرفی چون دیود فقط در یک جهت جریان را از خود عبور می‌دهد لذا می‌توان مدار معادل شکل ۱۰-۲۹ را در مورد دیود به کار برد.

ولتاژ سد برای دیود ژرمانیوم تقریباً ۰/۲ ولت است
ولتاژ سد برای دیود سیلیکون تقریباً ۰/۶ ولت است.

شکل ۱۰-۲۹ مدار معادل دیود

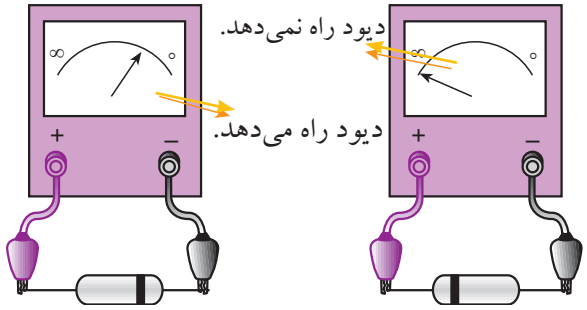
۱۰-۲ تشخیص پایه‌های دیود و سالم بودن آن به وسیله‌ی اهم‌متر

۱۰-۲-۱ استفاده از اهم‌متر عقربه‌ای

برای تشخیص پایه‌های دیود، اهم‌متر عقربه‌ای را به دو سر دیود وصل کنید و اهم آن را اندازه‌بگیرید. سپس اتصال دیود را بر عکس کنید و دوباره اهم آن را اندازه بگیرید. در یک حالت، اهم‌متر مقاومت کم و در حالت دیگر اهم‌متر مقاومت زیاد را نشان می‌دهد. در حالتی که مقدار مقاومت کم است، دیود از طریق باتری داخلی اهم‌متر، در بایاس مستقیم قرار می‌گیرد. در حالتی که اهم‌متر، مقاومت زیادی را نشان می‌دهد، دیود از طریق باتری داخلی اهم‌متر در بایاس معکوس قرار دارد. در این شرایط اصطلاحا می‌گویند « **دیود از یک طرف راه می‌دهد و از طرف دیگر راه نمی‌دهد.**» در شکل ۱۰-۳۰ این دو حالت نشان داده شده است.

CarGeek.Live

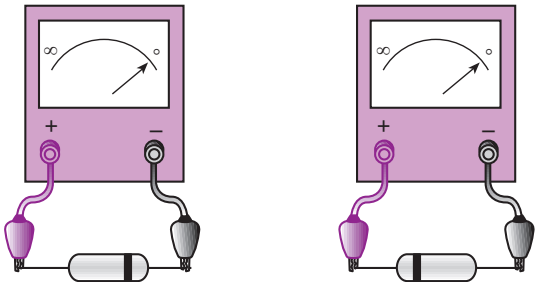
CarGeek.Live



شکل ۳۰-۱۰ تشخیص پایه‌های دیود

در حالتی کـه اهم‌متـر مقاومت کمی را نشـان می‌دهد، ترمینال مثبـت اهم‌متر به آند دیود و ترمینـال منفی اهم‌متر به کاتد دیـود اتصال دارد. به این ترتیـب می‌توانیم آند و کاتد دیود را تعیین کنیم. توجه داشـته باشـید، مقدار مقاومتی که اهم‌متر نشـان می‌دهد به حـوزه‌ی کار (رنج) کلید سـلکتور اهم‌متر بسـتگی دارد. در مولتی‌مترهای عقربه‌ای ممکن است قطب‌های خروجی اهم‌متر معکوس باشد، یعنی پایانه‌ی مثبت اهم‌متر به قطب منفـی باتری داخلی و پایانه‌ی منفی اهم‌متر به قطب مثبت باتری داخلی اهم‌متر وصل باشـد. در این صورت قطب‌های دیود برعکس می شود.

اگر دیود معیوب، مثلا قطع شده باشد، در این صورت اگر اهم‌متر را به پایه‌های دیود اتصال دهیم، در هر دو حالت اهم‌متر مقاومت ∞ (بی‌نهایت) را نشان می‌دهد. چنان‌چه دیود معیوب اتصال کوتاه شده باشـد، در هر دو حالت اتصال ترمینال‌های اهم‌متر به دیود، اهم‌متر مقاومت صفر را نشـان می‌دهد. شکل ۳۱-۱۰ این دوحالت را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱-۱۰ دیود معیوب شده و اتصال کوتاه است.

۲-۲-۱۰ استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی برای آزمایش دیود

اغلب مولتی‌مترهای دیجیتالـی دارای وضعیت آزمایش دیود هسـتند. هر گاه کلید سـلکتور مولتی‌متر دیجیتالی را در وضعیت تسـت دیود قرار دهیم و دیود به وسـیله‌ی مولتی‌متر در بایـاس موافق قرار گیرد، مولتی‌متـر دیجیتالی ولتاژ بایاس موافق دیود را نشان می‌دهد. مقدار ولتاژ موافق برای دیودهای سیلیسـیومی در حدود ۰/۷ ولت و بـرای دیودهایی از جنس ژرمانیوم حدود ۰/۲ ولت اسـت. شـکل ۳۲-۱۰ این حالت را نشان می‌دهد.

شکل ۳۲-۱۰ دیود در بایاس موافق

اگـر دیود به صورت بایاس مخالف به مولتی‌متر دیجیتالی وصل شود، معمولا مولتی‌متر ولتاژ بایاس مخالف اعمال شده به وسـیله‌ی باتری دستگاه را که در دو سر دیود افت می کند، نشـان می‌دهد. این ولتاژ ممکن است در دستگاه‌های مختلف از ۱/۵ تا ۳ ولت باشد.

شکل ۳۳-۱۰ این حالت را نشان می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

شکل ۳۳-۱۰ دیود در بایاس مخالف

در برخـی از مولتـی مترها وقتی دیـود در حالت مخالف قرار می‌گیرد روی صفحه‌ی نمایش عدد ۱ یا شـرایط دیگری ظاهر می شود. شرایط نمایش صفحه را در کاتالوگ دستگاه می‌نویسند.

در حالتی که دیود در بایاس موافق قرار دارد، سـیم منفی (سیم مشـترک یا COM) به کاتد دیود و سیم مثبت به آند دیود وصل است. اگر دیود ناسـالم مثلاً قطع باشد، در هر دو حالت، روی صفحه‌ی نمایـش مولتی‌متر، ولتاژ باتری داخلی نشـان داده می شـود. در شـکل ۳۴-۱۰ این دو حالت دیده می‌شود.

دیود قطع

شکل ۳۴-۱۰ تست دیود معیوب (قطع)

اگـر دیود اتصـال کوتاه باشـد، در هـر دو حالت روی صفحه‌ی نمایش دستگاه، ولتاژ صفر نشان داده می‌شود. شکل ۳۵-۱۰ این حالت را نشان می‌دهد.

دیود اتصال کوتاه

شکل ۳۵-۱۰ تست دیود معیوب (اتصال کوتاه)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳–۱۰ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۳–۱–۱۰ هدف‌های آزمایش

بررسی وضعیت دیود در بایاس مستقیم و معکوس و چگونگی آزمایش آن

۳–۲–۱۰ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای	یک دستگاه
۳	دیود ۱N۴۰۰۱ یا مشابه	یک عدد
۴	دیود ژرمانیوم	یک عدد
۵	مقاومت ۱KΩ	یک عدد
۶	منبع تغذیه ۰– ۱۵V	یک دستگاه
۷	سیم‌رابط یک سرگیره سوسماری	دو رشته
۸	سیم‌رابط دو سرگیره سوسماری	دو رشته
۹	بردبرد	یک عدد
۱۰	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳–۳–۱۰ مراحل اجرای آزمایش

■ کلید سلکتور اهم‌متر عقربه‌ای را روی R×۱۰ قرار دهید.

■ قطب مثبت اهم‌متر را به یک سر دیود و قطب منفی آن را به سر دیگر دیود وصل کنید و مقدار مقاومت دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

مقاومت دیود R = ... Ω

■ قطب‌های اهم‌متر را عوض کنید و سپس مقاومت دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

مقاومت دیود R = ... Ω

■ با توجه به قطب‌های اهم‌متر آند و کاتد دیود را تشخیص دهید و در کنار پایه‌های دیود بنویسید.

■ مقدار مقاومت دیود در گرایش مستقیم و معکوس را اندازه بگیرید و جدول ۱–۱۰ را کامل کنید.

جدول ۱–۱۰

ردیف	شماره فنی دیود	شکل ظاهری دیود	اهم در گرایش مستقیم	اهم در گرایش معکوس	وضعیت دیود
۱	۱N۴۰۰۴				
۲					
۳					

■ در جدول ۱–۱۰ وضعیت دیود را از نظر سالم و ناسالم بودن، بررسی کنید.

■ مراحل آزمایش را برای دو نمونه‌ی دیگر دیود تکرار کنید و جدول را کامل کنید.

■ مراحل آزمایش را با اهم‌متر دیجیتالی انجام دهید و آند و کاتد دیود را مشخص کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ با اندازه‌گیری ولتاژ دیود در گرایش مستقیم و معکوس و تعیین وضعیت دیود از نظر سالم یا ناسالم بودن توسط اهم‌متر دیجیتالی، جدول ۲-۱۰ را کامل کنید.

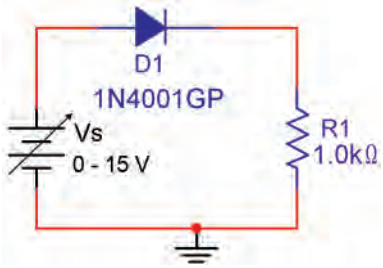
■ ردیف ۱ جدول ۲-۱۰ به عنوان نمونه تکمیل شده است.

جدول ۲-۱۰

ردیف	شمارهٔ فنی دیود	شکل ظاهری دیود	ولتاژ دو سر دیود در گرایش مستقیم	ولتاژ دو سر دیود در گرایش معکوس	وضعیت دیود
۱	1 N۴۰۰۷		۰/۶۵۵	۲/۶	سالم
۲					
۳					

■ مدار شکل ۳۶-۱۰ را روی بردبرد ببندید.

دیود را ۱N۴۰۰۱ انتخاب کنید.



شکل ۳۶-۱۰

■ ولتاژ منبع تغذیه‌ی V_S را آن قدر تغییر دهید تا ولتاژ دو سر بار برابر با ۵ ولت شود.

■ به وسیله‌ی ولت‌متر ولتاژ دو سر دیود را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

V_D = ... ولت

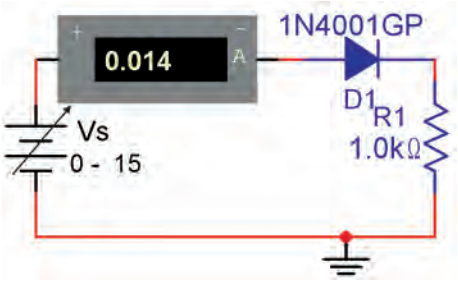
با توجه به رابطه‌ی $I_D = \frac{V_{RL}}{R_L}$ جریان عبوری از دیود را محاسبه کنید.

$$I_D = \frac{V_{RL}}{R_L} = \frac{.....}{.....} = ...$$

■ با استفاده از رابطه‌ی $R_D = \frac{V_D}{I_D}$ مقاومت دیود را در گرایش مستقیم محاسبه و یادداشت کنید.

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{.....}{.....} = ...$$

■ آمپر متر را مطابق شکل ۳۷-۱۰ با مدار سری کنید. ولتاژ منبع را آن‌قدر تغییر دهید تا ولتاژ دو سر بار برابر با ۵ ولت شود و جریان عبوری از دیود را اندازه بگیرید.



شکل ۳۷-۱۰

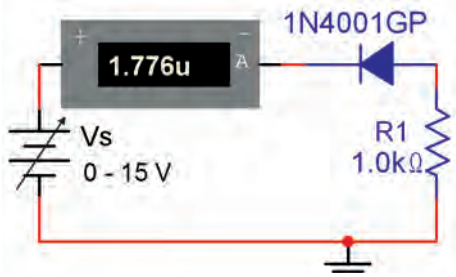
I_D = ... mA

■ جریان اندازه‌گیری شده توسط آمپرمتر و جریان محاسبه شده از رابطه‌ی $\frac{V_{RL}}{R_L}$ را با هم مقایسه کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ جهت دیود را مطابق شکل ۳۸-۱۰ عوض کنید.



شکل ۳۸-۱۰

■ ولتاژ منبع ولتاژ V_S را مطابق جدول ۳-۱۰ تغییر دهید و با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر دیود و اندازه‌گیری جریان عبوری از دیود جدول ۳-۱۰ را کامل کنید.

جدول ۳-۱۰

ردیف	V_S (ولت)	ولتاژ V_D	I_D
۱	۲		
۲	۴		
۳	۸		
۴	۱۲		
۵	۱۵		

سؤال ۱: آیا از دیود در بایاس مخالف جریانی عبور می‌کند؟

سؤال ۲: آیا ولتاژ دو سر دیود در بایاس مخالف با ولتاژ منبع (V_S) برابر است؟

۴-۳-۱۰ نتایج آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش را به طور خلاصه در ۴ سطر بنویسید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱۰)

۱- ساختمان نیمه‌هادی‌های نوع N و p را شرح دهید.

۲- در یک قطعه سیلیکون خالص، حفره چگونه به وجود می‌آید؟ شرح دهید.

۳- توضیح دهید که در اتصال PN چگونه در یک جهت جریان بـه راحتی عبور می‌کند و در جهت دیگر جریان عبور نمی‌کند.

۴- تعداد حفره‌های نیمه‌هادی نـوع P ..... نیمه‌هادی نوع N است.

الف) بیشتر از　　ب) کمتر از

ج) مساوی　　د) دو برابر

۵- در بایاس مسـتقیم افت ولتاژ دو سر دیود ایده‌آل چند ولت است؟

الف) ۰/۲　　ب) ۰/۷

ج) صفر　　د) بی‌نهایت

۶- برای هدایت دیود چه شـرایطی لازم اسـت؟ توضیح دهید .

۷- بایاس دیود را توضیح دهید.

۸- چگونگی تشکیل لایه‌ی سد در اتصال PN را توضیح دهید.

۹- مقدار پتانسـیل سـد برای نیمه‌هادی نوع سیلیسیومی و ژرمانیومی چند میلی‌ولت است؟

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۰- مدار معادل دیود معمولی را رسم کنید.

۱۱- منحنی مشـــخصه‌ی ولت- آمپردیـــود معمولی را در بایاس موافق(مستقیم) و بایاس مخالف (معکوس) رسم کنید.

۱۲- ساختمان اتمی ژرمانیوم و سیلیسیوم را شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل یازدهم

تجزیه و تحلیل مدارهای دیودی

هدف کلی : تحلیل نظری و عملی یکسوسازها

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- مدار یکسوساز نیم‌موج را رسم کند و طرز کار مدار را شرح دهد.

۲- مقدار متوسط ولتاژ خروجی یکسوکننده‌ی نیم‌موج را محاسبه کند.

۳- مقدار یکسوساز تمام موج با استفاده از ترانسفورماتور سر وسط را رسم کند و طرز کار مدار را شرح دهد.

۴- مدار یکسوساز تمام موج پل را رسم کند و طرز کار مدار را شرح دهد.

۵- نقش صافی‌ها در یکسوکننده‌ها را شرح دهد.

۶- نحوه‌ی استفاده از منبع تغذیه‌ی متقارن را توضیح دهد.

۷- نحوه‌ی عملکرد مدارهای کلیپر (clipper) و کلمپر (clamper) را شرح دهد.

۸- طرز کار مدارهای چند برابر کننده‌ی ولتاژ را شرح دهد.

۹- طرز کار کلید ۱۱۰/۲۲۰ را توضیح دهد.

۱۰- نحوه‌ی عملکرد مدار آشکارساز پیک تو پیک را شرح دهد.

۱۱- شکل موج ولتاژ خروجی یکسوکننده‌ی نیم‌موج را بدون صافی خازنی و با صافی خازنی مشاهده کند و مقدار آن را اندازه بگیرد.

۱۲- شکل موج ولتاژ خروجی یکسوکننده‌ی تمام موج با ترانسفورماتور سر وسط را بدون صافی خازنی و با صافی خازنی، مشاهده کند و مقدار آن را اندازه بگیرد.

۱۳- شکل موج ولتاژ خروجی یکسو کننده‌ی تمام موج پل، بدون صافی خازنی و با صافی خازنی را مشاهده کند و مقدار آن را اندازه بگیرد.

۱۴- ولتاژ خروجی یک مدار دوبرابر کننده‌ی ولتاژ را اندازه‌گیری کند.

۱۵- شکل موج ولتاژ خروجی مدارهای کلیپر و کلمپر را مشاهده کند و مقدار آن را اندازه بگیرد.

۱۶- کلیه ی هدف‌های رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول به آن اشاره شده است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره‌ی ۱۱	ساعت آموزش 26:00		
	نظری	عملی	جمع
	۸	۱۸	۲۶

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱۱)

۱- مقدار متوسط یک موج سینوسی که یکسو شده نیم‌موج است کدام است؟

الف) $\frac{Vm}{\pi}$ ب) $\frac{2Vm}{\pi}$

ج) $2Vm$ د) $\frac{Vm}{2}$

۲- ولتاژ معکوس دو سر هر دیود در یکسوساز تمام موج، برابر ..... است.

۳- شرط هدایت یک دیود کدام است؟

الف) ولتاژ آند به اندازه‌ی ۰/۶ ولت از کاتد بیشتر باشد.

ب) جریان در مدار به اندازه‌ی کافی وجود داشته باشد.

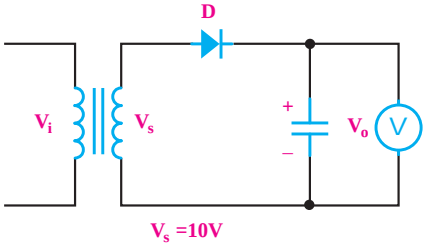
ج) فقط کافی است ولتاژ آند نسبت به کاتد به اندازه‌ی ۰/۶ مثبت‌تر باشد.

د) موارد الف و ب

۴- هر قدر ظرفیت خازن را زیادتر کنیم، ولتاژ خروجی یکسو کننده‌ها ثابت‌تر می‌شود.

صحیح ❐ غلط ❐

۵- در شکل زیر V_o چند ولت است؟



الف) ۱۰ ب) ۹/۴

ج) ۱۴/۱ د) ۱۳/۵

۶- نحوه‌ی عملکرد یکسوساز تمام موج را شرح دهید.

۷- نحوه‌ی عملکرد یکسوساز نیم موج را با رسم شکل شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۸- در یکسوساز پل ، جریان هر دیود برابر است با ..... است.

الف) I_L ب) $\frac{I_L}{۲}$

۹- انتخاب دقیق ظرفیت خازن در صافی‌ها، بستگی به مقدار ولتاژ ضربان یا ضربان قابل قبول دارد.

صحیح ❐ غلط ❐

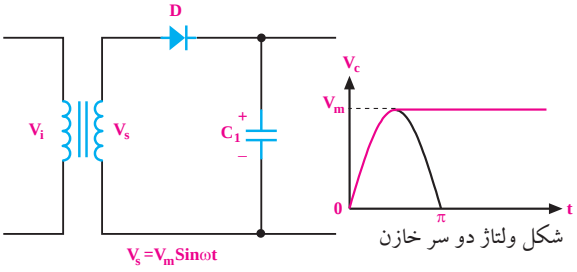
۱۰- خرابی‌های ترانس تغذیه را شرح دهید.

۱۱- یکی از مزیت‌های استفاده از ترانسفورماتور در مدار تغذیه‌ی دستگاه‌های الکترونیکی، ایزوله شدن مدار از برق شهر است.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۲- با کلید ..... می‌توانیم دستگاه‌های الکترونیکی را در کشور ایران و سایر کشورها استفاده کنیم.

۱۳- در مدار شکل زیر، خازن به اندازه‌ی ..... شارژ می‌شود.



شکل ولتاژ دو سر خازن

۱۴- مقدار ولتاژ خروجی مدار دوبرابر کننده‌ی ولتاژی که ولتاژ ورودی آن $V_S = V_m \sin\omega t$ می‌باشد، چند ولت است؟

الف) V_m ب) $۲V_m$ ج) $\frac{V_m}{۲}$ د) $۴V_m$

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱–۱۱ یکسوسازها یا رکتی فایرها (Rectifiers)

۱–۱–۱۱ یکسوساز نیم‌موج

یک دیود هنگامی هدایت می‌کند که دو شرط زیر در آن برقرار باشد:

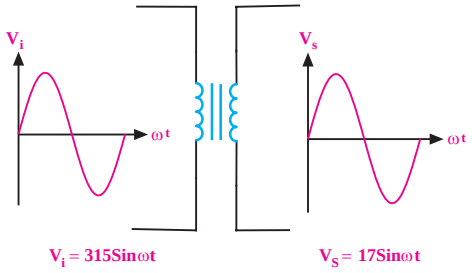
الف: ولتاژ آند تقریبا ۰/۷ ولت مثبت‌تر از ولتاژ کاتد باشد.

ب: جریان عبوری از مدار به اندازه‌ی کافی باشد.

در شکل ۱–۱۱ در صورتی که جریان مورد نیاز دیودها تامین شود، هر دو دیود هدایت می‌کنند. زیرا در هر دو دیود ولتاژ آند تقریبا ۰/۷ ولت مثبت‌تر از کاتد است.

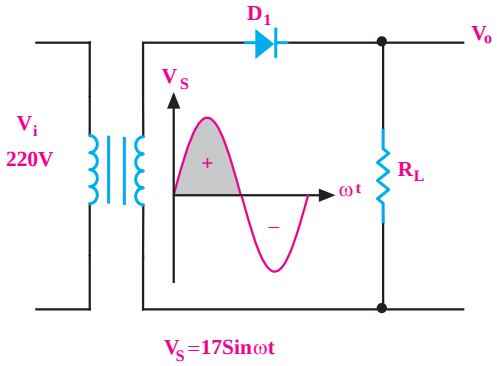
شکل ۱–۱۱ ولتاژ مورد نیاز برای هدایت دیود

یک ترانسفورماتور قادر است ولتاژ موجود مثلا ولتاژ برق شهر یعنی ۲۲۰ ولت را به ولتاژ مورد نیاز مثلا ۱۲ ولت تبدیل کند. اگر به مدار اولیه‌ی ترانسفورماتور یک شکل موج سینوسی بدهیم، در مدار ثانویه‌ی آن نیز شکل موج سینوسی دریافت می‌کنیم، شکل ۲–۱۱.



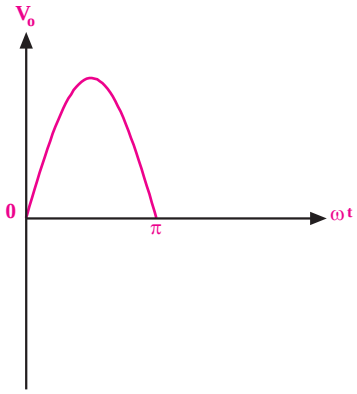
شکل ۲–۱۱ ترانسفورماتور

در مدار شکل ۳–۱۱، در نیم سیکل مثبت برای دیود شرایط هدایت وجود دارد. لذا در نیم سیکل مثبت دیود هدایت می‌کند. در هنگام هدایت دیود، افت ولتاژی معادل ۰/۷ ولت در دو سر آن به وجود می‌آید.



شکل ۳–۱۱ هدایت دیود در نیم‌سیکل مثبت

در تحلیل مدارهای ساده‌ی دیودی مانند یکسوسازها، اغلب از افت ولتاژ ۰/۷ ولت در دو سر دیود صرف نظر می‌کنند و هنگام هدایت دیود آن را اتصال کوتاه و مشابه یک کلید بسته در نظر می‌گیرند. شکل ۴–۱۱، شکل موج ولتاژ خروجی مدار یکسوساز را در شرایطی که دیود هادی می‌شود نشان می‌دهد.

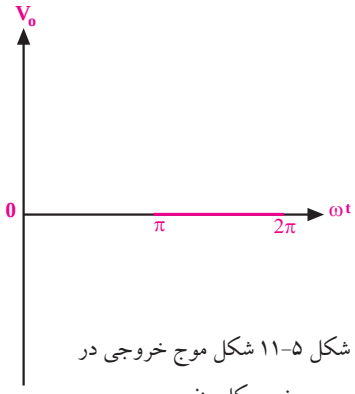


شکل ۴–۱۱ شکل موج خروجی در نیم سیکل مثبت

در نیم‌سیکل منفی، دیود در بایاس معکوس قرار می‌گیرد، لذا هدایت نمی‌کند و جریان در مدار صفر است. بنابراین $V_O=R.i=R\times 0=0\ V$ می‌شود. در شکل ۵–۱۱ شکل موج ولتاژ خروجی یکسوساز در نیم‌سیکل منفی (از π تا ۲π) نشان داده شده است.

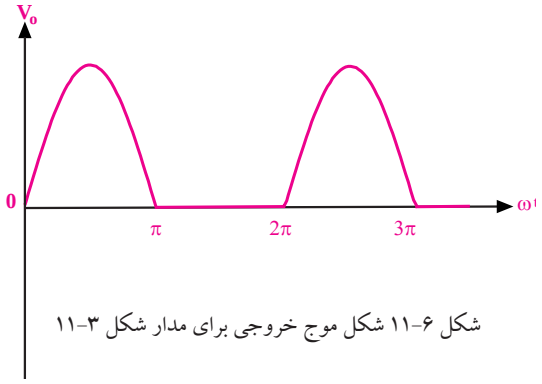
CarGeek.Live

CarGeek.Live



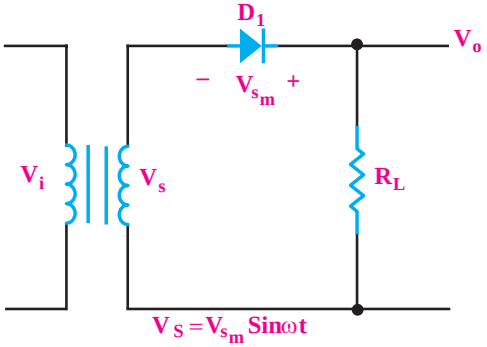
شکل ۵-۱۱ شکل موج خروجی در نیم‌سیکل منفی

شکل موج ولتاژ خروجی این مدار مانند شکل ۶-۱۱ است.



شکل ۶-۱۱ شکل موج خروجی برای مدار شکل ۳-۱۱

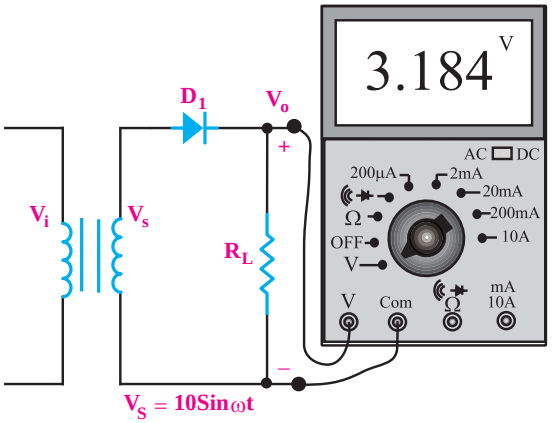
حداکثر ولتاژی که در بایاس مستقیم (V_F) می‌تواند دو سر دیود افت کند، حدود یک ولت است. در بایاس معکوس میزان افت ولتاژ دو سر دیود برابر با ماکزیمم ولتاژ ثانویه‌ی ترانسفورماتور می‌شود. هنگام انتخاب دیود باید به این نکته یعنی حداکثر ولتاژ مخالف دیود توجه کنیم، شکل ۷-۱۱.



شکل ۷-۱۱

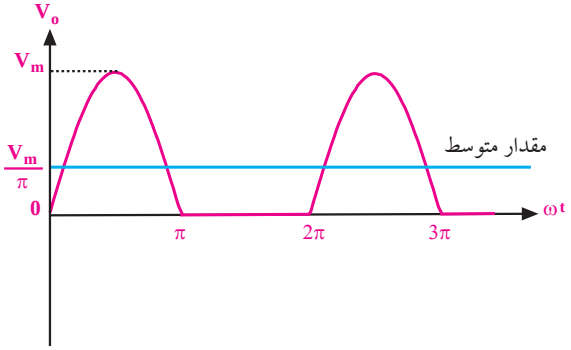
به مدار شکل ۷-۱۱ یکسو کننده‌ی نیم‌موج می گویند.

اگر یک ولت‌متر DC را به خروجی مدار شکل ۷-۱۱ ببندیم، ولت‌متر DC مقدار متوسط ولتاژ را نشان می‌دهد، شکل ۸-۱۱. در این اندازه‌گیری از افت ولتاژ دو سر دیود در جهت موافق صرف‌نظر شده است.



شکل ۸-۱۱ اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ

مقدار متوسط یک موج سینوسی که به صورت نیم‌موج یکسو شده است برابر $V_{ave} = V_{DC} = \frac{Vm}{\pi}$ است، شکل ۹-۱۱.



شکل ۹-۱۱ تعیین مقدار متوسط از روی شکل موج

۲-۱-۱۱ یکسوساز تمام موج

یکسوساز تمام موج با استفاده از ترانسفورماتور سر وسط

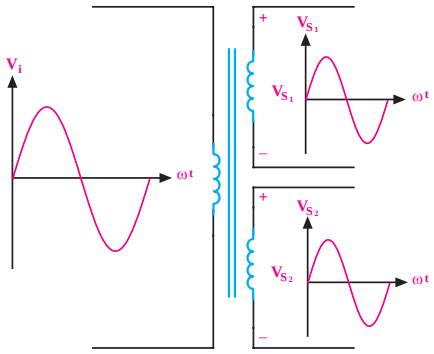
اگر یک ترانسفورماتور دارای دو سیم‌پیچ ثانویه باشد، در خروجی آن دو ولتاژ جدا از هم داریم. این دو ولتاژ می‌توانند

CarGeek.Live

CarGeek.Live

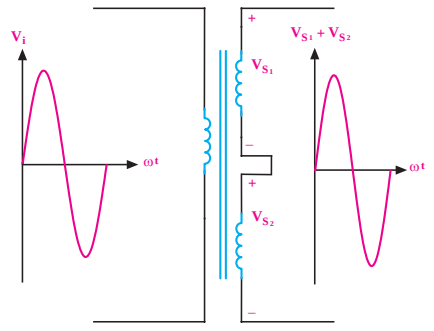
با یکدیگر برابر یا نابرابر باشند که به تعداد دورهای سیم‌پیچ ثانویه بستگی دارد.

فرض کنید یک ترانسفورماتور دو سیم‌پیچ ثانویه با تعداد دور مساوی و جدا از هم دارد، در این صورت دو شکل موج سینوسی جدا از هم با دامنه‌های برابر در خروجی‌های ترانسفورماتور به وجود می‌آید. در شکل ۱۰-۱۱ این شکل موج‌ها نشان داده شده‌اند. علامت‌های «+» و «−» روی نماد فنی سیم‌پیچ‌های ثانویه مربوط به قطب ولتاژهای لحظه‌ای در نیم‌سیکل مثبت است. توجه داشته باشید که در نیم سیکل منفی علامت‌ها عوض می‌شوند.



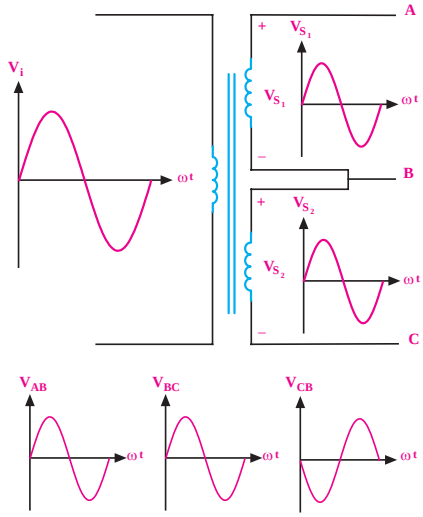
شکل ۱۰-۱۱ ترانسفورماتور با دو سیم‌پیچ ثانویه‌ی جدا از هم

اگر انتهای یک سیم‌پیچ ثانویه را به ابتدای سیم‌پیچ دیگر وصل کنیم، دو سیم‌پیچ با یکدیگر سری می‌شوند و ولتاژ خروجی دو برابر ولتاژ یکی از سیم‌پیچ‌ها خواهد شد، شکل ۱۱-۱۱.



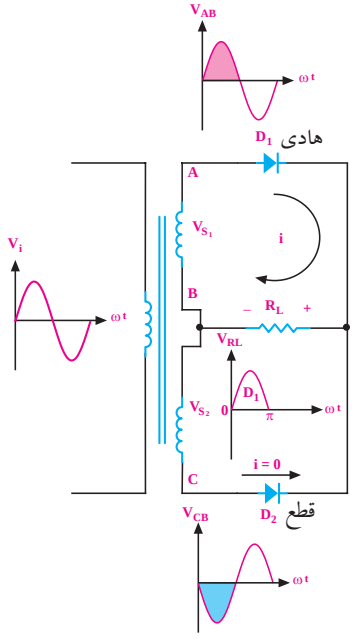
شکل ۱۱-۱۱ اتصال سری دو سیم‌پیچ ثانویه در ترانسفورماتور

اگر محل اتصال دو سیم‌پیچ را به عنوان سر مشترک بین دو سیم‌پیچ انتخاب کنیم، شکل موج ولتاژ در نقاط A، B و C به صورت شکل ۱۲-۱۱ در می‌آید.



شکل ۱۲-۱۱ نمایش ترانسفورماتور با ثانویه‌ی سه سر

اگر مدار شکل ۱۳-۱۱ را ببندیم، در نیم‌سیکل مثبت دیود D_1 هادی می‌شود و دیود D_2 در بایاس معکوس قرار می‌گیرد. بنابراین شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی در نیم سیکل مثبت تقریباً مشابه شکل موج ولتاژ دو سر ثانویه‌ی ترانسفورماتور است.

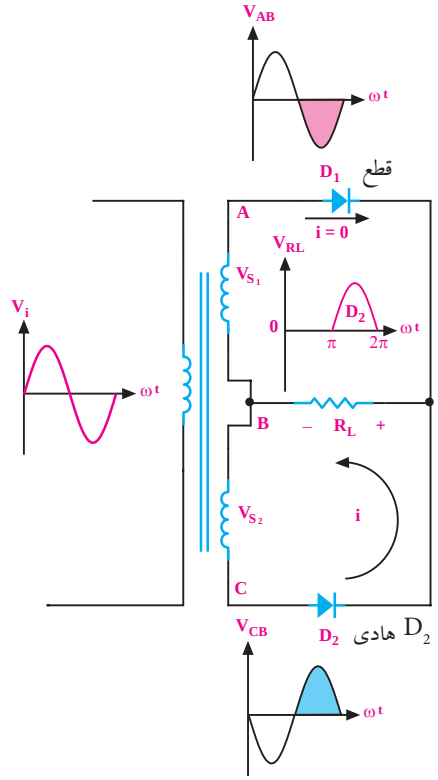


شکل ۱۳-۱۱ در نیم‌سیکل مثبت دیود D_1 هادی و دیود D_2 قطع است.

CarGeek.Live

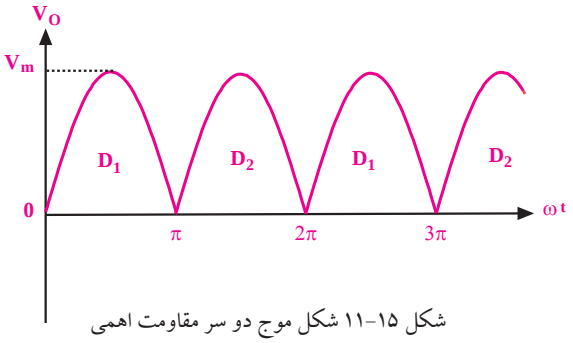
CarGeek.Live

در نیم‌سیکل منفی، دیود D_1 قطع و دیود D_2 هادی است، لذا شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت اهمی در نیم‌سیکل منفی، تقریباً مشابه شکل موج ولتاژ دو سر ثانویه‌ی ترانسفورماتور (V_{S_2}) می‌شود. در شکل ۱۴-۱۱ شکل موج ولتاژ دو سر مقاومت یا V_O در فاصله‌ی π تا 2π (نیم‌سیکل منفی) نشان داده شده است.



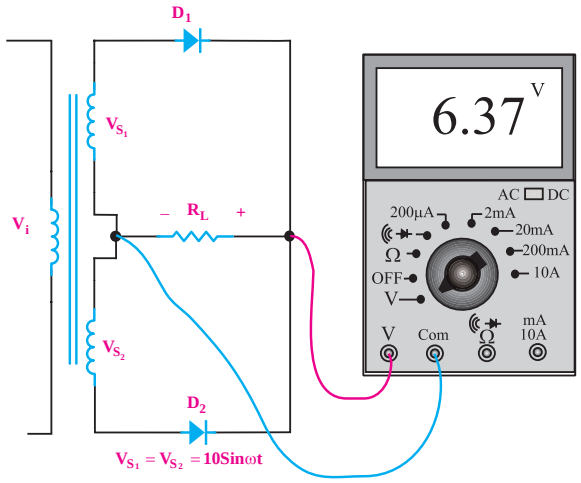
شکل ۱۴-۱۱ در نیم‌سیکل منفی دیود D_1 قطع و دیود D_2 هادی است.

شکل ولتاژ دو سر مقاومت اهمی در یک سیکل کامل به صورت شکل ۱۵-۱۱ در می‌آید.



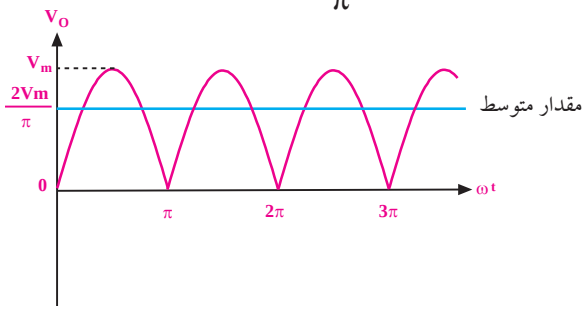
شکل ۱۵-۱۱ شکل موج دو سر مقاومت اهمی

اگر یک ولت‌متر DC را به دو سر بار (مقاومت اهمی) وصل کنیم، ولت‌متر DC مقدار متوسط شکل موج سینوسی یکسو شده را نشان می‌دهد، شکل ۱۶-۱۱.



شکل ۱۶-۱۱ اندازه‌گیری ولتاژ DC در یکسوساز تمام موج

مقدار متوسط شکل موج سینوسی یکسو شده به صورت تمام موج و برابر با $\frac{2Vm}{\pi}$ است، شکل ۱۷-۱۱.



شکل ۱۷-۱۱ تعیین مقدار متوسط در یکسو ساز تمام موج

به یکسوساز شکل ۱۶-۱۱ یکسوساز تمام موج می‌گویند.

موارد زیر را به خاطر داشته باشید:

الف: در یکسوساز تمام موج با ترانسفورماتور سر وسط، جریان گذرنده از هر دو دیود برابر $I_D = \frac{1}{2} I_L$ است.

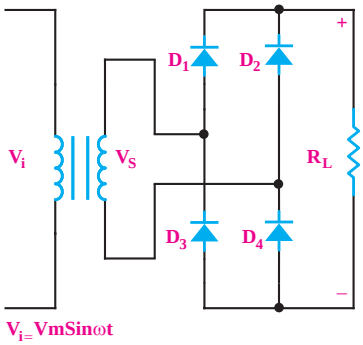
ب: ولتاژ معکوس دو سر هر دیود در یکسوساز تمام موج برابر $2V_m$ است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

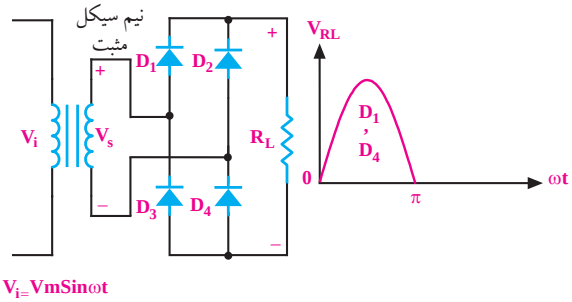
۳-۱-۱۱ یکسوساز پل گرتز یک فازه(پل دیود)

یکسـو کننده‌ی پل گرتز یک فازه مطابق شکل ۱۸-۱۱ از چهار دیود تشکیل می‌شود.



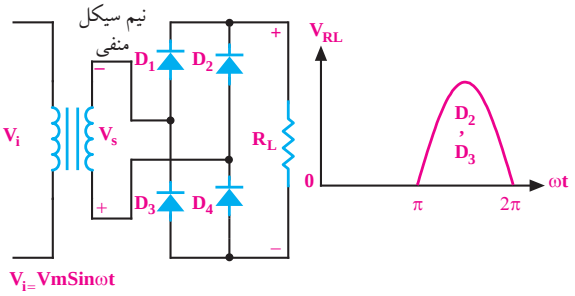
شکل ۱۸-۱۱ یکسوساز تمام موج (پل گرتز یک فازه)

در نیم‌سـیکل مثبت دیودهای D_1 و D_4 هدایت می کنند و دیودهـای D_2 و D_3 در حالت قطع هسـتند. زیرا هر دو در بایاس معکوس قرار می‌گیرند. شـکل موج ولتاژ خروجی در نیم‌سیکل مثبت، در شکل ۱۹-۱۱ نشان داده شده است.



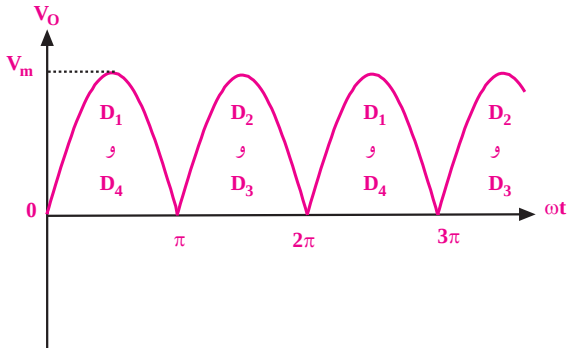
شکل ۱۹-۱۱ هدایت دیودهای D_1 و D_4 در یکسوساز پل

در نیم‌سیکل منفی، دیودهای D_2 و D_3 هدایت می کنند و دیودهای D_1 و D_4 در بایاس معکوس قرار می‌گیرند. شـکل موج ولتاژ خروجی در نیم‌سـیکل منفی را در شـکل ۲۰-۱۱ ملاحظه می کنید.



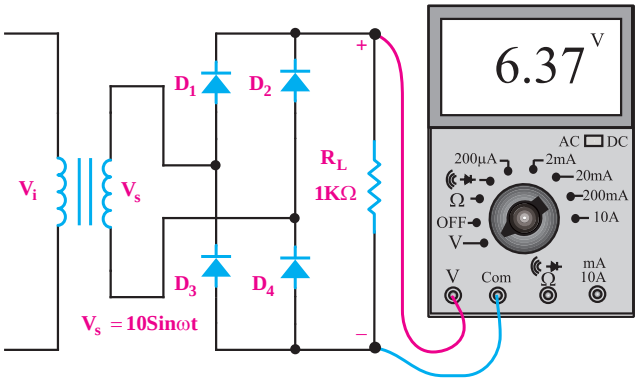
شکل ۲۰-۱۱ هدایت دیودهای D_2 و D_3 در یکسوساز پل

در شکل ۲۱-۱۱ شکل موج ولتاژ خروجی یکسوکننده‌ی پل گرتز یک فازه نشان داده شده است.



شکل ۲۱-۱۱ شکل موج خروجی یکسوساز پل

مـقـدار مـتـوسـط ولـتـاژ یـکـسـو شـده بـرابـر با $V_{DC}=V_{ave}=\frac{2Vm}{\pi}$ است. در شکل ۲۲-۱۱ اگر از افت ولتاژ دو سر دیودها صرف نظر کنیم، ولت‌متر مقدار متوسط ولتاژ یعنی $V_{ave}=\frac{2Vm}{\pi}=\frac{2\times10}{\pi}=6/37\,V$ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲-۱۱ اندازه‌گیری مقدار متوسط ولتاژ خروجی یکسوساز پل به وسیله‌ی ولت‌متر

CarGeek.Live

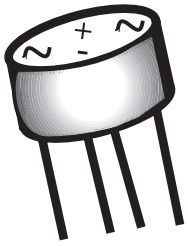
CarGeek.Live

نکات مهم

در یکسوساز پل، جریان هر دیود برابر با نصف جریان مصرف کننده (بار) یعنی $I_D = \frac{1}{2} I_L$ است.

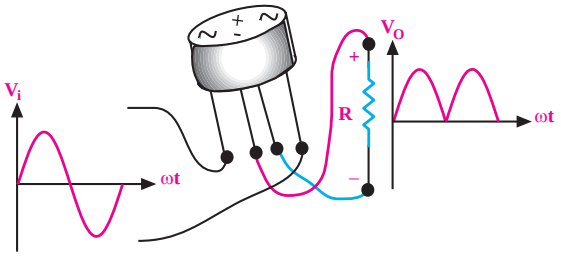
حداکثر ولتاژ معکوسی که در دو سر هر دیود در یکسوساز پل افت می‌کند، برابر با V_m است.

معمولا چهار عدد دیودی را که به صورت پل بسته می‌شوند، به صورت یک قطعه‌ی یکپارچه می‌سازند. در شکل ۱۱-۳۳ یک نمونه از این نوع پل دیودها نشان داده شده است.



شکل ۱۱-۲۳ یک نمونه پل دیود

این قطعه دارای چهار پایه است. دو پایه‌ی آن را با علامت «~» مشخص می‌کنند که ولتاژ متناوب به این دو پایه داده می‌شود و دو پایه‌ی دیگر پل، خروجی یکسو شده است که آن را با علامت «+» (قطب مثبت) و علامت «−» (قطب منفی) مشخص می‌کنند. از این دو پایه‌ی ولتاژ، خروجی یکسو شده دریافت می‌شود، شکل ۱۱-۲۴.



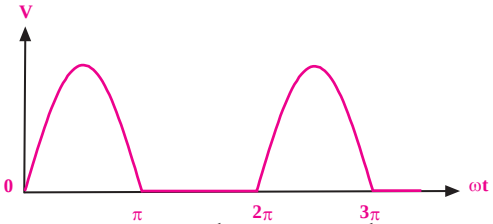
شکل ۱۱-۲۴ چگونگی اتصال پل دیود

۱۱-۱-۴ صافی‌ها

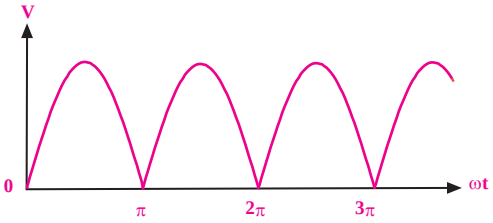
مدارهای الکترونیکی معمولاً نیاز به ولتاژ نسبتاً ثابتی مانند شکل موج ۱۱-۲۵ دارند.

شکل ۱۱-۲۵ ولتاژ ثابت

همانطور که مشاهده شد، شکل موج ولتاژ خروجی یکسوسازهای نیم‌موج و تمام موج یک‌فازه دارای ضربان‌هایی است. مقدار ولتاژ آن در نقاط $\omega t=\pi$ و $\omega t=2\pi$ و ..... به صفر می‌رسد. شکل ۱۱-۲۶.



الف ـ شکل ولتاژ خروجی یکسوکننده نیم‌موج



ب ـ شکل ولتاژ خروجی یکسوکننده تمام موج

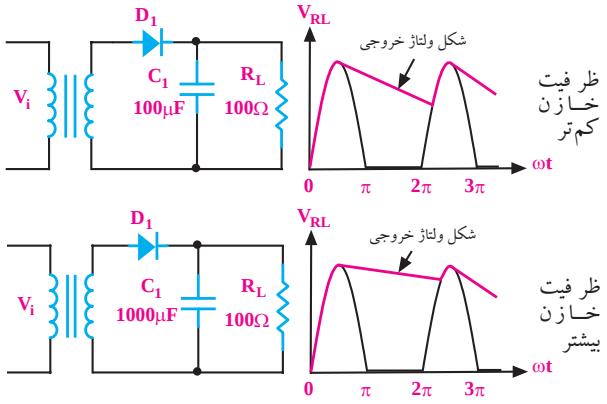
شکل ۱۱-۲۶ شکل موج ولتاژ خروجی یکسوسازهای نیم‌موج و تمام موج

برای تبدیل ولتاژ ضربان‌دار دریافتی از خروجی یک‌سوسازها به ولتاژ ثابت، از یک خازن که با بار موازی می‌شود استفاده می کنند. این مدار برای توان‌های کم به کار می‌رود ، شکل ۱۱-۲۷.

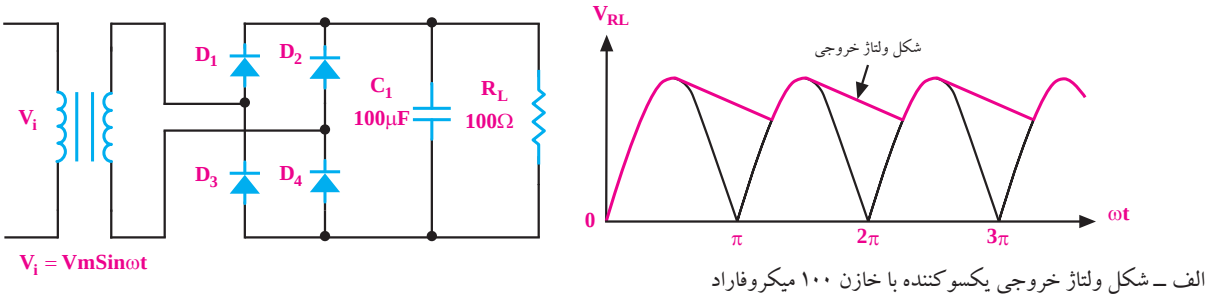
CarGeek.Live

CarGeek.Live

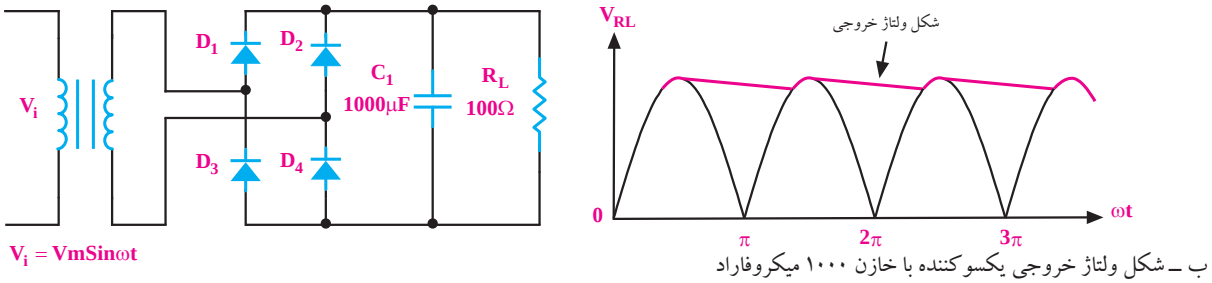
هر قدر ظرفیت خازن بیشتر باشد شکل ولتاژ خروجی صاف‌تر (ثابت‌تر) می‌شود. در شکل‌های ۲۸-۱۱- الف و ب، این خازن به وضوح برای یکسوساز تمام موج پل نشان داده شده است.



شکل ۲۷-۱۱ ظرفیت خازن بیشتر، شکل موج صاف‌تر



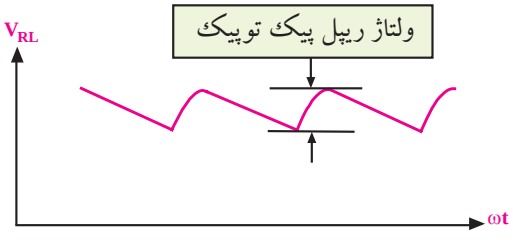
الف ــ شکل ولتاژ خروجی یکسوکننده با خازن ۱۰۰ میکروفاراد



ب ــ شکل ولتاژ خروجی یکسوکننده با خازن ۱۰۰۰ میکروفاراد

شکل ۲۸-۱۱ هر قدر ظرفیت خازن بیشتر باشد شکل موج ولتاژ خروجی صاف‌تر می‌شود.

انتخاب مقدار دقیق ظرفیت خازن بستگی به مقدار ولتاژ ضربان (ریپل ripple) یا ضربان قابل قبول در مدارهای الکترونیکی دارد. لازم به یادآوری است که برای کم کردن دامنه‌ی ولتاژ ریپل، از مدارهای دیگر الکترونیکی به نام رگولاتورها استفاده می‌کنند.



شکل ۲۹-۱۱ مقدار پیک‌توپیک ضربان یا ریپل (ripple)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

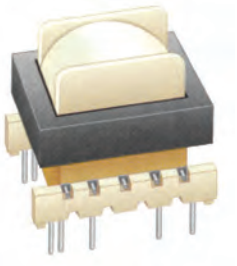
نکته‌ی خیلی مهم:

گرچه هر قدر ظرفیت خازن را زیاد کنیم، ولتاژ خروجی یکسوسازها صاف‌تر (ثابت‌تر) می‌شود ولی جریان لحظه‌ای دیود نیز به شدت افزایش می‌یابد و گاهی ممکن است دیود را بسوزاند.

۲-۱۱ ترانسفورماتور تغذیه

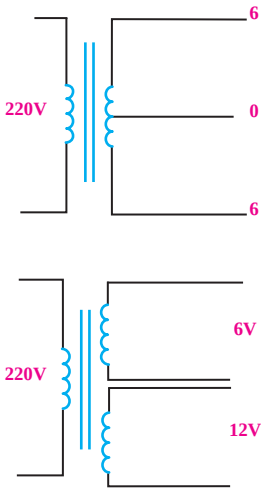
۱-۲-۱۱ مشخصات ترانسفورماتور تغذیه

همان‌طور که قبلا گفته شد، ترانسفورماتور تغذیه یا ترانسفورماتور قدرت به ترانسی گفته می‌شود که ولتاژ اولیه‌ی آن ولتاژ برق شهر باشد. تقریبا همه‌ی دستگاه‌های الکترونیکی احتیاج به ولتاژ DC دارند. مقدار ولتاژ DC با توجه به نوع کار و مدار دستگاه متفاوت است ولی اغلب آن‌ها به ولتاژ کم نیاز دارند. ترانس تغذیه که عموما کاهنده است ، برق شهر را به ولتاژی کم‌تر تبدیل می‌کند. در ثانویه‌ی این ترانس‌ها برحسب نیاز، ممکن است چند سر با ولتاژهای مختلف وجود داشته باشد. شکل ۳۰-۱۱ ساختمان یک نوع ترانسفورماتور تغذیه را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰-۱۱ ساختمان یک نوع ترانسفورماتور

در شکل ۳۱-۱۱ نماد فنی دو نوع ترانسفورماتور با ولتاژ ثانویه متفاوت را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۱-۱۱ نماد فنی دو نوع ترانسفورماتور

یکی از مزیت‌های استفاده از ترانسفورماتور در مدار تغذیه‌ی دستگاه‌های الکترونیکی ، ایزوله شدن مدار از برق شهر است.

می‌دانیم فاز برق شهر نسبت به زمین دارای اختلاف پتانسیل الکتریکی است و در صورت تماس بدن با سیم فاز خطر برق گرفتگی وجود دارد. بنابراین استفاده از ترانس خطر برق گرفتگی را کاهش می‌دهد. چون سیم‌پیچ ثانویه با سیم‌پیچ اولیه در شرایط کار عادی هیچ‌گونه تماس الکتریکی ندارد.

۲-۲-۱۱ خرابی‌های ترانس تغذیه

ترانسفورماتور تغذیه مانند هر قطعه‌ی دیگری معیوب می‌شود. خرابی‌های ترانس تغذیه ممکن است یکی از موارد زیر باشد :

الف- قطع شدن سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه

ب- نیم‌سوز شدن (اتصال کوتاه ناقص در سیم‌پیچ‌ها)

ج- اتصال کوتاه کامل

د- اتصال سیم‌پیچ به بدنه (هسته)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۱۱ آزمایش شماره‌ی (۱)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۳-۱۱ هدف آزمایش:

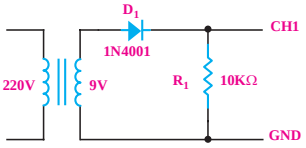
مشاهده و اندازه‌گیری شکل موج ولتاژ خروجی یکسوساز نیم‌موج یک فازه بدون صافی خازنی و با صافی خازنی.

۲-۳-۱۱ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

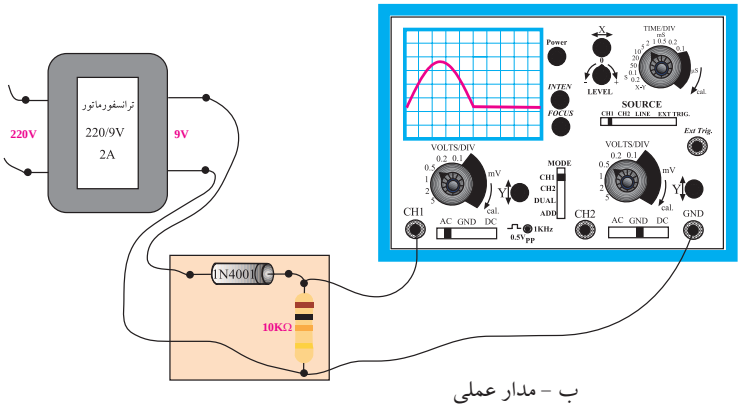
ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ یک یا دو کاناله	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر	یک دستگاه
۳	ترانسفورماتور ۲۲۰/۹ V	یک عدد
۴	مقاومت ۱۰KΩ	یک عدد
۵	خازن ۴۷۰μF/۳۵ V	یک عدد
۶	دیود ۱N۴۰۰۱	یک عدد
۷	سیم رابط دو سرگیره سوسماری	شش رشته
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته

۳-۳-۱۱ مراحل اجرای آزمایش:

- مدار شکل ۳۲-۱۱ را روی بردبرد ببندید.



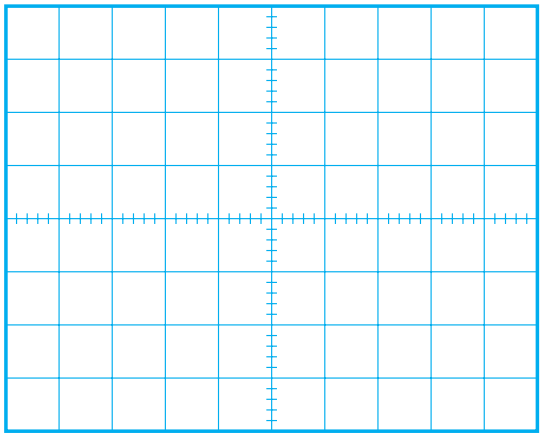
الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۳۲-۱۱ مدار عملی یکسوساز نیم‌موج

- اسیلوسکوپ را روشن کنید و تنظیم‌های زیر را روی آن انجام دهید.
- با ولوم‌های INTEN و FOCUS اشعه را نازک و با نور کافی تنظیم کنید.
- کلید سلکتور MODE را در حالت CH1 بگذارید.
- کلید سلکتور SOURCE را در حالت Line بگذارید.
- کلید سلکتور Volts/Div کانال CH1 را روی ۵ ولت بگذارید.
- کلید سلکتور Time/Div را روی ۲ms بگذارید.
- کلید AC- GND- DC را در حالت GND بگذارید.
- به کمک ولوم V/Position خط اشعه را در وسط صفحه تنظیم کنید.
- ورودی ترانسفورماتور را با احتیاط کامل به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید.
- کلید AC- GND- DC اسیلوسکوپ را به حالت DC تغییر دهید.
- شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را در نمودار شکل ۳۳-۱۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۳۳-۱۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ دامنه‌ی سیگنال نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V ..... = دامنه سیگنال

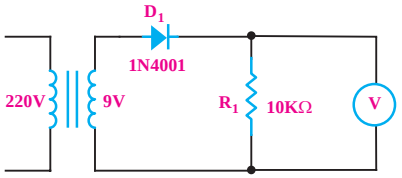
$$\text{مقدار متوسط} = \frac{\text{دامنه سیگنال}}{\pi} = \frac{Vm}{\pi} = \frac{.....}{۳/۱۴} = ...V$$

■ اولیه‌ی ترانسفورماتور را از برق شهر جدا کنید.

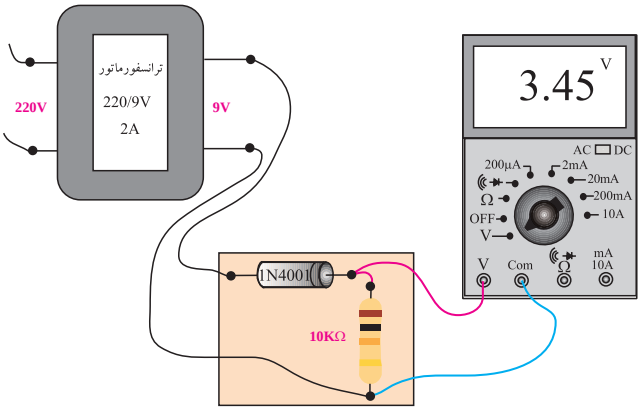
■ اسیلوسکوپ را از مدار جدا کنید (خاموش کنید).

■ تنظیم‌های انجام شده روی اسیلوسکوپ را تغییر ندهید.

■ یک ولت‌متر DC به دو سر مقاومت ببندید و رنج ولت‌متر را روی ۲۰ ولت بگذارید ، شکل ۳۴-۱۱.



الف- نقشه فنی مدار



ب - مدار عملی

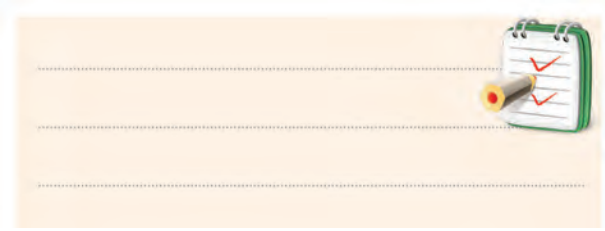
شکل ۳۴-۱۱ اندازه‌گیری ولتاژ DC با ولت‌متر

■ ورودی ترانسفورماتور را با احتیاط به برق شهر وصل کنید.

■ ولتاژی را که ولت‌متر DC نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید. ولت‌متر DC، مقدار متوسط ولتاژ را نشان می‌دهد.

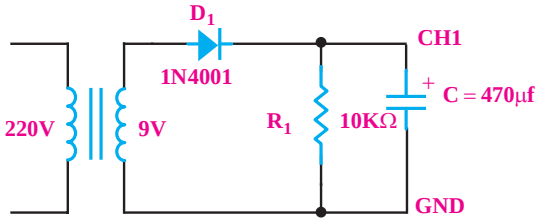
V ..... =ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد.

سؤال ۱: آیا مقداری را که ولت‌متر نشان می‌دهد با مقداری که از طریق محاسبه (مقدار متوسط) به دست آورده‌اید برابر است؟ توضیح دهید.

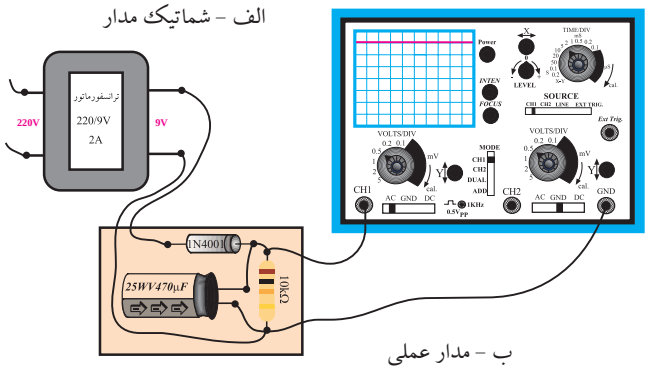


در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبلی مراجعه کنید و به مرور دوباره‌ی مطالب بپردازید.

■ مدار شکل ۳۵-۱۱ را ببندید.



الف - شماتیک مدار



ب - مدار عملی

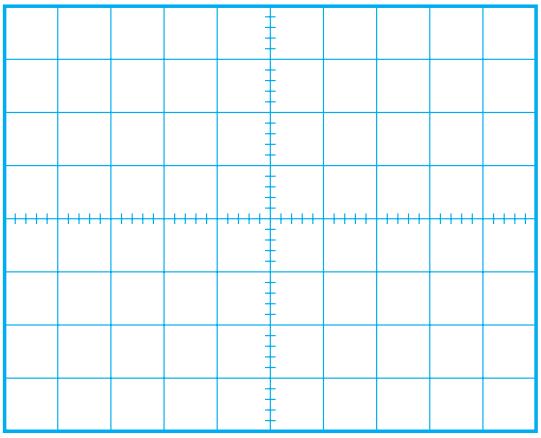
شکل ۳۵-۱۱ یکسوساز نیم‌موج با صافی خازنی

■ ورودی ترانسفورماتور را به ولتاژ برق شهر وصل کنید.

CarGeek.Live

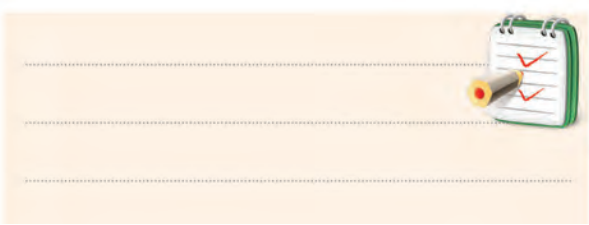
CarGeek.Live

■ موج نشـان داده شـده روی صفحه‌ی حسـاس را در نمودار شکل ۳۶-۱۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



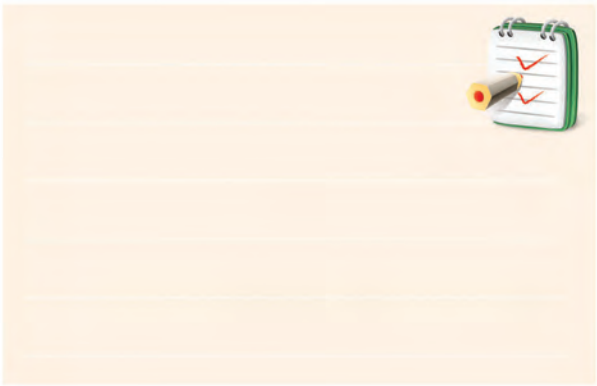
شکل ۳۶-۱۱

سوال ۲: خازن ۴۷۰ میکروفاراد چه نقشی در شکل موج ولتاژ خروجی دارد؟ با توجه به شکل ۳۶-۱۱ توضیح دهید.



۴-۳-۱۱ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.



۴-۱۱ آزمایش شماره‌ی (۲)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۴-۱۱ هدف آزمایش :

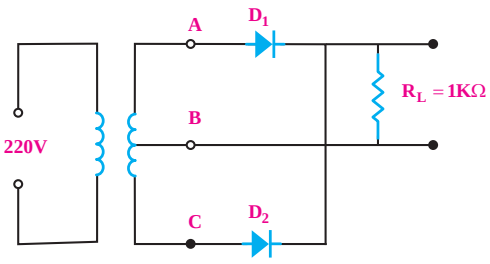
بررسـی عملی یکسوسـاز تمام موج با ترانسفورماتور سر وسط

۲-۴-۱۱ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	اسیلوسکوپ یک یا دو کاناله	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترانسفورماتور ۲۲۰/۲ × ۹ V	یک عدد
۴	دیود ۱N۴۰۰۱	دو عدد
۵	مقاومت ۱KΩ	یک عدد
۶	سیم رابط	به مقدار کافی

۳-۴-۱۱ مراحل اجرای آزمایش :

■ مداری مطابق شکل ۳۷-۱۱ روی بردبرد ببندید.



شکل ۳۷-۱۱ مدار یکسوساز تمام‌موج با ترانس سروسط

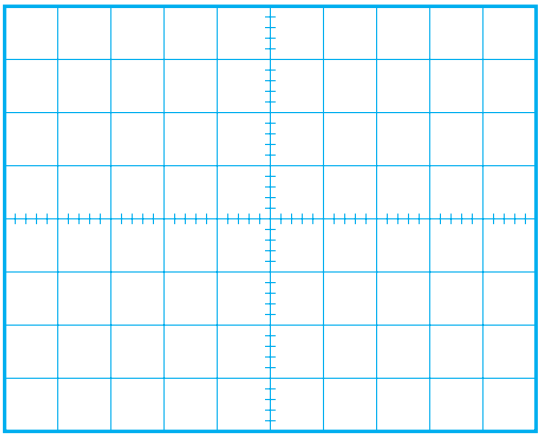
■ ورودی ترانسفورماتور را به برق شهر وصل کنید.

■ اسیلوسکوپ را به نقاط AB وصل کنید.

■ شکل موج خروجی را برای یک پریود روی نمودار شکل ۳۸-۱۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۳۸-۱۱ شکل موج خروجی

■ دامنه‌ی موج را اندازه بگیرید.

$$V_{m_{AB}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ V$$

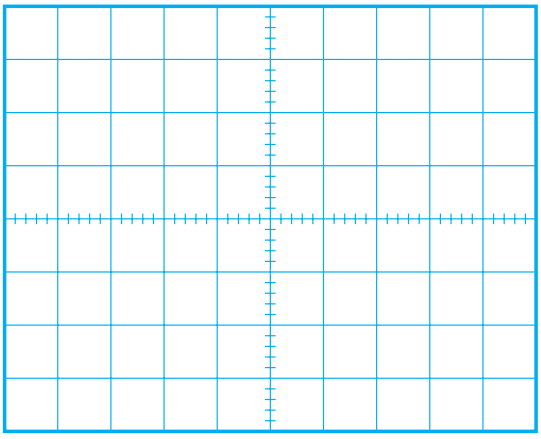
■ اسیلوسکوپ را بین نقاط CB وصل کنید.

■ شکل موج بین نقاط B و C را در نمودار شکل ۳۸-۱۱ با رنگ دیگری رسم کنید.

■ دامنه‌ی موج بین نقاط B و C را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{m_{CB}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ V$$

■ اسیلوسکوپ را به دو سر بار وصل کنید و شکل موج دو سر بار را برای یک سیکل کامل روی نمودار شکل ۳۹- ۱۱ با مقیاس مناسب رسم کنید.



شکل ۳۹-۱۱ شکل موج دو سر بار

■ مقدار ماکزیمم ولتاژ شکل موج دو سر بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{m_{R_L}} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ V$$

■ پریود موج دو سر بار را اندازه بگیرید سپس فرکانس آن را اندازه بگیرید.

$$T = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$f = \frac{۱}{T} = \ldots\ldots\ldots\ldots$$

■ به وسیله‌ی ولت‌متر DC مقدار متوسط (میانگین) ولتاژ دو سر بار را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{R_L}(DC) = \ldots\ldots\ldots\ldots\ V$$

■ با استفاده از فرمول $V_{R_L} = \frac{۲Vm}{\pi}$ میانگین ولتاژ دو سر بار را محاسبه کنید.

$$V_{R_L} = \frac{۲\times\ldots\ldots\ldots}{۳/۱۴} = \ldots\ldots\ldots\ldots\ V$$

سوال ۳: مقدار میانگین ولتاژ دو سر بار را که از فرمول محاسبه نموده‌اید با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید و در صورت اختلاف در مورد آن توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۱–۴–۴ نتایج آزمایش:

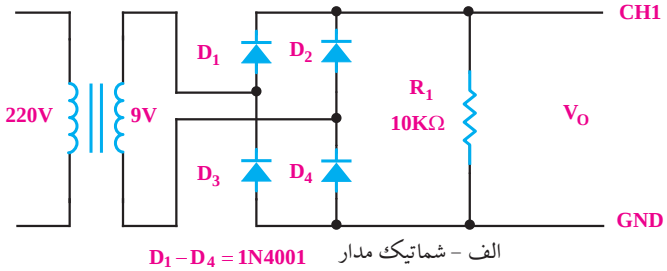
آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۱۱–۵–۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	اسیلوسکوپ یک یا دو کاناله	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۳	ترانسفورماتور ۲۲۰/۹ V	یک عدد
۴	مقاومت ۱۰KΩ	یک عدد
۵	خازن ۴۷۰μF/۳۵ V	یک عدد
۶	دیود ۱N۴۰۰۱	چهار عدد
۷	سیم رابط دو سرگیره سوسماری	شش رشته
۸	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته

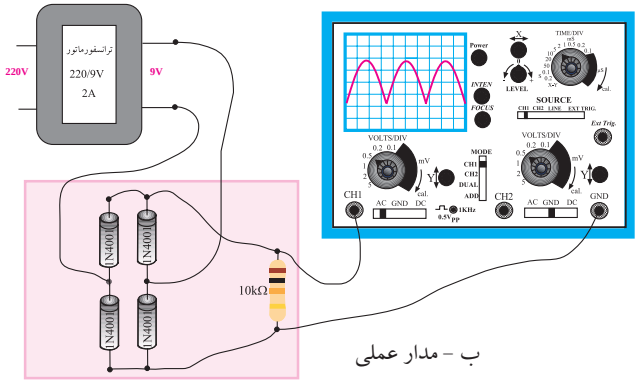
۱۱–۵–۳ مراحل اجرای آزمایش :

■ مدار شکل ۱۱–۴۰ را روی برد برد ببندید.



الف – شماتیک مدار

$D_1 - D_4 = 1N4001$



ب – مدار عملی

شکل ۱۱–۴۰ مدار عملی یکسوساز پل

۱۱–۵ آزمایش شماره (۳)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱۱–۵–۱ هدف آزمایش:

مشاهده و اندازه‌گیری شکل موج ولتاژ خروجی یکسوساز تمام موج بدون خازن صافی و با صافی خازنی

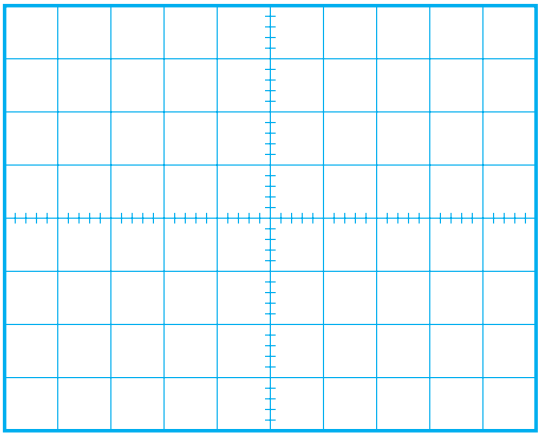
CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ ورودی ترانسفورماتور را با احتیاط کامل به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید.

■ اسیلوسکوپ را مانند آزمایش شماره ۱ تنظیم کنید .

■ شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس اسیلوسکوپ را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۴۱-۱۱ رسم کنید.



شکل ۴۱-۱۱

■ دامنه‌ی سیگنال نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

دامنه‌ی سیگنال = ... V

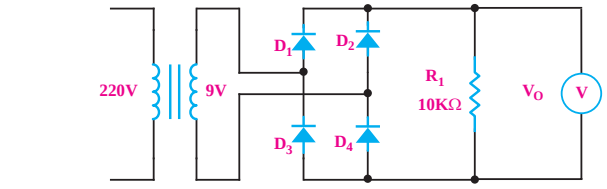
$$\text{مقدار متوسط} = \frac{\text{۲×دامنه‌ی سیگنال}}{\pi} = \frac{۲Vm}{\pi} = \frac{۲\times.....}{۳/۱۴} = ... V$$

■ اولیه‌ی ترانسفورماتور را از برق شهر جدا کنید.

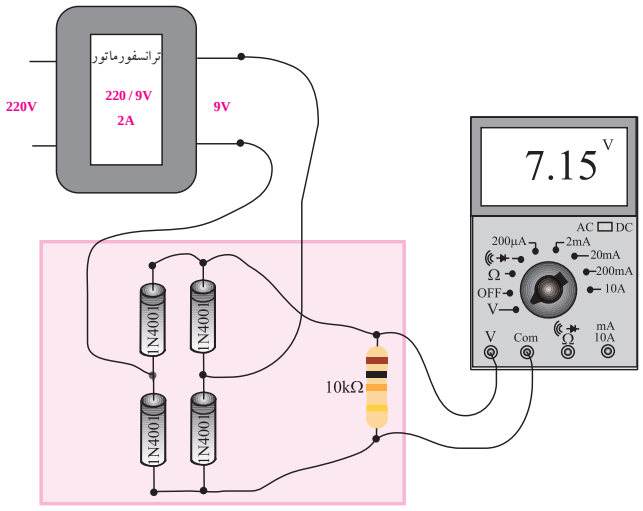
■ اسیلوسکوپ را از مدار جدا کنید (خاموش نکنید).

■ تنظیم‌های انجام شده روی اسیلوسکوپ را تغییر ندهید.

■ یک ولت‌متر DC به دو سر مقاومت ۱۰ KΩ ببندید و رنج آن را روی ۲۰ ولت DC قرار دهید، شکل ۴۲-۱۱.



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

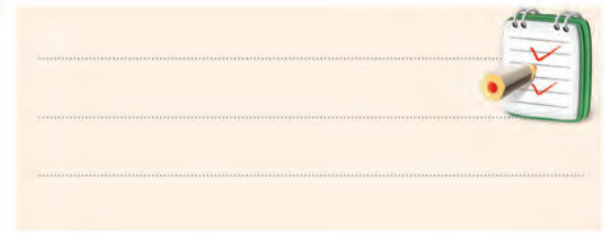
شکل ۴۲-۱۱ اندازه‌گیری ولتاژ خروجی با ولت‌متر DC

■ ورودی ترانسفورماتور را با احتیاط به برق شهر وصل کنید.

■ ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

V = ... V

سوال ٤: آیا مقداری که ولت‌متر DC نشان می‌دهد با مقداری که از طریق محاسبه به دست آورده‌اید برابر است؟ توضیح دهید.

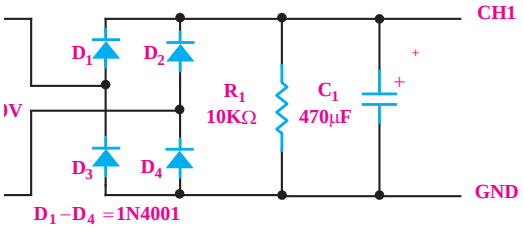


CarGeek.Live

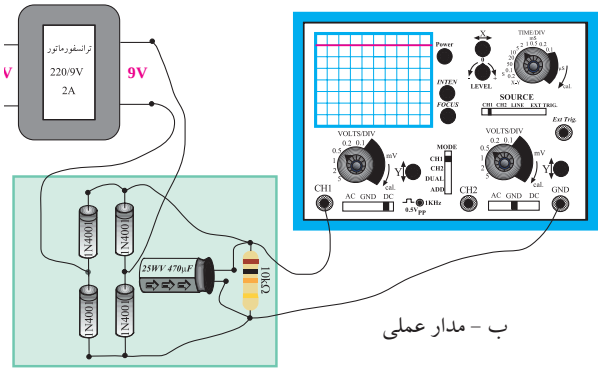
CarGeek.Live

در صورتی که نتوانستید به سوال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبلی مراجعه کنید و به مرور دوباره‌ی مطالب بپردازید.

■ مدار شکل ۴۳-۱۱ را ببندید.



الف – شماتیک مدار

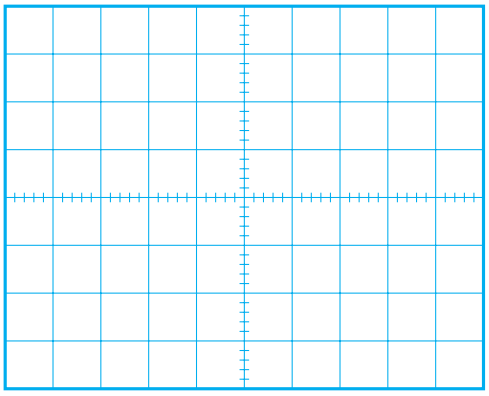


ب – مدار عملی

شکل ۴۳-۱۱ مدار عملی یکسوساز تمام موج با صافی خازنی

■ ورودی ترانسفورماتور را با احتیاط کامل به برق شهر وصل کنید.

■ شکل موج نشان داده شده روی صفحه‌ی حساس را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۴۴-۱۱ رسم کنید.



شکل ۴۴-۱۱

سؤال ۵: چرا با موازی کردن خازن به دو سر بار، شکل موج ولتاژ خروجی به صورت یک خط درآمده است؟ توضیح دهید.

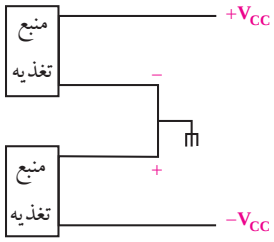
در صورتی که نتوانستید به سؤال فوق پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبلی مراجعه کنید و به مرور دوبارهٔ مطالب بپردازید.

۴-۵-۱۱ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۶-۱۱ منبع تغذیه‌ی متقارن

گاهی در مدارهای الکترونیکی نیاز به ولتاژهای قرینه است. بلوک دیاگرام یک منبع تغذیه‌ی متقارن را در شکل ۴۵-۱۱ نشان داده‌ایم.

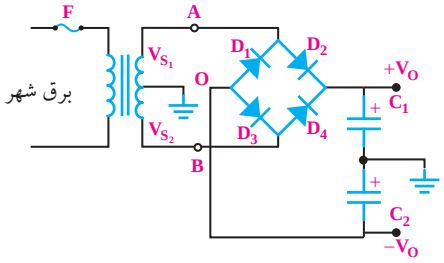


شکل ۴۵-۱۱ بلوک دیاگرام منبع تغذیه‌ی متقارن

در شکل ۴۶-۱۱ مدار یک منبع تغذیه‌ی متقارن رسم شده است.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۶-۱۱ مدار منبع تغذیه‌ی متقارن

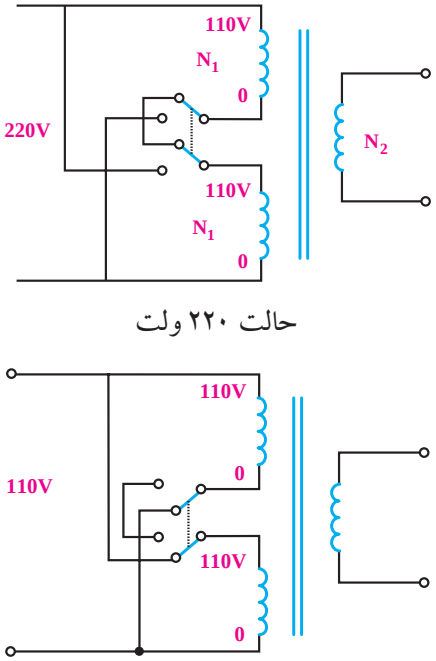
V_{S_1} و V_{S_2} دو سیگنال سینوسی است که ۱۸۰ درجه با هم اختلاف فاز دارند و دامنه‌ی آن‌ها برابر است. در لحظاتی که A نسبت به O مثبت است، B نسبت به O منفی است و دیودهای D_2 و D_3 هادی و دیودهای D_1 و D_4 قطع هستند. خازن‌های C_1 و C_2 تا دامنه‌ی ماکزیمم ولتاژ ثانویه‌ی ترانسفورماتور شارژ می شوند. زمانی که A نسبت به O منفی است، B نسبت به O مثبت است و دیودهای D_1 و D_4 هادی و D_2 و D_3 قطع هستند. ولتاژ دو سر خازن C_1 برابر با ولتاژ دو سر خازن C_2 است.

۷-۱۱ کلید ۲۲۰/۱۱۰

بعضی از دستگاه‌های الکترونیکی دارای کلید ۲۲۰/۱۱۰ هستند. با این کلید می‌توانیم دستگاه‌ها را در کشور ایران و سایر کشورهایی که ولتاژ برق آن‌ها ۱۱۰ ولت است، مورد استفاده قرار دهیم.

۱-۷-۱۱ عملکرد کلید در منابع تغذیه با ترانسفورماتور

اساس کار و عملکرد این کلید در دستگاه‌هایی که دارای ترانسفورماتور هستند بسیار ساده است. با استفاده از یک کلید دو پل دو راهه (تبدیل دو پل) مانند شکل ۴۷-۱۱ می‌توانیم دو نیمه‌ی سیم‌پیچ را در حالت ۲۲۰ ولت با هم سری و در حالت ۱۱۰ ولت با هم موازی کنیم.



شکل ۴۷-۱۱

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در حالت ۲۲۰ ولت، دو سیم‌پیچ اولیه با هم سری می‌شوند و تمام تعداد دور اولیه (N_1+N_1) در مدار قرار می‌گیرد.

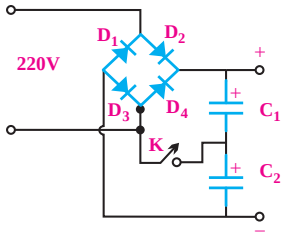
در حالت ۱۱۰ ولت دو نیمه‌ی سیم‌پیچ در اولیه با هم موازی می‌شوند و تعداد دور اولیه را به نصف حالت قبل می‌رساند. در این حالت ولتاژ خروجی ثابت می‌ماند و دستگاه به طور طبیعی کار می‌کند.

۲-۷-۱۱ کلید ۲۲۰/۱۱۰ در منابع تغذیه بدون ترانسفورماتور

در منابع تغذیه‌ی سوئیچینگ معمولاً از ترانسفورماتور استفاده نمی‌شود و برق شهر را مستقیماً توسط یکسوساز پل یکسو می‌کنند. در این نوع منابع تغذیه برای داشتن امکان کار در دو حالت ۲۲۰ v و ۱۱۰ v مدار شکل ۴۸-۱۱ را به کار می‌برند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ۴۸-۱۱

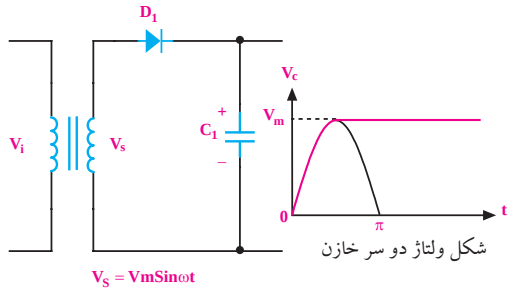
در خروجی مدار دو خازن سری C_1 و C_2 قرار دارد و یک کلید ساده‌ی تک پل، محل اتصال دو خازن را به یکی از سیم‌های برق ورودی قطع و وصل می‌کند. در حالت ورودی ۲۲۰ ولت کلید K باز است و دو خازن C_1 و C_2 به عنوان صافی با هم سری می‌شوند. در این حالت هر یک از خازن‌ها تقریباً به اندازه‌ی ۱۵۵ ولت شارژ می‌شوند و ولتاژ DC خروجی به V_m=۳۱۰V می‌رسد.

در حالت ۱۱۰ ولت، کلید K وصل می‌شود و مدار را به یک دو برابر کننده‌ی ولتاژ تبدیل می‌کند. در این شرایط هر یک از خازن‌های C_1 و C_2 به اندازه‌ی $110\sqrt{2} = 155\,V$ شارژ می‌شوند ولتاژ خروجی به همان مقدار ۳۱۰ v می‌رسانند.

۱۱-۸ چند برابر کننده‌های ولتاژ

به کمک ترانسفورماتور، دیودها و خازن‌ها، می‌توان مقدار ولتاژ را دو یا چند برابر کرد. توجه داشته باشید که افزایش ولتاژ به کمک مدارهای چند برابر کننده فقط برای جریان‌های بسیار کم قابل استفاده است.

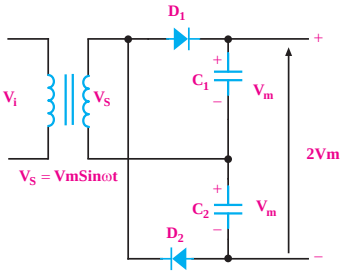
در شکل ۴۹-۱۱ در نیم سیکل مثبت، وقتی دیود D_1 هادی شد(ولت $V_S \geq 0/7$)، خازن شروع به شارژ شدن می‌کند و تقریباً تا پیک ولتاژ (V_m) شارژ می‌شود. هنگامی که ولتاژ ثانویه از V_m کم‌تر می‌شود، دیود در بایاس مخالف قرار می‌گیرد و قطع می‌شود، زیرا ولتاژ کاتد دیود برابر با V_m است. با توجه به شرایط موجود، خازن نمی‌تواند تخلیه شود، لذا ولتاژ دو سر آن برابر با V_m باقی می‌ماند.



شکل ولتاژ دو سر خازن

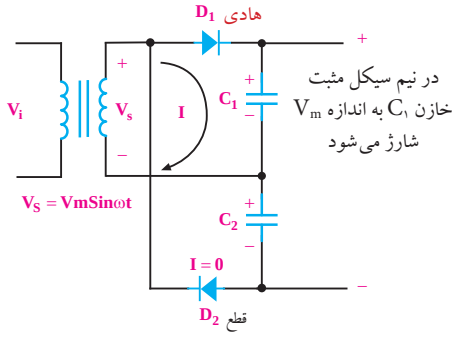
شکل ۴۹-۱۱ ولتاژ دو سر خازن به اندازه‌ی تقریباً V_m شارژ می‌شود

در شکل ۵۰-۱۱ یک مدار دو برابر کننده‌ی ولتاژ با استفاده از یک ترانسفورماتور، دو عدد دیود و دو عدد خازن نشان داده شده است.



شکل ۵۰-۱۱ یک نمونه مدار دو برابر کننده‌ی ولتاژ

طرز کار این مدار به این صورت است که در نیم سیکل مثبت دیود D_1 در بایاس موافق و دیود D_2 در بایاس مخالف قرار می‌گیرند. لذا دیود D_1 هادی شده و خازن C_1 تا مقدار تقریباً V_m شارژ می‌شود، شکل ۵۱-۱۱.



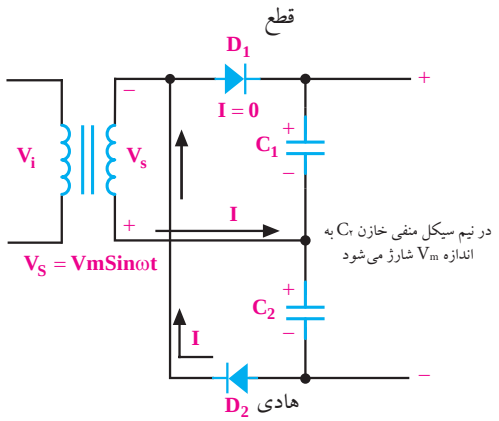
شکل ۵۱-۱۱ مسیر شارژ خازن C_1 در نیم سیکل مثبت

در نیم‌سیکل منفی دیود D_2 در بایاس موافق و دیود D_1 در بایاس مخالف قرار می‌گیرد. لذا دیود D_2 هادی می‌شود و

CarGeek.Live

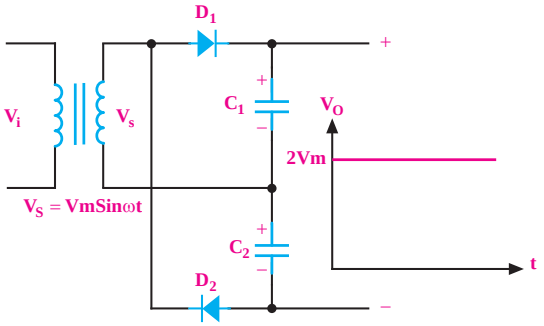
CarGeek.Live

خازن C_2 را تقریبا تا مقدار V_m (ولتاژ پیک) شارژ می‌کند، شکل ۱۱-۵۲.



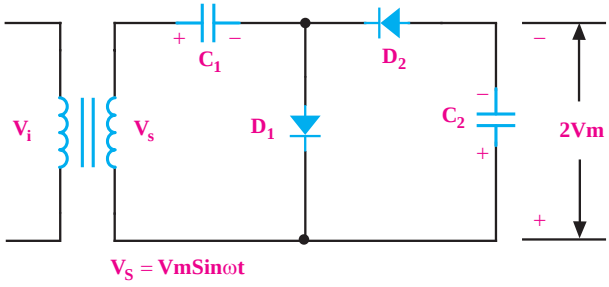
شکل ۱۱-۵۲ مسیر شارژ خازن در نیم سیکل منفی

با توجه به شکل ۱۱-۵۳ ولتاژ خروجی V_O برابر با $2V_m$ یعنی $V_{C1}+V_{C2}=2V_m$ می‌شود.



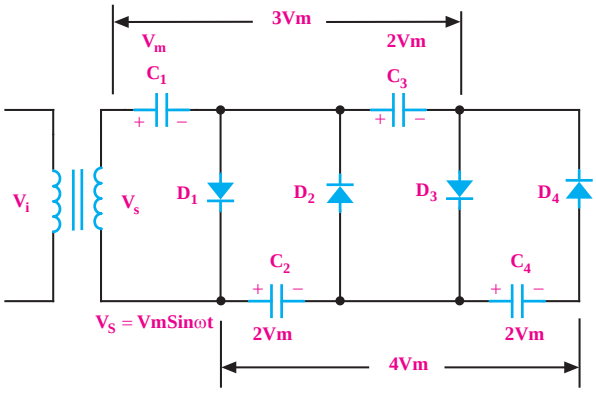
شکل ۱۱-۵۳ شکل موج ولتاژ خروجی در یک دوبرابر کننده‌ی ولتاژ

به کمک مدار شکل ۱۱-۵۴ نیز می‌توان ولتاژ را دو برابر کرد.



شکل ۱۱-۵۴ یک مدار دو برابر کننده‌ی ولتاژ

به کمک مدار شکل ۱۱-۵۵ می‌توان مقدار ولتاژ را به سه، چهار یا چند برابر ولتاژ ماکزیمم ثانویه‌ی ترانسفورماتور افزایش داد. هم‌چنین با اضافه کردن تعداد دیودها و خازن‌ها امکان ولتاژ به مقدار بیشتر نیز وجود دارد.



شکل ۱۱-۵۵ مدار چهار برابر کننده‌ی ولتاژ

۱۱-۹ آزمایش شماره‌ی (۴)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۱۱-۹-۱ هدف آزمایش :

بررسی عملی یک نمونه مدار دو برابر کننده ولتاژ

۱۱-۹-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

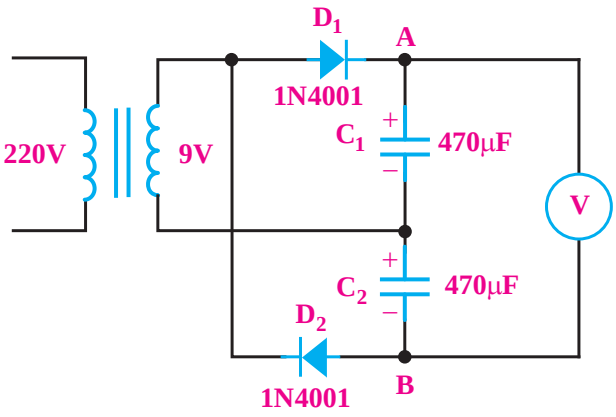
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	ترانسفورماتور ۲۲۰/۹ V	یک عدد
۳	دیود ۱N۴۰۰۱	دو عدد
۴	خازن ۴۷۰μF/۳۵ V	دو عدد
۵	سیم رابط دو سرگیره سوسماری	شش رشته
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	شش رشته

۱۱-۹-۳ مراحل اجرای آزمایش :

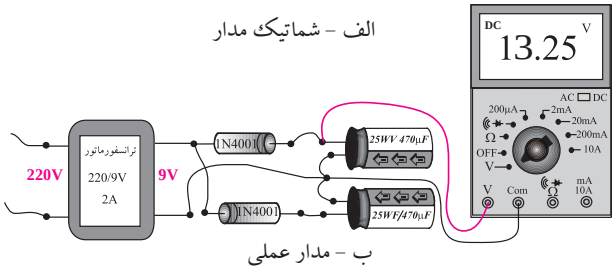
■ مدار شکل ۱۱-۵۶ را روی بردبرد ببندید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۵۶–۱۱ یک نمونه مدار دو برابر کننده‌ی ولتاژ

■ رنج ولت‌متر DC را روی ۳۰ ولت قرار دهید.

■ با احتیاط کامل ورودی ترانسفورماتور را به برق ۲۲۰ ولت وصل کنید.

■ ولت متر را به دو سر خازن C_1 وصل کنید ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

V_{C_1} ولتاژ دو سر خازن C_1 = ... V

■ ولت‌متر را از دو سر خازن C_1 جدا کنید و به دو سر خازن C_2 وصل کنید و ولتاژی را که ولت‌متر نشان می‌دهد یادداشت کنید.

V_{C_2} ولتاژ دو سر خازن C_2 = ... V

■ ولت‌متر را از دو سر خازن C_2 جدا کنید و ولتاژ بین نقاط A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

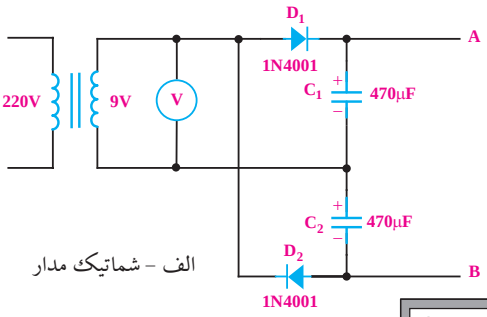
V_{AB} ولتاژ خروجی دو برابرکننده ولتاژ = ... V

■ ولت‌متر را از نقاط A و B جدا کنید.

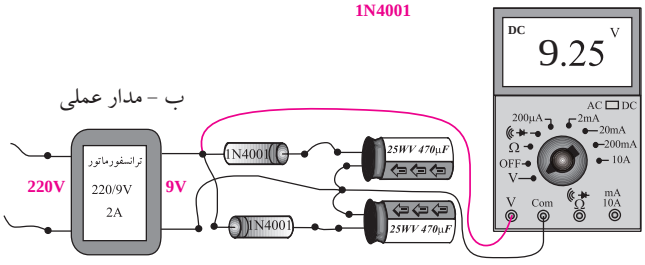
■ حوزه‌ی کار ولت‌متر را روی حالت AC روی ۲۰ V قرار دهید و ولتاژ ثانویه‌ی ترانسفورماتور را اندازه بگیرید، شکل ۵۷–۱۱ و یادداشت کنید.

V_S ولتاژی را که ولت متر AC نشان می دهد. = ... V

$V_m = \sqrt{2}V_{eff} = 1/41 \times ..... = ... V$



الف – شماتیک مدار



ب – مدار عملی

شکل ۵۷–۱۱ اندازه‌گیری ولتاژ AC در مدار دو برابر کننده‌ی ولتاژ

سؤال ۶: آیا ولتاژ دو سر هر خازن به اندازه‌ی V_m است یا کم‌تر؟ توضیح دهید.

سؤال ۷: آیا V_{AB}، دقیقاً برابر با $(V_{C_1}+V_{C_2})$ است؟ چرا؟ توضیح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

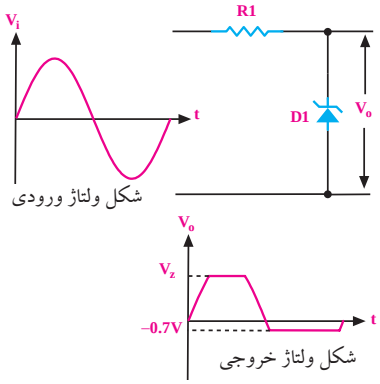
در صورتی که نتوانستید به سوال‌های (۱) و (۲) پاسخ دهید یا نسبت به پاسخ خود تردید داشتید به قسمت‌های قبلی مراجعه و مطالب را دوباره مرور کنید.

۴-۹-۱۱ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

۱۰-۱۱ مدار کلیپر قیچی کننده (Clipper)

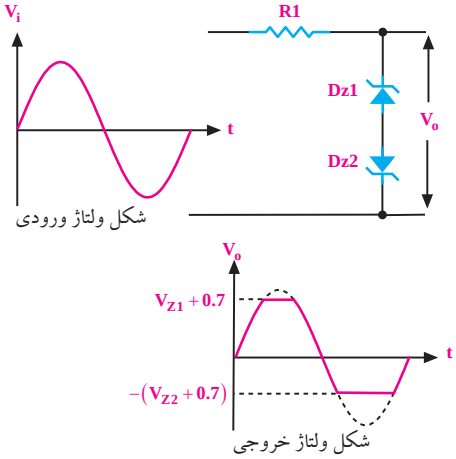
با استفاده از دیود زنر[1] می‌توان مداری را طراحی کرد که دامنه‌ی سیگنال‌های ورودی را محدود کند. شکل ۱۱-۵۸ یک مدار محدودکننده‌ی ساده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱-۵۸ یک نمونه مدار محدود کننده‌ی دامنه و شکل موج خروجی آن

با توجه به شکل ۱۱-۵۸ در نیم‌سیکل مثبت، مادامی که دامنه‌ی سیگنال ورودی به V_Z نرسیده است دیود زنر قطع است و ولتاژهای ورودی و خروجی با یکدیگر برابرند ($V_o=V_i$). به مجرد این که دامنه‌ی ولتاژ ورودی کمی بیش‌تر از V_z می‌شود، دیود زنر به منطقه‌ی هدایت می‌رود و ولتاژ دو سر آن ثابت باقی می‌ماند. در ادامه‌ی نیم سیکل به محض این که ولتاژ ورودی کم‌تر از V_z شود، دیود به ناحیه‌ی قطع می‌رود و $V_o=V_i$ می‌شود. در نیم سیکل منفی اگر دامنه‌ی ولتاژ به ۰/۷ ولت برسد، دیود هادی می‌شود و ولتاژ دو سر آن که در حقیقت همان ولتاژ خروجی در نیم سیکل منفی است روی ۰/۷ ولت ثابت باقی می‌ماند.

اگر بخواهیم دامنه‌ی سیگنال ورودی را در هر دو نیم سیکل مثبت و منفی روی دامنه‌ی دلخواه محدود کنیم، می‌توانیم مدار شکل ۱۱-۵۹ را به کار ببریم.



شکل ۱۱-۵۹ محدود کننده‌ی دامنه به کمک دو دیود زنر

در مدار شکل ۱۱-۵۹ در نیم سیکل مثبت دامنه‌ی ورودی در حد $(V_{z_1}+۰/۷)$ و در نیم سیکل منفی در حد $-(V_{z_2}+۰/۷)$ محدود می‌شود.

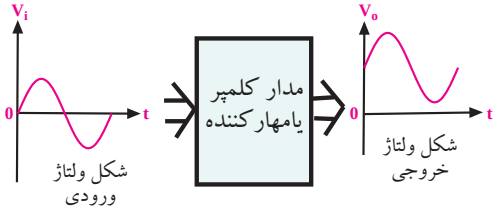
۱۱-۱۱ مدار کلمپر یا مهار کننده (clamper)

در مدار کلمپر یا مهار کننده، به سیگنال ورودی مؤلفه‌ی ولتاژ DC اضافه می‌شود. به عبارت دیگر، به کمک مدار کلمپر می‌توان سیگنال را در جهت عمودی جابه‌جا کرد. در شکل ۱۱-۶۰ عملکرد مدار کلمپر نشان داده شده است.

۱- دیودزنر قطعه‌ای است که درباياس مخالف کار می‌کندودرباياس مستقیم مانندديود معمولی عمل می‌کند.درفصل ۱۲درباره این دیودتوضیح داده شده‌است.

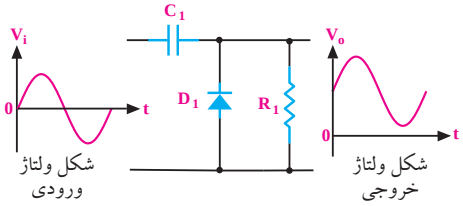
CarGeek.Live

CarGeek.Live

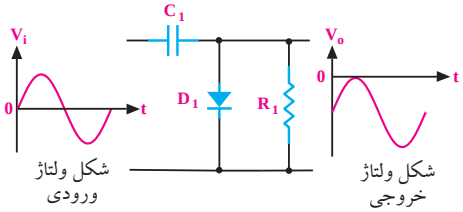


شکل ۶۰-۱۱ عملکرد مدار کلمپر

به کمک خازن و دیود می‌توان یک مدار کلمپر ساخت. در شکل‌های ۶۱-۱۱ و ۶۲-۱۱ دو نمونه مدار کلمپر ساده نشان داده شده است.



شکل ۶۱-۱۱ یک نمونه مدار کلمپر که سیگنال را در جهت عمودی (مثبت) جابجا می‌کند.

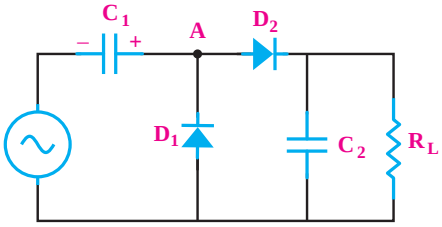


شکل ۶۲-۱۱ یک نمونه مدار کلمپر که سیگنال را در جهت عمودی (منفی) جابجا می‌کند.

۱۲-۱۱ آشکار ساز نوک به نوک

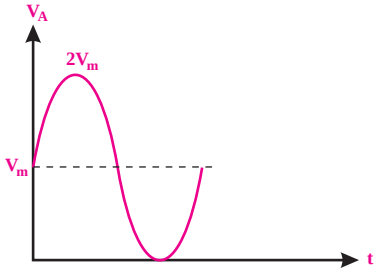
peak to peak detector

چنان‌چه یک مدار مهارکننده‌ی DC و یک آشکار ساز پیک (یکسوساز پیک) را پشت سر هم ببندیم، یک مدار **آشکار ساز پیک تو پیک** شکل می‌گیرد. به مدار آشکار ساز پیک تو پیک، **آشکارساز نوک به نوک** نیز می‌گویند. مدار این آشکارساز در شکل ۶۳-۱۱ رسم شده است.



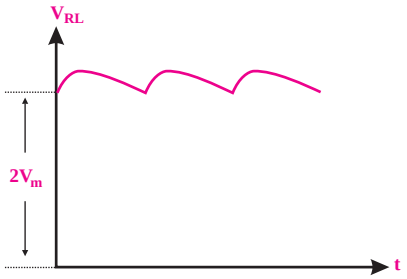
شکل ۶۳-۱۱ آشکارساز پیک تو پیک

دیود D_1 و خازن C_1 به عنوان مهارکننده‌ی مثبت عمل می‌کنند. یعنی ولتاژ سینوسی را در جهت مثبت به اندازه‌ی V_m جابه‌جا می‌نمایند. شکل موج ولتاژ نقطه‌ی A در نهایت به صورت شکل ۶۴-۱۱ در می‌آید.



شکل ۶۴-۱۱ شکل موج نقطه A در شکل ۶۳-۱۱

دیود D_2 و خازن C_2 به عنوان آشکار ساز پیک عمل می‌کنند. به طور معمول ثابت زمانی $R_L.C$ باید خیلی بزرگتر از پریود سیگنال ورودی باشد تا مدار بتواند عمل کند. شکل موج دو سر بار را در شکل ۶۵-۱۱ نشان داده‌ایم.



شکل ۶۵-۱۱

به مداری که عمل فوق را انجام می‌دهد، آشکار ساز پیک تو پیک می‌گویند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۱–۱۳ آزمایش شماره‌ی (۵)

زمان اجرا : ۵ ساعت آموزشی

۱۱–۱۳–۱ هدف آزمایش:

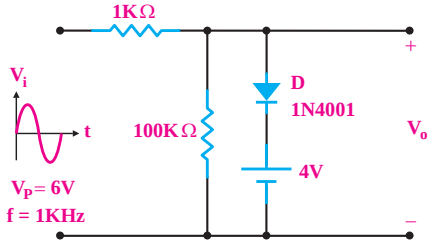
اندازه‌گیری و مشاهده‌ی ولتاژ خروجی مدار کلیپر و مدار کلمپر

۱۱–۱۳–۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	اسیلوسکوپ دو کاناله	یک دستگاه
۲	سیگنال ژنراتورصوتی	یک دستگاه
۳	منبع تغذیه DC	یک دستگاه
۴	بردبرد	یک قطعه
۵	دیود زنر ۲/۷V یا نوع دیگر	دو عدد
۶	دیود ۱N۴۰۰۱ یا معادل آن	یک عدد
۷	خازن ۴۷۰μf ، ۲۵V	یک عدد
۸	مقاومت $\frac{۱}{۲}$W و ۱KΩ	یک عدد
۹	مقاومت $\frac{۱}{۲}$W و ۱۰۰KΩ	یک عدد

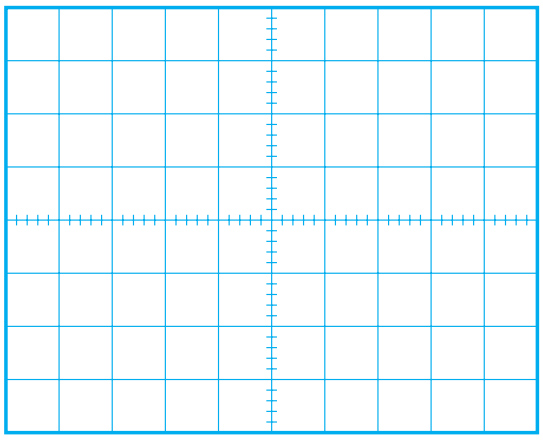
۱۱–۱۳–۳ مراحل آزمایش :

■ مدار شکل ۱۱–۶۶ را روی بردبرد ببندید. سیگنال ژنراتور صوتی را به ورودی آن متصل کنید.



شکل ۱۱–۶۶

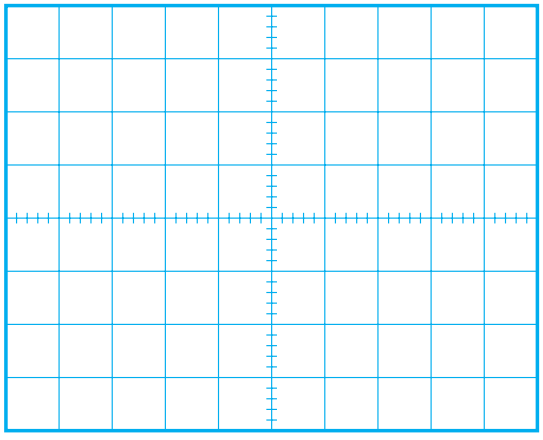
■ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ شکل موج ولتاژهای ورودی و خروجی را در نمودار شکل ۱۱–۶۷ رسم کنید.



شکل ۱۱–۶۷

■ در شکل ۱۱–۶۷ جهت دیود را معکوس کنید.

■ شکل موج ولتاژهای ورودی و خروجی را به وسیله‌ی اسیلوسکوپ مشاهده کنید و با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۱–۶۸ رسم نمایید.



شکل ۱۱–۶۸

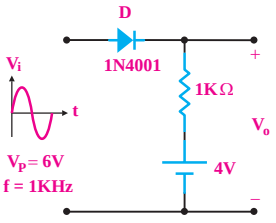
■ ولتاژ برش را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_C = ... V

■ مدار شکل ۱۱–۶۹ را روی بردبرد ببندید.

CarGeek.Live

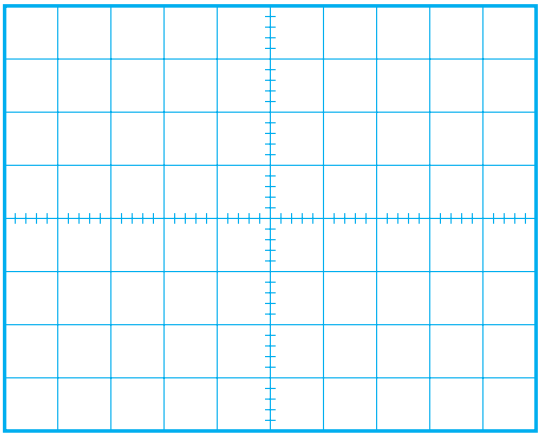
CarGeek.Live



شکل ۱۱-۶۹

■ سیگنال ژنراتور صوتی را به ورودی مدار متصل کنید.

■ شکل موج ولتاژهای ورودی و خروجی را به وسیله‌ی اسیلوسکوپ مشاهده کنید و آن را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۱-۷۰ رسم نمایید.

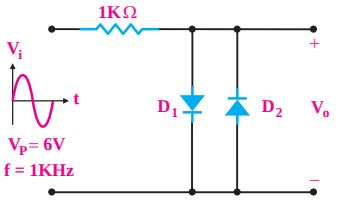


شکل ۱۱-۷۰

■ ولتاژ برش را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_C = ... V

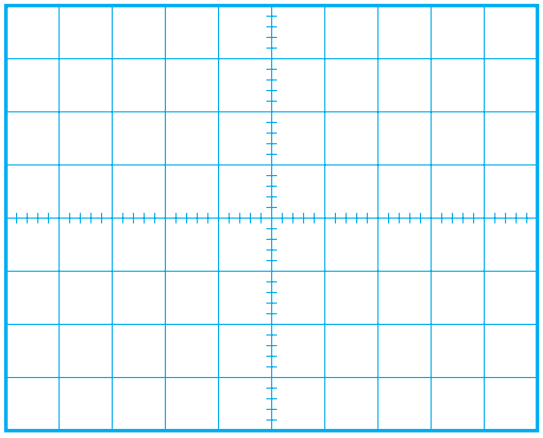
■ مدار شکل ۱۱-۷۱ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۱۱-۷۱

■ سیگنال ژنراتور صوتی را به ورودی مدار متصل کنید.

■ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ، شکل موج‌های ورودی و خروجی را مشاهده کنید و آن را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۱۱-۷۲ رسم نمایید.

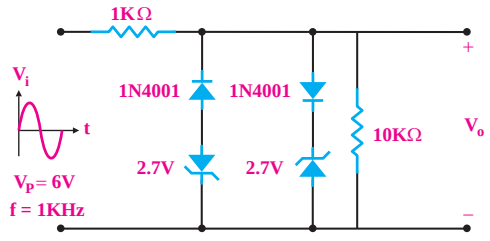


شکل ۱۱-۷۲

■ ولتاژ پیک تو پیک خروجی Vo_{P-P} را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

Vo_{P-P} = ... V

■ مدار شکل ۱۱-۷۳ را روی بردبرد ببندید.



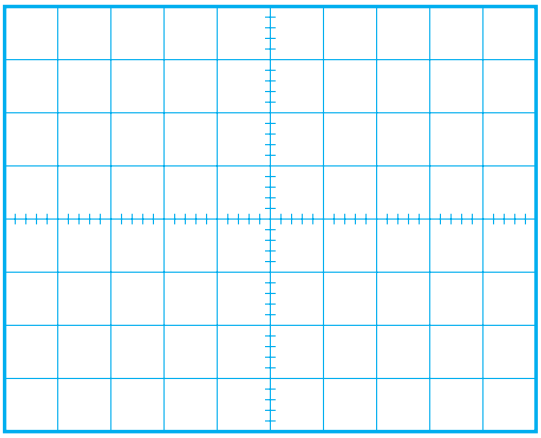
شکل ۱۱-۷۳

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ سیگنال ژنراتور صوتی را به ورودی مدار متصل کنید.

■ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ شکل موج‌های ورودی و خروجی را مشاهده کنید و آن را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۷۴-۱۱ رسم نمایید.

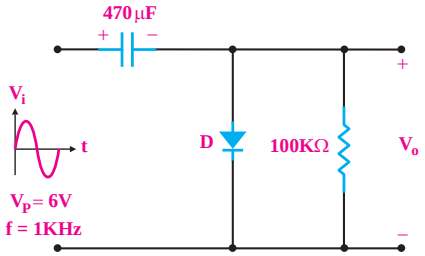


شکل ۷۴-۱۱

■ ولتاژ پیک تو پیک خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

Vo_{P-P} = ... V

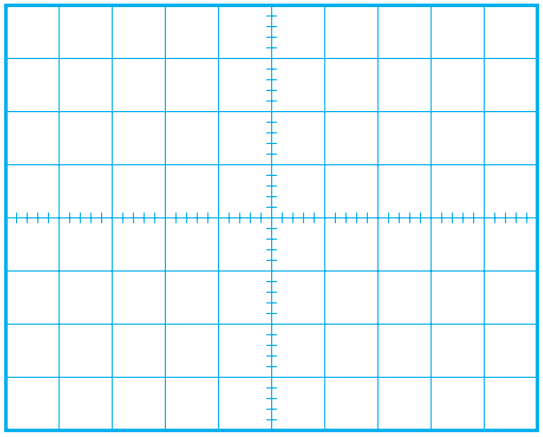
■ مدار شکل ۷۵-۱۱ را روی بردبرد ببندید.



شکل ۷۵-۱۱

■ سیگنال ژنراتور صوتی را به ورودی مدار متصل کنید.

■ به وسیله‌ی اسیلوسکوپ، شکل موج ولتاژهای ورودی و خروجی را مشاهده کنید و آن را با مقیاس مناسب در نمودار شکل ۷۶-۱۱ رسم کنید.



شکل ۷۶-۱۱

■ ولتاژ DCی خروجی را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{odc} = ... V

۴-۱۳-۱۱ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱۱)

۱- طرز کار مدار یکسوساز نیم موج را شرح دهید.

۲- مقدار متوسط ولتاژ خروجی مدار یکسوساز نیم‌موج را محاسبه کنید.

۳- مقدار متوسط یک موج سینوسی یکسوشده به صورت تمام موج برابر با ..... است.

الف) $\frac{Vm}{\pi}$ ب) $\frac{Vm}{2\pi}$

ج) $\frac{2Vm}{\pi}$ د) $\frac{4Vm}{\pi}$

۴- نقش خازن صافی در یکسو کننده کدام است؟

الف) تبدیل ولتاژ ضربان‌دار خروجی به ولتاژ ثابت

ب) تبدیل ولتاژ ضربان‌دار ورودی به ولتاژ ثابت

ج) تبدیل جریان ضربان‌دار خروجی به جریان ثابت

د) حذف فرکانس‌های زیاد و کم

۵- ترانسفورماتور تغذیه عموماً ..... است.

الف) کاهنده ب) افزاینده

۶- یک مزیت استفاده از ترانسفورماتور در قسمت تغذیه‌ی دستگاه‌ها، ایزوله کردن مدار از برق شهر است.

صحیح ❐ غلط ❐

۷- خرابی‌های ترانس تغذیه کدامند؟

الف) اتصال کوتاه کامل

ب) قطع شدن سیم‌پیچ اولیه یا ثانویه

ج) نیم سوز شدن و اتصال سیم به بدنه و هسته

د) همه‌ی موارد

۸- عملکرد کلید ۲۲۰/۱۱۰ را در منابع تغذیه با ترانسفورماتور شرح دهید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

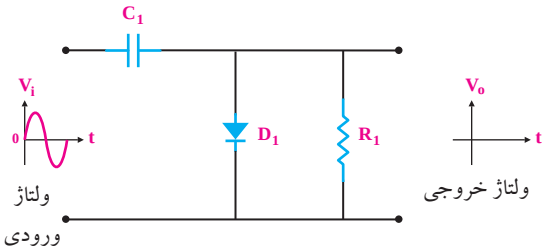
۹- مدار یک آشکار ساز پیک تو پیک را رسم کنید و راجع به نحوه‌ی عملکرد آن توضیح دهید.

۱۰- یک نمونه مدار کلیپر را رسم کنید و عملکرد آن را توضیح دهید.

۱۱- افزایش ولتاژ به کمک مدارهای چند برابر کننده‌ی ولتاژ فقط برای جریان‌های بسیار کم امکان‌پذیر است.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۲- شکل موج خروجی مدار شکل ۷۷-۱۱ را رسم کنید.



شکل ۷۷-۱۱

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فصل دوازدهم

کار با دیودهای خاص

هدف کلی : آشنایی با دیودهای خاص و ترانزیستور و مدار عملی تثبیت کننده‌ی ولتاژ با دیود زنر

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

۱- ساختمان دیود زنر را شرح دهد.

۲- منحنی مشخصه‌ی «ولت-آمپر» دیود زنر رادر بایاس موافق وبایاس مخالف رسم کند.

۳- طرز کار دیود زنر راشرح دهد.

۴- مدار ساده‌ی یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ به کمک دیود زنر را رسم کند.

۵- خصوصیات دیود اتصال نقطه‌ای را شرح دهد.

۶- عملکرد دیود خازنی را توضیح دهد.

۷- علامت قرار دادی دیود خازنی را رسم کند.

۸- خصوصیات دیود شاتکی را توضیح دهد.

۹- نحوه‌ی عملکرد دیود نور دهنده(LED) راتوضیح دهد.

۱۰- اساس کار زوج نوری یاایتوکوپلر را با رسم مدارتوضیح دهد.

۱۱- منحنی مشخصه‌ی دیود تونلی را رسم کند.

۱۲- خاصیت مقاومت منفی راشرح دهد.

۱۳-مدارهای کاربردی دیود تونلی راتشریح کند.

۱۴- چگونگی کار دیود وریستور را شرح دهد.

۱۵- چند روش مختلف نام‌گذاری دیودها را به اختصار توضیح دهد.

۱۶- مشخصات یک نوع دیود را از برگه‌ی (دادها) استخراج کند.

۱۷- یک مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ را با استفاده از یک دیود زنر به طور عملی مورد آزمایش قرار دهد.

۱۸- ساختمان یک ترانزیستور معمولی را شرح دهد.

۱۹- نحوه‌ی تشخیص پایه‌های یک ترانزیستور رابه کمک یک مولتی متر دیجیتالی به طورعملی اجرا کند.

۲۰-اهداف رفتاری درحیطه‌ی عاطفی را که در فصل اول بخش اول کتاب به آنها اشاره شده است، در این بخش نیز اجرا کند.

توانایی شماره ۱۲ و بخشی از ۱۳	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۶	۶	۱۲

CarGeek.Live

CarGeek.Live

پیش آزمون فصل (۱۲)

۱- دیـود زنردر بایـاس موافق مانند یک دیـود معمولی یکسو کننده عمل می کند.

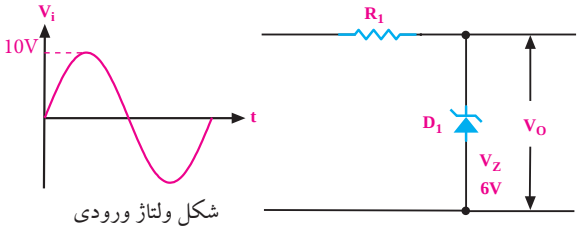
صحیح ❐ غلط ❐

۲- توان مجاز یک دیود زنر، ۵ وات و ولتاژ شکست آن ۵ ولت است، ماکزیمم جریان مجاز دیود زنرچند آمپر است؟

الف) ۲۵ ب) ۱۰ ج)۱ د)۰/۱

۳- ولتاژ خروجی مدار شکل زیر را رسم کنید.

(زنردرحال هدایت است.)



شکل ولتاژ ورودی

۴-کـدام دیـود بـرای یکسوسـازی ولتـاژ متنـاوب در فرکانس‌های خیلی زیاد به کار می‌رود؟

الف) یکسوکننده‌ی معمولی

ب) اتصال نقطه‌ای

ج) خازنی

د) زنر

۵- دیود ..... یک اتصال PN است که در حالت معکوس به کار می رود.

الف) خازنی ب) شاتکی

ج) LED د) تونلی

۶-شکل زیر، علامت قرار دادی کدام دیود است؟

۷- کدام جمله در مورد دیود اپتوکوپلرصحیح است؟

الـف) وقتی ولتاژ ورودی را تغییر دهیم، میزان نورLED وجریان خروجی تغییر می کند.

ب) مزیـت اصلی این دیود درایزوله کردن مدار خروجی از مدار ورودی است.

ج) زوج نوری یک جفت دیـود نوردهنده و دیود نوری است.

د)همه‌ی موارد

۸- در دیود..... افزایش ولتاژ مسـتقیم باعث کاهش جریان دیود می شود.

۹-دیود

..... دیود

و ازجنس..... است.

الف) زنر- سیلیکون

ب)واراکتور- ژرمانیوم

ج) یکسوکننده‌ی قدرت- سیلیکون

د)معمولی- ژرمانیوم

۱۰-رابطه‌ی بین جریان پایه ها در ترانزیستورکدام است؟

الف) $I_E=I_C+I_B$ ب) $I_C=I_E+I_B$

ج) $I_B=I_C+I_B$ د) بستگی به نوع ترانزیستور دارد

۱۱-اتصـال کلکتوربـه بیس نسـبت به امیتـر - بیس در ولتاژموافق، مقاومت کم‌تری دارد.

صحیح ❐ غلط ❐

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱-۱۲ دیود زنر

۱-۱-۱۲ ساختمان دیود زنر

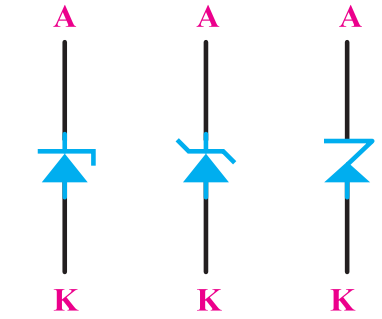
دیـود زنر یک اتصال PN اسـت کـه در بایـاس موافق مانند یک دیود معمولی یکسـوکننده عمل می‌کند. در بایاس مخالف تحـت ولتاژ خاصی که آن را ولتاژ زنر می‌نامند دیود ناگهان هادی می‌شود وجریان را از خود عبور می‌دهد. در این حالت ولتاژ دو سـر آن تقریبا ثابت می‌ماند. در شـکل ۱-۱۲ ساختمان داخلی دیود زنر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱-۱۲ ساختمان داخلی دیود زنر

در شکل ۲-۱۲ یک نمونه دیود زنر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲-۱۲ یک نمونه دیو زنر

زنر(Zener) نام دانشـمندی اسـت که اولین بار در سال ۱۹۳۴ ایـن پدیـده‌ی جالب را اختـراع کرد . بـا تغییر میزان ناخالصی در نیمه‌هادی‌های نـوع P و N می توان ولتاژ هادی شـدن دیـود زنـر را در بایاس معکـوس تعیین کـرد. جنس نیمه‌هادی به‌کار برده شـده در دیود زنر سیلیکون است. دیود زنر را با علامت قراردادی شکل ۳-۱۲ نشان می دهد.

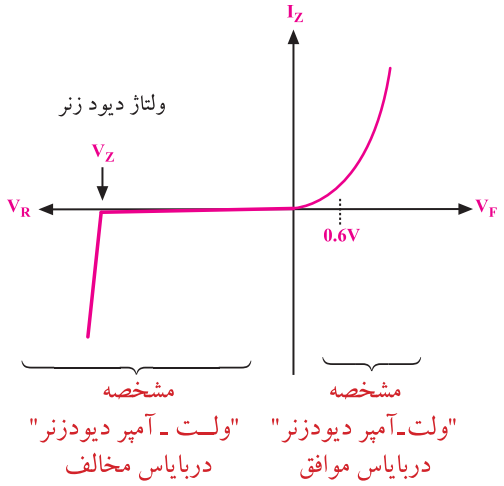


شکل ۳-۱۲علامت‌های قراردادی دیود زنر

۲-۱-۱۲ منحنی مشخصه‌ی «ولت–آمپر» دیود زنر

دیـود زنـر در بایـاس موافق ماننـد یک دیـود معمولی یکسـوکننده عمـل می کنـد، بنابرایـن منحنی مشـخصه‌ی «ولـت – آمپـر» دیود زنـر در بایاس موافق ماننـد یک دیود معمولی است.

در بایاس مخالف، دیود زنر در ولتا ژ معینی هادی می‌شود کـه آن را **ولتاژ زنر** می‌نامند. پس از هادی شـدن دیود زنر، ولتاژ دو سـر آن ثابت باقی می‌ماند. بنابراین منحنی مشـخصه ولت– آمپر دیود زنر مانند شکل ۴-۱۲ است.



شکل ۴-۱۲– منحنی مشخصه‌ی ((ولت – آمپر)) دیود زنر

۱۲-۵

دکتر کلارنس ملوین زنر:
دکترای فیزیک،استاد دانشگاه .
متولد ۱۹۰۵، مخترع خاصیت
زنر و شکست دیود زنراست.
اودر سن ۸۷ سالگی در سال
۱۹۹۳ دیده از جهان فروبست.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۳-۱-۱۲ ولتاژ و توان دیود زنر

معمولاً ولتاژ شکست دیودهای زنر را با استاندارد E۲۴ می‌سازند. هم‌چنین هر دیود زنر دارای توان معینی است. در جدول ۱-۱۲ رایج‌ترین توان‌های دیود زنر (۰/۵W، ۱/۳W و ۵W)، با توجه به ولتاژهای متناسب با این توان‌ها مشخص شده‌اند. یادآور می‌شود دیودهایی با توان ۱W و ۲W و ۱۰W نیز ساخته می‌شوند.

جدول ۱-۱۲

ولتاژ زنر	توان زنر								
	۰/۵W			۱/۳W				۵W	
	۱۵ V	۶/۲ V	۲/۷V	۶۲ V	۳۷ V	۱۱ V	۴/۷V	۱۰۰ V	۵/۱ V
	۱۶ V	۶/۸ V	۳/۰۷ V	۶۸ V	۳۰ V	۱۲ V	۵/۱ V	۲۰۰ V	۵/۶ V
	۱۸ V	۷/۵ V	۳/۳ V	۷۵ V	۳۳ V	۱۳ V	۵/۶ V		۶/۲ V
	۲۰ V	۸/۲ V	۳/۶ V	۱۰۰ V	۳۶ V	۱۵ V	۶/۲ V		۶/۸ V
	۲۴ V	۹/۱ V	۳/۹ V	۲۰۰ V	۳۹ V	۱۶ V	۳/۹ V		۱۰ V
	۲۷ V	۱۰ V	۴/۳ V		۴۳ V	۱۸ V	۴/۳ V		۱۱ V
	۳۰ V	۱۱ V	۴/۷ V		۴۷ V	۲۰ V	۴/۷ V		۱۲ V
		۱۲ V	۵/۱ V		۵۱ V	۲۲ V	۵/۱ V		۱۵ V
		۱۳ V	۵/۶ V		۵۶ V	۲۴ V	۵/۶ V		۲۰ V

در مدارهای الکتریکی دیودهای زنر ۰/۵ وات بیشترین کاربرد را دارند. امروزه دیودهای زنر با توان‌های زیاد مثلاً بالای یک وات، کاربرد کمتری دارند. به جای دیودهای زنر توان بالا، قطعات ترکیبی الکترونیکی دیگری ساخته شده‌اند که عملکرد بسیار بهتری از دیودهای زنر دارند. در یک دیود زنر رابطه‌ی زیر همیشه برقرار است.

$$P_Z = V_Z.I_Z \quad \text{و} \quad I_Z = \frac{P_Z}{V_Z}$$

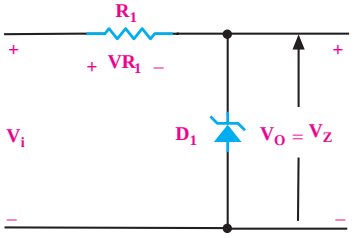
بنابراین با توجه به این توان دیود زنر و ولتاژ زنر، ماکزیمم جریان مجاز دیود زنر قابل محاسبه است. در مدار الکترونیکی باید به این مسئله توجه کرد.

$$P_Z = ۵W$$
$$V_Z = ۶/۲V$$
$$I_Z = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{۵W}{۶/۲} = ۰/۸۰۶A \Rightarrow ۸۰۶mA$$

ماکزیمم جریان مجاز دیود زنر برابر ۸۰۶ میلی آمپر است.

۲-۱۲ تنظیم کننده‌ی ولتاژ با استفاده از دیود زنر

وقتی دیود زنردر بایاس معکوس به کار می‌رود و ولتاژ بایاس معکوس آن از ولتاژ زنر بیشتر می‌شود، دیود زنر هدایت می کند و ولتاژ دو سر آن تقریباً ثابت باقی می‌ماند. از این خاصیت دیود زنر برای تنظیم ولتاژ و ثابت نگه داشتن ولتاژ استفاده می‌شود.شکل ۶-۱۲ یک نمونه تنظیم کننده‌ی ولتاژ ساده را به کمک دیود زنر نشان می‌دهد.



شکل ۶-۱۲- یک تنظیم کننده‌ی ولتاژ نسبتاً ساده

در مدارشکل ۶-۱۲، رابطه‌ی زیر همواره برقرار است.

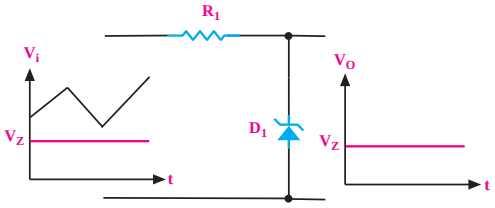
$$V_i = V_R + V_Z$$

در رابطه‌ی بالا مقدار V_z تقریباً ثابت است. حال اگر V_i افزایش یابد V_R نیز زیاد می شودواگر V_i کم شود V_R نیز کم می‌شود. بنابراین تغییرات ولتاژ ورودی به V_R منتقل می‌شود، شکل ۷-۱۲.

$$V_i\uparrow = V_R\uparrow + V_Z$$
$$V_i\downarrow = V_R\downarrow + V_Z$$

CarGeek.Live

CarGeek.Live



شکل ولتاژ خروجی　　شکل ولتاژ ورودی

شکل ۷-۱۲-تغییرات ولتاژ ورودی به مقدار خیلی کم به خروجی منتقل می شود.

مقدار R یعنی مقاومت سری شده با دیود زنر را باید طوری محاسبه کنیم که در بدترین حالت که ماکزیمم ولتاژ ورودی وجود دارد. جریان دیود زنر از مقدار $I_Z = \frac{P_Z}{V_Z}$ بیشتر نشود.

مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ را رگولاتور Regulator نیز می‌نامند.

۳-۱۲ آزمایش شماره‌ی (۱) تنظیم کننده‌ی ولتاژ

مدت زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۱-۳-۱۲ هدف آزمایش:

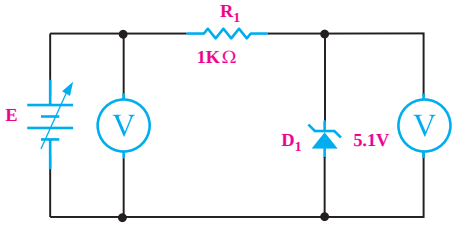
بررسی وآزمایش مدار تنظیم کننده‌ی ولتاژ (رگولاتور) ساده با استفاده از دیود زنر

۲-۳-۱۲تجهیزات، ابزار،قطعات و مواد مورد نیاز:

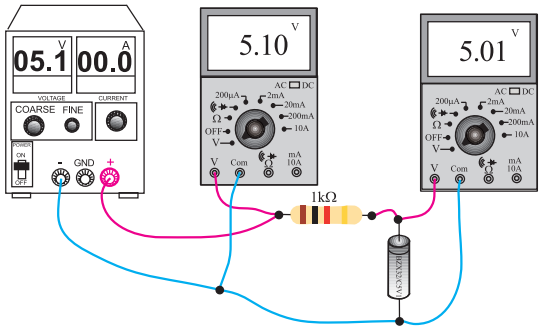
ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	منبع تغذیه ۰-۱۵ V/۱ A	یک دستگاه
۳	مقاومت ۱KΩ	یک عدد
۴	دیود زنر ۵/۱ V	یک عدد
۵	سیم رابط دو سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	چهار رشته

۳-۳-۱۲ مراحل اجرای آزمایش :

- منبع تغذیه را روشن کنید.
- ولتاژخروجی راروی ۵ ولت تنظیم کنید
- مدار شکل ۸-۱۲ را ببندید.



الف ـ شماتیک مدار



ب ـ مدار علمی

شکل ۸-۱۲ مدار آزمایش

- رنج ولت‌مترها را روی AUTO یا ۲۰V قرار دهید.
- ولتاژ خروجی را (به ازای V_i=۵V)بخوانید ودر جدول ۲-۱۲ یادداشت کنید.

جدول ۲-۱۲

ولتاژ خروجی Vo(V)	ولتاژ ورودی V_i(V)
	۵
	۶
	۹
	۱۱
	۱۳
	۱۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

■ ولتاژ ورودی را کمی افزایش دهید تا ولت متر (V_i) مقدار ۶ ولت را نشان دهد. در این حالت ولتاژ V_o را با استفاده از ولت‌متر اندازه بگیرید و در جدول ۲-۱۲ مقابل V_i=۶V یادداشت کنید.

■ ولتاژ ورودی را مطابق جدول ۲-۱۲ افزایش دهید و ولتاژ های خروجی را در هر مرحله اندازه بگیرید و در جدول ۲-۱۲ بنویسید تا جدول تکمیل شود.

■ با بررسی جدول ۲-۱۲ در می‌یابیم که در برابر تغییرات زیاد ولتاژ ورودی، ولتاژ خروجی تغییر محسوسی نکرده‌است، لذا می‌توان گفت که ولتاژخروجی تقریباً ثابت باقی مانده است.

نکتهٔ مهم

معمولاً به خروجی رگولاتوری که فقط از یک دیود زنرتشکیل شده باشد بار متغیر وصل نمی‌کنند. با توجه به مقدار مقاومت ثابت (R_1) سری شده ، دیود زنر را طوری محاسبه می‌کنند که شرایط زیر برقرار باشد.

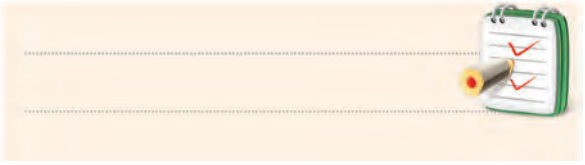
■ ولتاژ ورودی بیشتر از ولتاژ دیود زنر شود تا دیود هدایت کند و ولتاژ خروجی را ثابت نگه دارد.

■ توان تلف شده دردیود زنراز مقدار توان مجاز بیشتر نشود.

■ از رگولاتورهای زنری معمولاً در جریان‌های مصرفی کمتر از ۱۰۰mA استفاده می شود.

۴-۱۲ نتایج آزمایش:

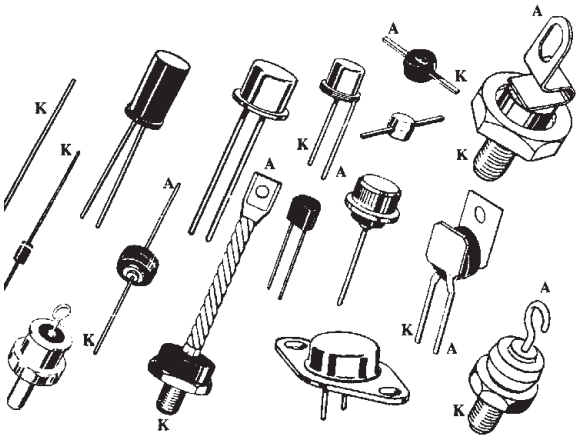
آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.



۴-۱۲ انواع دیودها

به کمک نیمه هادی‌های نوع N و P انواع دیود را با کاربردهای ویژه نیز می‌سازند. در ادامه‌ی بحث تعدادی از انواع این دیودها را به اختصار مورد بررسی قرار می‌دهیم. تاکنون دیود معمولی ودیود زنر را بررسی کردیم.

۱-۴-۱۲دیود یکسوساز معمولی: این دیود را در مباحث قبلی مورد بررسی قرار دادیم و یادآورمی‌شود که دیودهای یکسوساز معمولی برای جریان‌های متوسط (I_F) حدود ۵۰mA تاچندصد آمپر ساخته می‌شوند ودر محدوده فرکانس ۵۰ یا ۶۰ هرتز کار می‌کنند. برای یکسوسازی در فرکانس‌های بالا باید از دیودهای سریع استفاده کنیم. دیودهای سریع گران قیمت هستند و در بازار به سادگی یافت نمی‌شوند. در شکل ۹-۱۲ نمونه‌هایی از دیودهای یکسوکننده‌ی معمولی نشان داده شده‌اند.



شکل ۹-۱۲ نمونه‌هایی ازدیودهای معمولی یکسوساز

۲-۴-۱۲ دیود اتصال نقطه ای

این دیود برای یکسوسازی ولتاژ متناوب در فرکانس‌های خیلی زیاد ساخته می‌شود، جنس این دیود ممکن است ژرمانیوم یا سیلیسیوم باشد. دیود اتصال نقطه‌ای برای آشکار سازی امواج دریافت شده در رادیو وتلویزیون به کار می‌رود.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

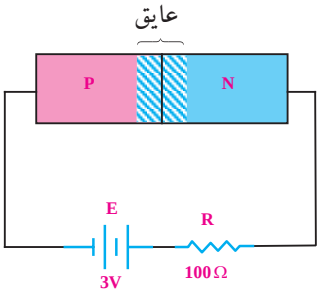
شـکل ظاهری این دیود باسـایر دیودها تفاوت چندانی ندارد ولـی برخی از آنها دارای بدنه‌ی شیشـه‌ای هسـتند. ماکزیمم جریان مجاز وتوان دیود اتصال نقطه ای بسیار کم است.

در شکل ۱۰-۱۲ یک نمونه دیود اتصال نقطه‌ای را مشاهده می کنید.

شکل ۱۰-۱۲یک دیود اتصال نقطه‌ای

۳-۴-۱۲ دیود خازنی

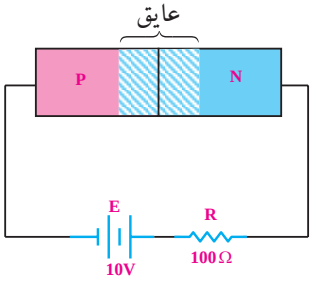
وقتـی یک اتصـال PN(دیود) در بایـاس معکوس قرار می گیرد، لایه‌ی سـد یعنی لایه‌ای که هیـچ بار الکتریکی ویا الکتـرون در آن وجود ندارد، مـی تواند به عنوان خازن عمل کند، شکل ۱۱-۱۲.



شکل ۱۱-۱۲ اتصال PN در بایاس معکوس

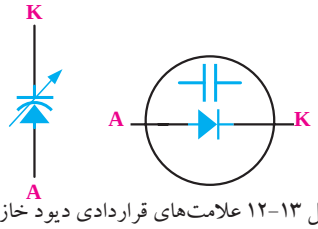
با افزایش ولتاژ معکوس، عرض لایه‌ی سد، بیشتر می‌شود، شکل ۱۲-۱۲.

بنابراین با تغییر ولتا ژ، دیود را می‌توان به عنوان یک خازن متغیر در نظر گرفت. در این حالت هادی نوع P و N به عنوان دو جوشـن خازن و لایه‌ی سـد به عنوان دی‌الکتریک خازن عمل می کنند.



شکل ۱۲-۱۲ لایه‌ی سد به عنوان خازن متغیر

چنان‌چه دیود را با این شرایط به کار ببریم، دیود خازنی یا واراکتور و یا واری‌کپ شکل می گیرد. با تغییر ولتاژ معکوس دوسر این نوع دیود، ظرفیت خازنی آن تغییر می کند. ظرفیت دیودهای خازنی در محدوده‌ی پیکوفاراد(PF)است وآن را با نماد شکل ۱۳-۱۲ نمایش می‌دهند.



شکل ۱۳-۱۲ علامت‌های قراردادی دیود خازنی

۴-۴-۱۲ دیود شاتکی

دیودهای معمولی اتصال PN نمی‌توانند خیلی سـریع قطع و وصل شـوند. برای بالا بردن سـرعت قطع و وصل در یک دیود، مثـلا چند میلیارد بـار در ثانیه ، از دیود های شـاتکی اسـتفاده می کنند.دیودهای شاتکی از نیمه هادی و فلز تشکیل می‌شود و زمان تاخیر این نوع دیودها بسیار کم است. علا مت قرار دادی این دیود در شکل ۱۴-۱۲ نشان داده شده است.

شکل ۱۴-۱۲ علامت قراردادی دیود شاتکی

CarGeek.Live

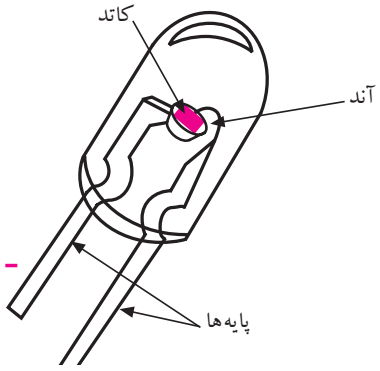
CarGeek.Live

۵-۴-۱۲ دیود نور دهنده(LED)

LED ها، دیودهای مخصوصی هستند که اگر در بایاس موافق(مستقیم) قرار گیرند، از خود نور ساطع می کنند. در شکل ۱۵-۱۲یک نمونه دیودLED نشان دادهشده است.

شکل ۱۵-۱۲ یک نمونه LED

ساختمان داخلی یک LED، از یک اتصال ویک انعکاس دهندهی نور تشکیل شده است. در شکل ۱۶-۱۲ ساختمان داخلی یک LED را مشاهده می کنید.



شکل ۱۶-۱۲ ساختمان داخلی یکLED

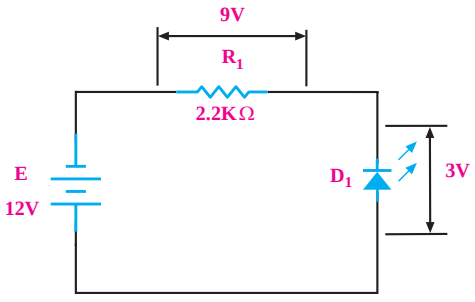
نور ساطع شده از LEDها به رنگ قرمز، زرد، سبزو آبی است. شکل فیزیکی قسمت نوردهندهی این دیودها را به صورت نیم کروی، مربعی و مثلثی میسازند. از دیودهای LED به عنوان لامپ سیگنال در مدارها ودستگاههای الکترونیکی استفاده می شود. در شکل ۱۷-۱۲ نمونههایی از انواعLED نشان داده شدهاند.

شکل ۱۷-۱۲- نمونههایی از انواعLED

دیود نور دهنده را باعلامت قرار دادی شکل ۱۸-۱۲ نشان میدهند.

شکل ۱۸-۱۲ علامت قراردادی دیود نور دهنده

هنگام عبور جریان از LED، ولتاژی معادل ۱/۷ تا۳/۳ ولت در دوسرLED افت می کند. مقدار دقیق افت ولتاژ بستگی به مقدار جریانی دارد که از دیود عبورمی کند، شکل ۱۹-۱۲.

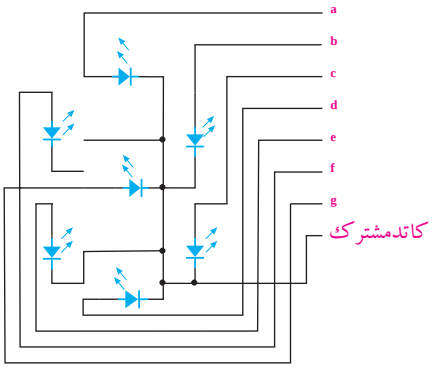


شکل ۱۹-۱۲ نمایش افت ولتاژ در دوسرLED

CarGeek.Live

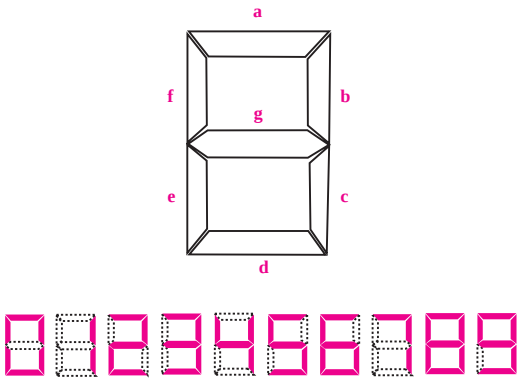
CarGeek.Live

یکـی دیگر از مـوارد کاربـرد دیود نوردهنـده، نمایش اعـداد از صفـر تا نه اسـت. بـرای ایـن منظور یـک قطعه الکترونیکی متشـکل از هفت عدد دیود نـور دهنده رامطابق شکل ۲۰-۱۲ می‌سـازند. با خاموش وروشـن کردن قطعات مختلف به سـادگی می‌توان اعداد صفر تا نه را روی نمایشگر به وجـود آورد. به این قطعه الکترونیکی **سون- سگمنت** یا هفت قطعه‌ای می‌گویند.



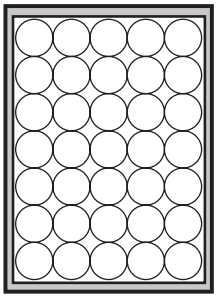
شکل ۲۰-۱۲ ساختمان داخلی سون- سگمنت(کاتد مشترک)

درشکل ۲۱-۱۲ شکل ظاهری یک قطعه سون- سگمنت نشان داده شـده است.در شکل ۲۱-۱۲ اگرفقط دیودهای b و c روشن شـوند عدد۱ واگر قطعات a,b,g,e و d روشن شوند عدد۲ نمایش داده می‌شود.سـون- سـگمنت ها را به صورت آند مشترک و کاتد مشترک می‌سازند.



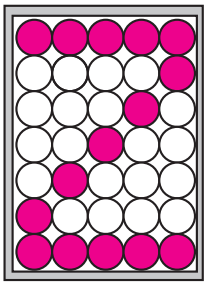
شکل ۲۱-۱۲ شکل ظاهری سون- سگمنت

قطعه‌ی دیگری نیز شـامل ۳۵ عدد دیود نور دهنده ساخته شـده اسـت که به صفحه‌ی نمایش ماتریسی معروف است. با این نمایشـگر ماتریسـی می‌توان اعداد و حروف الفبا را نشان داد. در شکل ۲۲-۱۲ این نمایشگر را مشاهده می‌کنید.



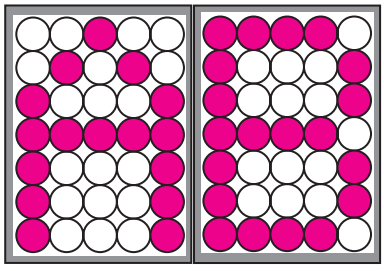
شکل ۲۲-۱۲

در شکل ۲۳-۱۲ چگونگی نمایش Z نشان داده شده است.



شکل ۲۳-۱۲ نمایش حرف Z

بـا قرار دادن چند عـدد صفحه‌ی نمایش ماتریسـی کنار یکدیگر می‌توان متنی را نشـان داد.در شکل ۲۴-۱۲ حروف AB به کمک صفحه نمایش ماتریسی نشان داده شده اند.

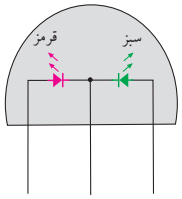


شکل ۲۴-۱۲ صفحه نمایش ماتریسی

CarGeek.Live

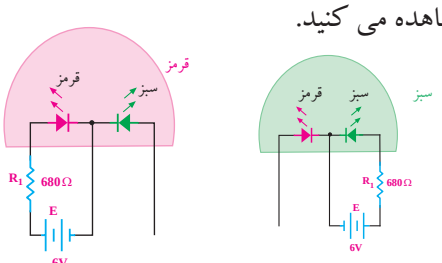
CarGeek.Live

به تازگی LEDهای دو رنگ نیز به بازار عرضه شده اند. این نوع LEDها، در حقیقت، دوعدد LED مجزا معمولاً به رنگ سبز و قرمز است که مانند شکل ۲۵ -۱۲ در داخل یک قطعه معمولی جاسازی شده‌اند. این دیودها دارای سه پایه هستند که یکی از پایه‌ها مشترک بوده ودو پایه‌ی دیگر، هر کدام مربوط به یکی از دیودهاست.



شکل ۲۵- ۱۲ LED دورنگ

در شکل ۲۶-۱۲ نحوه‌ی روشن شدن LED به رنگ قرمز وسبز را مشاهده می کنید.



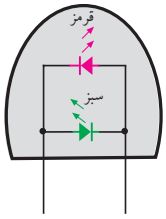
شکل ۲۶-۱۲ نحوه‌ی روشن شدن LED به رنگ قرمز وسبز

اگر هر دو دیود را همزمان روشن کنیم از ترکیب نور سبز وقرمز، نورنارنجی به وجود می‌آید.

تمرین کلاسی ۱: مداری رسم کنید که توسط آن بتوانید نور نارنجی تولید کنید.

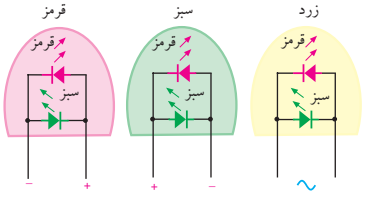
راهنمایی: از شکل ۲۶-۱۲ کمک بگیرید.

نوع دیگری از LED ها وجود دارند که دو پایه هستند و سه رنگ مختلف تولید می کنند.شکل ۲۷-۱۲ ساختمان داخلی این دیود را نشان می‌دهد.



شکل ۲۷-۱۲ ساختمان داخلی LED دوپایه‌ی سه رنگ

در شکل ۲۸-۱۲ نحوه‌ی تولید نور به رنگ های قرمز، سبزونارنجی را مشاهده می کنید.



شکل ۲۸-۱۲ نحوه‌ی روشن شدن LEDبه رنگ های قرمز، سبز و زرد

به تازگی دیودهای دیگری به نام ULtraBright LED ساخته شده‌اند که میزان نور دهی آن‌ها فوق العاده زیاد و ده‌ها برابر یک LED معمولی است. این دیودها فعلاً به رنگ‌های آبی، سبز، قرمز و سفید در بازار یافت می‌شوند. در شکل ۲۹-۱۲ یک نمونه از این دیودها نشان داده شده است.

شکل ۲۹-۱۲ یک نمونه LEDبا نور فوق العاده زیاد

CarGeek.Live

CarGeek.Live

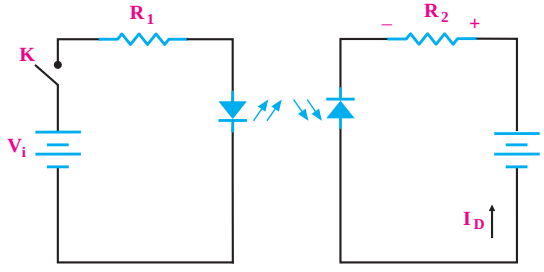
از این دیودها اگر جریان ۲۰mA بگذرد، نور بسیار زیادی از خـود تولید می‌کننـد. در جدول ۳-۱۲ افت ولتاژ دو سـر دیودها به ازای عبور جریان ۲۰mA آورده شده است.

جدول ۳-۱۲

شرایط	I_F=۲۰mA	
رنگ نور منتشر شده	ولتاژ DC موافق V_f برحسب ولت	
	نامی	حداکثر
آبی	۳/۵	۴
سبز	۳/۵	۴
قرمز	۲	۲/۵

۶-۴-۱۲ زوج نوری یا اپتوکوپلر (optocoupler)

یک جفت دیود نورانی (LED) ودیود نوری است که در یک محفظه قرار می‌گیرند. در شکل ۳۰-۱۲ اساس کار زوج نوری نشان داده شده است.



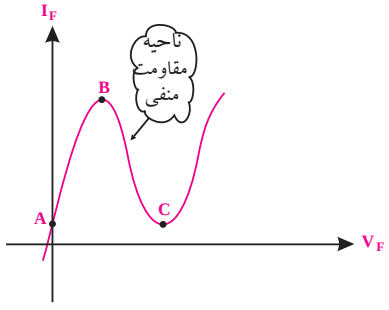
درشکل ۳۰-۱۲، اساس کار زوج نوری نشان داده شده است.

در سـمتی دیـود نـور دهنـده ودر مقابـل آن دیـود نوری(فتودیـود) قرار دارد. باوصل کـردن کلیدK ، از دیود نوردهنده‌ی جریان عبور می کند و روشـن می‌شود. نور دیود نوردهنـده روی فتودیـود اثـر می‌گذارد و جریـان معکوس عبـوری از آن، افـت ولتاژی را در دوسـر R_2 ایجاد می‌کند.

بنابراین بـا تغییر ولتـاژ ورودی (V_i) میزان نـور LED تغییر می‌کند و جریـان I_D را تغییر می‌دهد.باتغییـر جریان I_D ولتاژ دو سـر R_2 تغییر می‌کند. به ایـن ترتیب، بدون این که ارتباط مسـتقیمی با ولتاژ ورودی داشـته باشـیم، یک ولتاژ متغیر که دقیقـاً از تغییرات ورودی تبعیت می‌کند، در اختیارکاربر قرار می‌گیـرد. بنابرایـن مزیت اصلی زوج نوری در ایزوله شـدن مدار خروجی از مدار ورودی اسـت، زیرا تنها ارتباط بین دو مدار، مقدارنوری اسـت که از دیود نـور دهنده‌ی ورودی به دیود نوری خروجی می‌تابد. این جداسازی بین دو مدار باعث می‌شـود که بتوانیم ارتباط بین دو مداری که ولتاژهای آن‌ها با هم متفاوت اسـت را برقرار کنیـم. مثلاً با یک ولتاژ کم (۶ ولت) ولتاژ زیاد(۲۲۰ولت) را کنترل کنیم.

۷-۴-۱۲ دیود تونلی

بـا افزایش میـزان ناخالصی، نـوع دیگری دیود سـاخته می‌شـود که ولتاژ شکسـت آن صفر اسـت. این نوع دیود را **دیود تونلـی** (Tunnel Diode) گویند. دیـود تونلی دارای خاصیت مقاومت منفـی (Resistance negative) اسـت. به این معنی که در منطقه‌ی خاصی از منحنی چنان‌چه ولتـاژ مسـتقیم را در حالت موافـق زیاد کنیـم، جریان دیود کم می‌شـود. شکل ۳۱-۱۲ منحنی مشـخصه‌ی دیود را نشان می‌دهد.

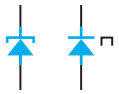


شکل ۳۱-۱۲ منحنی مشخصه دیود تونلی

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نماد فنی دیود تونلی را در شکل ۳۲- ۱۲ مشاهده می‌کنید.



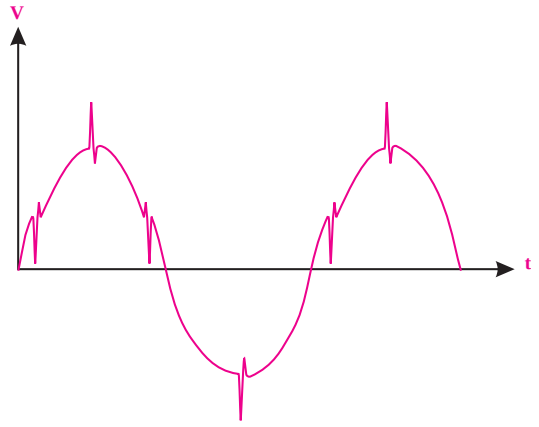
شکل ۳۲- ۱۲ نمادهای فنی دیود تونلی

از خاصیت مقاومت منفی دیود تونلی در مدار نوسان ساز فرکانس بالا استفاده می‌شود. نوسان‌ساز مداری است که انرژی DCرا به سیگنال AC تبدیل می‌کند.

۸-۴-۱۲ وریستور(Varistor)

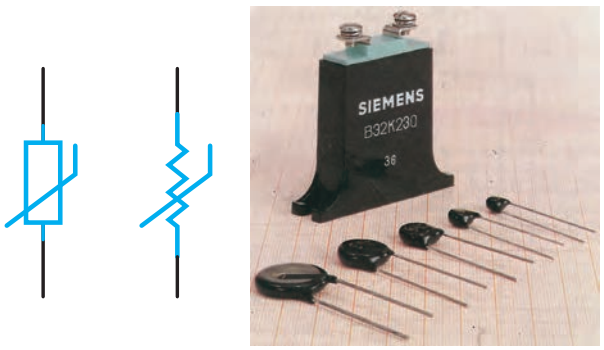
برخی از عوامل طبیعی مانند رعدو برق یا پدید آمدن معایبی در شبکه‌ی برق، سبب تداخل امواجی روی برق شهر می‌شود. این تداخل از طریق پالس‌های سوزنی شکل که روی سیگنال سوار می‌شوند رخ می‌دهد. شکل ۳۳-۱۲ نمونه‌هایی از پالس‌های سوزنی (SPIKE و DIP) را که روی موج برق شهر نشسته (سوار شده) است نشان می‌دهد.

وریستور را در فصل دوم معرفی کرده‌ایم. در این فصل به دلیل بیان دوباره‌ی آن در استاندارد به تشریح تفصیلی آن پرداخته‌ایم.



شکل ۳۳-۱۲ پالس‌های سوزنی روی برق شهر

پالس‌های بالا رونده را **اسپایک** و پالس‌های پایین رونده را **دیپ** می‌گویند. دامنه‌های این پالس‌ها ممکن است تا چند هزار ولت برسد. اگر چه دامنه‌ی این پالس‌ها زیاد است ولی معمولاً انرژی زیادی ندارند. در عمل پالس‌های سوزنی شکل موجود در ورودی مدارها را توسط فیلترهای مخصوصی حذف می‌کنند. گاهی ممکن است انرژی این پالس‌ها زیاد باشد و از فیلترهای ورودی مدار عبور کند. در اثر وارد شدن این پالس‌ها به مدار، ممکن است به قطعاتی مانند ترانزیستور یا مدارهای مجتمع آسیب برسد. لذا در بعضی از دستگاه ها از قطعه‌ای بنام (حذف کننده‌ی اسپایک Suppressor SPIKE) یا (وریستور) استفاده می‌کنند. این قطعه شبیه دو دیود زنر پشت به پشت (Back to Back) با ولتاژ شکست بالااست.در شکل ۳۴-۱۲ نمادهای فنی وشکل ظاهری وریستور (VDR)نشان داده شده است.



شکل ۳۴-۱۲ شکل ظاهری و نمادهای مداری

در مدارهای با ولتاژ برق شهر (۲۲۰V)معمولاً از وریستور ۴۰۰ولتی استفاده می‌کنند. این قطعه در شرایط معمولی کار مدار، عملاً نقشی ندارد و مانند مدار باز عمل می‌کند. چنانچه ولتاژ ورودی از ۴۰۰ ولت بیش‌تر شود، وریستور به حالت فعال در می‌آید و با عبور جریان از خود دامنه‌ی ولتاژ را در مقدار ۴۰۰ ولت محدود می‌کند. وریستور معمولاً در ورودی دستگاه، بعداز فیوز به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد. وریستورها معمولاً قابلیت تحمل جریان های لحظه‌ای تا چند صد آمپر را دارند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۵-۱۲ نام گذاری دیود ها

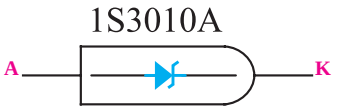
برای نام گذاری دیودها سه روش مهم وجود دارد .ممکن است بعضی از کارخانه ها از این سه روش تبعیت نکنند ونام گذاری مخصوص خود داشته باشد. این سه روش عمومی عبارتند از:

الف) روش ژاپنی

ب) روش اروپایی

ج) روش آمریکایی

الف- روش ژاپنی: در این روش از پیش وند 1S تعدادی شماره که به دنبال آن می‌آید استفاده می‌شود، شکل ۱۲-۳۵. در این شیوه نام گذاری نوع دیود، جنس دیود وسایر مشخصات آن را نمی‌توان از شماره‌ی دیود به دست آورد. برای این منظور با مراجعه به کاتالوگ های مربوطه امکان دسترسی به مشخصات دیود وجود دارد.



شکل ۱۲-۳۵ نام گذاری دیود، به روش ژاپنی

ب- روش اروپایی: در روش اروپایی، ابتدا تمامی دیود ها را با پیشوند OA وتعدادی شماره مشخص می کردند مانندOA۳۴ شکل ۱۲-۳۶

شکل ۱۲-۳۶ نام‌گذاری دیودها به روش اروپایی

بعدها روش نام‌گذاری در اروپا تغییر کرد. به این ترتیب که دیود هایی را که بیش‌تر در مدارهای رادیو تلویزیون به کار می‌روند با دوحرف و سه شماره دیودهای خاص راباسه حرف و دو شماره نام‌گذاری کردند. سیستم دوحرفی و سه شماره‌ای که امروز نیزاستفاده می‌شود به شرح زیر است.

حرف اول: جنس نیمه هادی به کار رفته در دیود را مشخص می کند. اگر حرف اول A باشد جنس دیود ژرمانیوم واگرB باشد سیلیکون است.

حرف دوم: یکی از حروف زیر است که نوع دیود را مشخص می کند.

A: دیود معمولی یکسوکننده

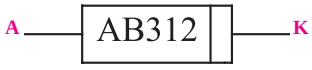
B: دیود واراکتور

Y: دیود یکسوکننده‌ی قدرت

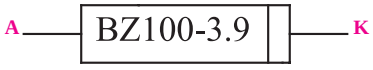
Z: دیود زنر

بعداز این دوحرف، سه شماره می‌آید که با مراجعه به جدول می‌توان سایر مشخصات الکتریکی دیود را از روی کاتالوگ کارخانه‌ی سازنده به دست آورد. شکلهای ۱۲-۳۷ و۱۲-۳۸ و ۱۲-۳۹ .

شکل ۱۲-۳۷نام گذاری دیودها، به روش جدید



شکل ۱۲-۳۸دیود واراکتور از جنس ژرمانیوم



شکل۱۲-۳۹ دیود زنر از جنس سیلیسیوم ۳/۹ ولتی

نکته‌ی مهم

هنگام آزمون جدول مربوط به اطلاعات حروف اختصاری دیود را دراختیار فراگیر قرار دهید.

CarGeek.Live

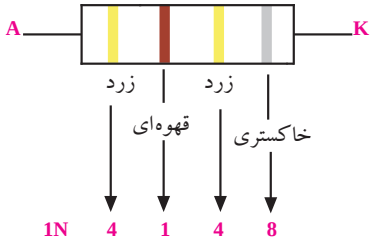
CarGeek.Live

ج–روش امریکایی: در این روش از پیش وند 1N استفاده می‌شود و به دنبال آن معمولا یک شماره‌ی چهار رقمی می‌آید. بامراجعه به جدول مشخصات دیودها می‌توان از روی شماره‌ی چهار رقمی به نوع دیود و مشخصات آن پی برد، شکل ۴۰–۱۲.

شکل ۴۰–۱۲ نحوه‌ی نام‌گذاری دیودها به روش امریکایی

در بعضی از دیودها، به جای شماره‌ی چهار رقمی، از چهار نوار رنگی استفاده می‌شود. در این صورت دیگر پیشوند 1N را روی دیودها نمی‌نویسند. ارقام مربوط به نوارهای رنگی به شرح جدول ۴–۱۲و مشابه کد رنگی مقاومت‌ها است.

رنگ	شماره	رنگ	شماره
مشکی	۰	آبی	۶
قهوه ای	۱	بنفش	۷
قرمز	۲	خاکستری	۸
نارنجی	۳	سفید	۹
زرد	۴		
سبز	۵		



شکل ۴۱–۱۲–نحوه‌ی شماره‌گذاری دیود هابااستفاده از نوارهای رنگی

۶–۱۲ نحوه‌ی استخراج مشخصات دیودها از کتاب‌های مرجع:

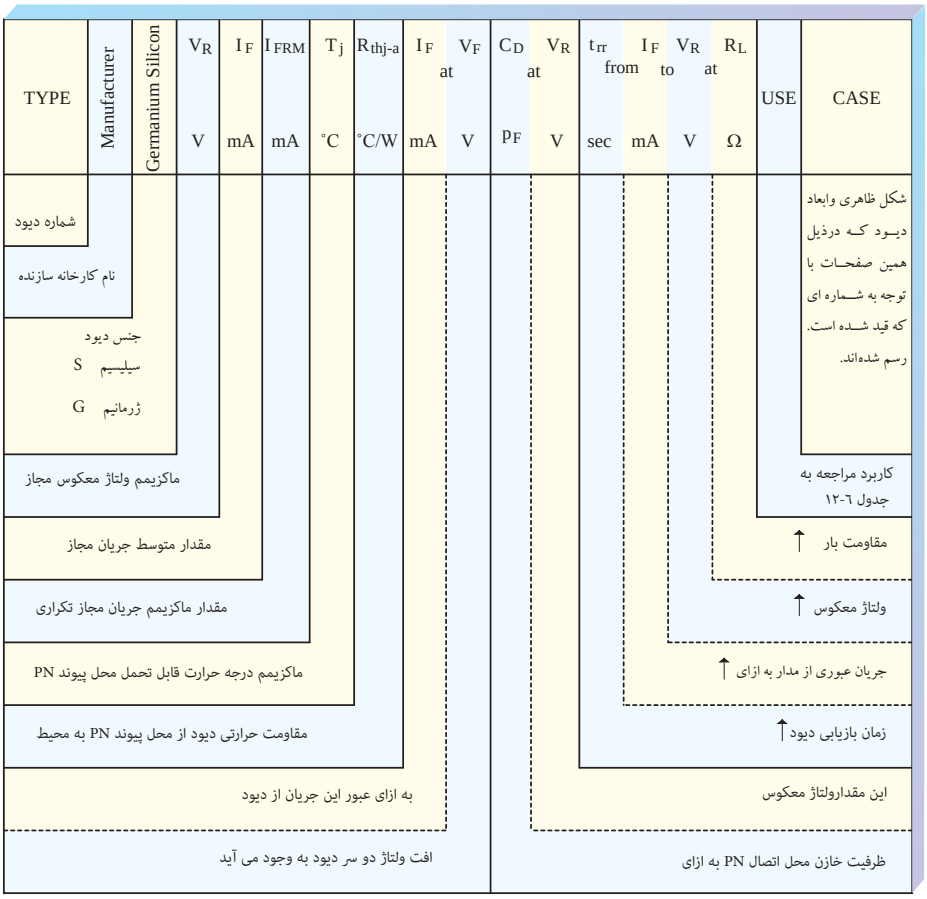
کتاب‌های مختلفی در زمینه‌ی ارائه‌ی مشخصات دیودها چاپ شده است. این کتاب‌ها در بازار به فراوانی یافت می‌شوند. با توجه به شماره‌ی دیود و مراجعه به کتاب می‌توانید اطلاعات مربوط به دیود را به دست آورید. در جدول ۵–۱۲ یک نمونه از این جدول مشخصات دیودها آمده است.

در این مرحله هنر جو باید بتواند با داشتن شماره‌ی دیود، با استفاده از کتاب اطلاعات مشخصه‌های دیود (Data book)، تعدادی دیود در اختیار بگیرد و مشخصات مربوط به جنس دیود، ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز، ولتاژ معکوس شکست، حداکثر جریان مستقیم و ..... را استخراج کند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول ۵-۱۲



جدول ۶-۱۲

شرح	کاربرد ستون use در جدول ۵ –۱۲
آشکار کننده ی نسبی (FM)	1
کاربرد در مدارات لاجیک	2
آشکار کننده ی ویدئو	3
تثبیت کننده	4
کاربرد در سوئیچ (کلید)	5
کاربرد در سیگنال های ضعیف	6
کاربرد در سوئیچ با سرعت زیاد	7
یک سو کننده ی معمولی	8
ولتاژ زیاد	9
کاربرد درتلویزیون	10
کاربرد درفرکانس های زیاد	11

CarGeek.Live

CarGeek.Live

استفاده از برگه‌ی داده‌ها (اطلاعات)

پارامترهـای مختلفـی در برگه‌ی اطلاعـات دیود آورده می‌شـود که می‌توان در طراحی ها از آنها اسـتفاده نمود. در ایـن بخش، پارامترهای مهمی که اسـتفاده عملی دارند مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱-۶-۱۲ حداکثر جریان مستقیم

یکی از مشـخصه‌های مجـاز دیود، متوسـط جریان قابل تحمل دیود اسـت کـه در برگه‌ی اطلاعات بـه صورت زیر مشخص می کنند. Average Rectified Forward current

ایـن جریان رابا I_O نشـان می‌دهند. مثـلا دیود ۱N۴۰۰۱ متوسـط جریانی کـه می تواند تحمل کند ۱Aاسـت. جریان عبـوری از این قطعـه نباید از ۱A بیش‌تر شـود. در طراحی‌ها بهتر اسـت ضریب اطمینانی را در نظر بگیریم. مثلاً برای دیود ۱N۴۰۰۱، جریان عبوری از دیود ۵۰ درصد جریان ماکزیمم یعنی نیم آمپر پیش‌بینی می کنیم.

بـا درنظرگرفتن ضریب اطمینان مناسـب، احتمال خرابی قطعات کاهش می‌یابد .

۲-۶-۱۲ افت ولتاژ مستقیم (Forward Voltage Drop)

ایـن پارامتر حداکثر افت ولتـاژ لحظه ای دیود در حالت موافق است. مثلاً اگر از ۱N۴۰۰۱ جریان ۱Aدر دمای اتصال $25^{\circ}C$ عبور کند، در دوسر آن ولتاژی برابر با ۰/۹ تا ۱/۱ ولت افت می کند.

۳-۶-۱۲ ولتاژ معکوس شکست

(Reverse Breakdown Voltage)

سه پارامتر برای ولتاژ معکوس شکست در کتاب اطلاعات نوشته می‌شود.

الف) V_{RRM} ولتا ژ معکوسـی اسـت به صـورت متناوب می‌توان به دیود اعمال کرد.

ب) V_{RWM} ولتاژ معکوس قابل تحمل در شرایط کار عادی

ج) V_Rحداکثر ولتاژ dc اسـت کـه در حالتی که دیود در بایاس مخالف قرار دارد، می‌تواند تحمل کند.

اگر ولتـاژ معکوس دوسـر دیـود، از مقادیـر حدی که کارخانه سـازنده‌ی آن اعلام می کند بیش‌تر شـود، دیود در ناحیه‌ی شکسـت قرار می‌گیرد و آسـیب می‌بیند. برای دیود ۱N۴۰۰۱ مقادیر V_{RRM} و V_{RWM} و V_R برابر ۵۰ ولت است.

۴-۶-۱۲ حداکثر جریان معکوس

(Reverse Current Maximum)

یکی دیگر از مشخصات الکتریکی که در برگه‌ی اطلاعات آورده می‌شـود حداکثر جریان معکوس است که آن را با I_R مشـخص می کنند. این جریان در حالتی اندازه‌گیری می‌شود که ولتاژDC معکوس اعمال شـده به دیـود برابر با حداکثر مقدار مجاز باشد. مثلا برای دیود ۱N۴۰۰۱ که حداکثر ولتاژ معکوس آن(۵۰V) در دمای $25^{o}C$ است، جریان I_R درحالت معمـول برابر $1\mu A$ وحداکثر $10\mu A$ اسـت. اگر دمای محل پیوند T_j به ۱۰۰ درجه سانتی گراد برسد در این شرایط جریان معکوس به $50\mu A$ می‌رسد.

برای دسـت یابی بـه اطلاعات فوق بایـد به کتاب اطلاعـات Data book مراجعـه کنید. به خاطر سـپردن اعداد هیچ ضرورتی ندارد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

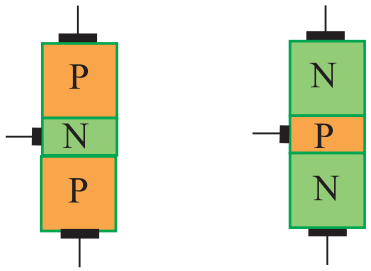
۱۲-۷ ســـاختمان وطرز کار ترانزیستور معمولی (BJT)

یک ترانزیســتور معمولی، از سه قطعه نیمه هادی نوع Pو N تشکیل شده است. نحوه‌ی قرار گرفتن نیمه هادی‌های نوع PوN در کنــار یکدیگر به دوصورت زیر می‌تواند باشــد. هر دو نوع ترانزیستور در عمل ساخته می‌شوند.

الف :یک قطعه نیمه هادی نوعN در وسط و دو قطعه نیمه هادی نوع Pدر دوطرف آن

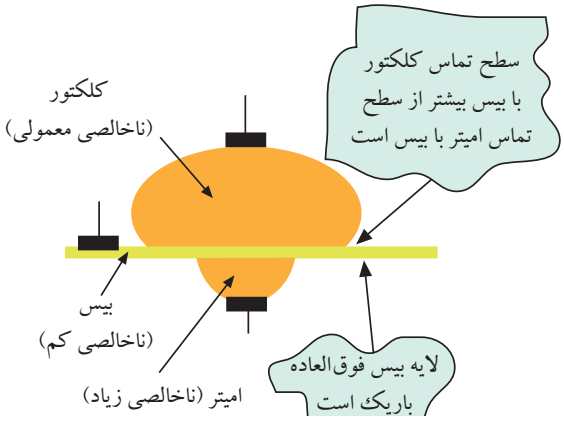
ب : یک قطعه نیمه هادی نوعP در وســط و دو قطعه نیمه هادی نوع Nدر دوطرف آن

در شکل ۱۲-۴۲ ســاختمان داخلی هر دونوع ترانزیستور نشان داده شده است.



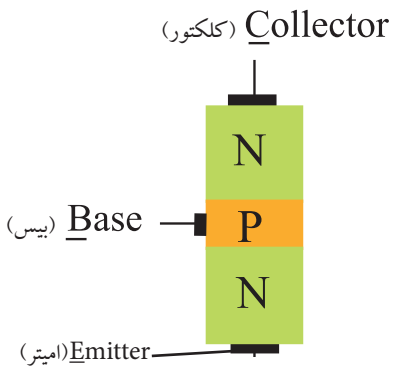
شکل ۱۲-۴۲- نحوه‌ی قرار گرفتن نیمه هادی های نوع NوP در ترانزیستور

ترانزیســتوری کــه از دو قطعــه نیمه هادی نــوع Pویک قطعه نیمه هادی نوع N ساخته شــده باشد ترانزیستور PNP و ترانزیســتوری کــه دو قطعه نیمه هــادی نوعNویک قطعه نیمه هادی نوع P دارد،ترانزیســتور NPN نامیده می شــود. پایه‌های ترانزیســتور را امیتر ، بیس و کلکتور می‌نامند. از نظر ناخالصی، لایه‌ی امیتر بیشترین ناخالصی ولایه‌ی بیس کمترین ناخالصی را دارد.از نظر ابعاد فیزیکی کلکتور دارای بیشــترین ابعاد ولایه‌ی بیس کمترین ابعاد را دارد. در شکل ۱۲-۴۳ ابعاد تقریبی یک ترانزیستور معمولی نشان داده شده است.



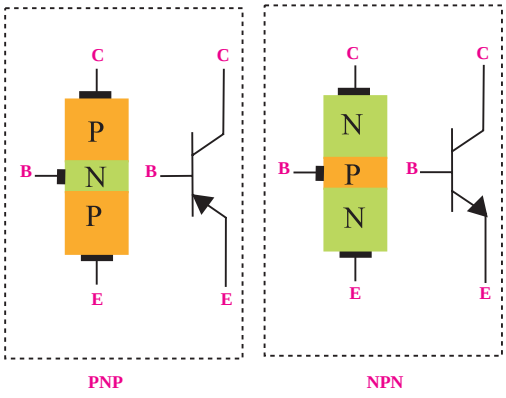
شکل ۱۲-۴۳-مقایسه‌ی ابعاد تقریبی یک ترانزیستور معمولی

پایه‌ی کلکتور را با حرف C، پایه‌ی بیس را باحرف B و پایه‌ی امیتر را باحرف Eنشان می‌دهند، شکل ۱۲-۴۴.



شکل ۱۲-۴۴- نام پایه‌های ترانزیستور

در شــکل ۱۲-۴۵، علامت هــای قرار دادی ترانزیســتور PNPوNPN نشان داده شده است.

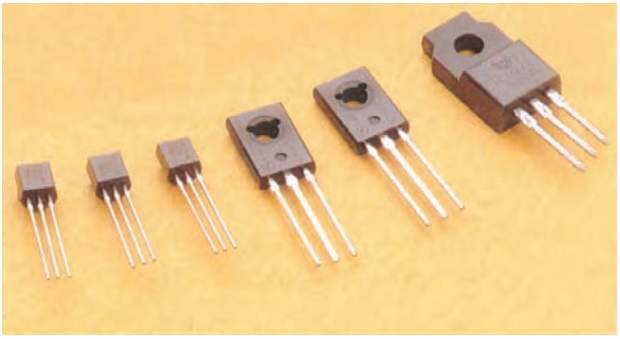


شکل ۱۲-۴۵-علامت قرار دادی ترانزیستورهای NPNوPNP

CarGeek.Live

CarGeek.Live

در شـکل ۴۶-۱۲، نمونه‌هایـی از انواع ترانزیسـتور ها را مشاهده می کنید.



شکل ۴۶-۱۲- نمونه هایی از انواع ترانزیستور

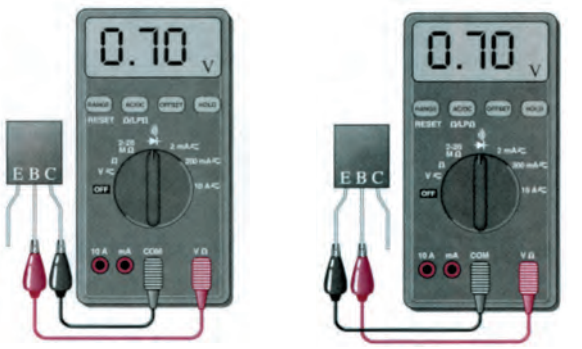
۱۲-۸ تعیین پایه‌ها ونوع ترانزیستور توسط مولتی‌متر دیجیتالی

از مولتی‌متـر دیجیتالی نیـز می‌توان برای تسـت صحت ترانزیسـتور وتعییـن پایه‌هـا ونوع آن اسـتفاده نمـود. اغلب مولتی‌مترهای دیجیتالی وضعیت تست دیود دارند. مانند حالت آزمایـش دیود، وقتی دیود بیـس - امیتر یا دیـود بیس -کلکتور در بایـاس موافـق قرار می گیرنـد، ولتاژ بایـاس موافق روی صفحـه‌ی نمایش نشـان داده خواهد شـد. ایـن ولتاژ حدود ۰/۵ تـا ۰/۷ ولت اسـت. اگر دیـود بیس امیتر یـا دیود بیس کلکتوردر بایـاس مخالف قرار گیرد ، ولتـاژ بایاس مخالف دو سـر دیود (حـدود ۱/۵ تا۳ ولـت) روی صفحه‌ی نمایش مولتی‌متر نشان داده خواهد شد.

۱۲-۸-۱ تعیین پایه‌ی بیس ترانزیستور

مولتی‌متـر دیجیتالـی را روی حالت آزمایـش دیود قرار می‌دهیـم. بااتصال پـروب مولتی‌متر به پایه‌هـا، پایه‌ای را پیدا می کنیم که نسبت به پایه های دیگر در ولتاژ موافق قرار گرفته باشد. در صورت سالم بودن ترانزیستور ، این پایه بیس است.

شـکل ۴۷-۱۲ الف،ب پایـه ی بیس را که نسـبت به دو پایه‌ی دیگر در بایاس موافق قرار دارد، نشان می‌دهد.



الف –پیوند بیس امیتر در بایاس موافق

ب– پیوند بیس کلکتور در بایاس موافق

شکل۴۷-۱۲

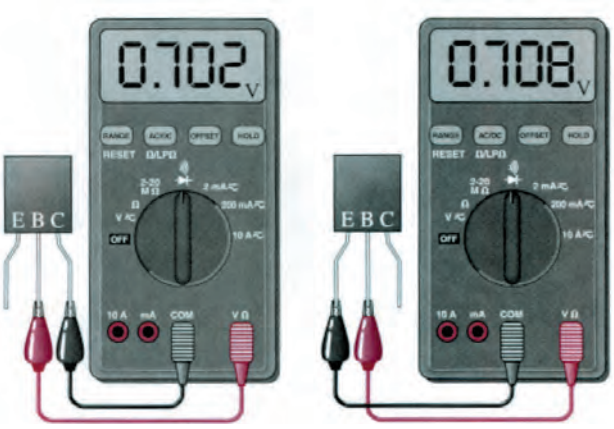
با اسـتفاده از این آزمایش نوع ترانزیستور را نیز می‌توانید مشـخص کنید. در صورتی کـه درحالت ولتـاژ موافق برای دیودهـای بیس امیتر و بیـس کلکتور، ترمینـال مثبت مولتی متر به بیس متصل باشـد (شـکل ۴۷-۱۲)، ترانزیستور از نوع NPN و اگـر ترمینال منفی مولتی‌متر بـه پایه‌ی بیس متصل باشد، ترانزیستور از نوع PNP است.

۱۲-۸-۲ تعیین پایه های کلکتور وامیتر :

می‌دانیم سطح تماس کلکتور به بیس از سطح تماس امیتر به بیس بیش‌تر اسـت. بنابراین محل پیوند کلکتور به بیس در ولتـاژ موافق در مقایسـه با پیوند امیتر بیـس مقاومت کم‌تری دارد. در حالـت بایـاس موافق، ولتاژ بیـس کلکتور را کمی کمتر از ولتاژ بیس امیتر نشـان می‌دهد. تفاوت ولتاژ ها بسـیار کم ودر حدود هزارم ولت اسـت. شـکل ۴۸-۱۲ الف و ب ولتاژ موافق کلکتـور بیس را کم تر از ولتاژ موافق امیتر بیس نشان می‌دهد.

CarGeek.Live

CarGeek.Live



ب الف

شکل ۴۸-۱۲

به ایـن ترتیب پایـه‌ای کـه دارای ولتاژ موافـق کم‌تری اسـت کلکتور و پایـه‌ای که ولتاژ موافق بیشـتری دارد، امیتر است.

۳-۸-۱۲ ترانزیستور معیوب

ترانزیسـتور زمانی سـالم اسـت که بین بیس امیتر و بیس کلکتـور در یک جهت ولتاژ موافق ودر جهـت دیگر تقریباً حالت باز را نشـان دهد . برخی مولتی‌مترهای دیجیتالی حالت بـاز را با حـرف OL که اول کلمات Open Load اسـت نشان می‌دهند. برخی دیگر افت ولتاژ دوسر دیود را که توسط مولتی‌متر به دو سر آن داده می‌شود، نشان می‌دهند، این ولتاژ معمولاً از ۱/۵ تا۳ ولت است.

شکل ۴۹-۱۲ ترانزیستور معیوب (قطع) را نشان می‌دهد.

شکل ۴۹-۱۲ ترانزیستور معیوب (قطع)

اگر ترانزیستور معیوب اتصال کوتاه شده باشد ، در تست دیود بیس امیتر یا بیس کلکتور، مولتی متر ولتاژ صفر ولت را مطابق شکل ۵۰-۱۲ نشان می‌دهد.

شکل ۵۰-۱۲ ترانزیستور معیوب (اتصال کوتاه)

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۹-۱۲ آزمایش شماره (۲):

تشخیص پایه‌های ترانزیستور

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۹-۱۲ هدف آزمایش:

تشخیص نوع PNP یا NPN ترانزیستور ومشخص کردن پایه‌ها با استفاده از مولتی متر دیجیتالی.

۲-۹-۱۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	ترانزیستور NPN	یک عدد
۳	ترانزیستور PNP	یک عدد
۴	سیم رابط یک سر گیره سوسماری	چهار رشته

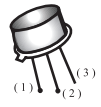
۳-۹-۱۲ مراحل اجرای آزمایش :

■ یک عدد ترانزیستور NPN ویک عدد ترانزیستور PNP را انتخاب کنید.

■ شکل ظاهری این دو ترانزیستور را در جدول ۶-۱۲ رسم کنید.

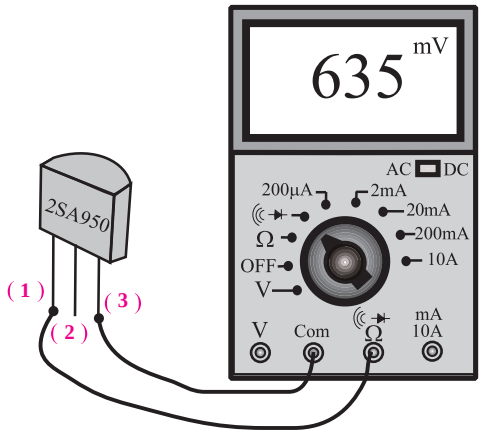
■ پایه‌های این دو ترانزیستور را به دلخواه شماره گذاری کنید.

جدول ۶-۱۲

ردیف	شماره ترانزیستور	شکل ظاهری
۱	BC۱۴۰	
۲		
۳		

■ کلید سلکتور مولتی متر دیجیتالی را روی حالت ⋙ قرار دهید.

■ ترانزیستوررا مطابق شکل ۵۱-۱۲ به مولتی متر اتصال دهید.



شکل ۵۱-۱۲ مدار آزمایش هنگام اندازه‌گیری $V_{۱۳}$

■ مراقب باشید هنگام اندازه‌گیری ولتاژ دست‌های شما با قسمت فلزی پروب تماس نداشته باشد.

■ ولتاژ های خواسته شده را هنگام اتصال ترانزیستور به مولتی متر، از روی صفحه نمایش مولتی متر بخوانید و در جدول ۷-۱۲ یادداشت کنید.

■ مقادیر ولتاژ هارا تا ۳ رقم اعشار بنویسید.

جدول ۷-۱۲

	شماره ترانزیستور
ولت	$V_{۱۲}$=
ولت	$V_{۱۳}$=
ولت	$V_{۲۳}$=
ولت	$V_{۳۲}$=
ولت	$V_{۳۱}$=
ولت	$V_{۲۱}$=

CarGeek.Live

CarGeek.Live

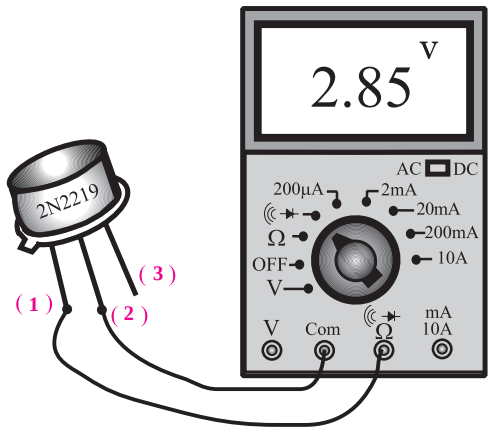
توجه داشته باشید که منظور از ولتاژ $V_{۱۲}$ اختلاف پتانسیل پایه ۱ و پایه ۲ است. به عبارت دیگر باید پایه ۱ را به ترمینال خروجی ⊣((و پایه‌ی ۲ را باید به مشترک یا ترمینال Com وصل کنید. منظور از ولتاژ $V_{۲۱}$ این است که پایه ۲ به ترمینال خروجی ⊣((و پایه های ۱ به پایه مشترک وصل شود .

سؤال ۱: باتوجه به مقادیر ولتاژ به دست آمده بین پایه‌ها نوع ترانزیستور و پایه‌های آن را مشخص کنید.

نوع ترانزیستور ⇒ ☐

پایه ها ⇒ (۱) : ☐ (۲) : ☐ (۳) : ☐

■ ترانزیستور را طبق شکل ۱۲-۵۲ به مولتی‌متر دیجیتالی اتصال دهید .



شکل ۱۲-۵۲ اندازه گیری ولتاژ بین پایه ها

■ ولتاژهای خواسته شده را هنگام اتصال ترانزیستور به مولتی متر از روی صفحه‌ی نمایش مولتی‌متر بخوانید ودر جدول ۸-۱۲ یادداشت کنید.

■ مقادیر ولتاژ را تا سه رقم اعشار بنویسید.

جدول ۸-۱۲

	شماره ترانزیستور
ولت	$V_{۱۲}$=
ولت	$V_{۱۳}$=
ولت	$V_{۲۳}$=
ولت	$V_{۳۱}$=
ولت	$V_{۳۲}$=

سؤال ۲: بـا توجه به مقادیر بدست آمده برای ولتاژ بین پایه‌ها، نوع ترانزیستور و پایه‌های آن را مشخص کنید. جدول ۸-۱۲

نوع ترانزیستور ⇒ ☐

پایه ها ⇒ (۱) : ☐ (۲) : ☐ (۳) : ☐

■ در صورت امکان ، دوعدد ترانزیستور معیوب را در اختیار بگیرید و نوع عیب آن ها را توسط مولتی‌متر مشخص نموده ویادداشت کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

نکته :

پایه‌های کلکتور و امیتر در هیچ جهتی از خود جریان قابل ملاحظه‌ای عبور نمی‌دهند. بنابراین دریک ترانزیستور، ابتدا دو پایه‌ای را که در هیچ جهتی از خود جریان عبور نمی‌دهند تشخیص می‌دهیم . این دو پایه یکی کلکتور و دیگری امیتر است و پایه‌ی سوم نیز با فرض سالم بودن ترانزیستور قطعاً بیس است.

۴-۹-۱۲ نتایج آزمایش :

آن چه در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

۱۰-۱۲ آزمایش شماره (۳)

زمان اجرا : ۲ ساعت آموزشی

۱-۱۰-۱۲ هدف آزمایش :

استخراج مشخصه‌های دیود با استفاده از کتاب اطلاعات مشخصه‌های دیود

۲-۱۰-۱۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	دیود ۱N۴۱۴۸	یک عدد
۲	دیود ۱N۴۰۰۱	یک عدد
۳	دیود ۱N۴۰۰۷	یک عدد
۴	دیودهای موجود در کارگاه	از هر یک ، یک عدد
۵	کتاب مشخصه های دیود	یک جلد

۳-۱۰-۱۲ مراحل اجرای آزمایش :

- یک دیود را در اختیار بگیرید.
- با استفاده از کتاب اطلاعات (Data book) مشخصه‌های دیودها را استخراج کنید و در جدول ۹-۱۲ یادداشت کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

جدول ۹-۱۲

TYPE	Manufacturer	Germanium Silicon	V_R V	I_F mA	I_{FRM} mA	T_j °C	R_{thj-a} °C/W	I_F at	V_F	C_D at	V_R	t_{rr} from	I_F to	V_R at	R_L	USE	CASE
								mA	V	pF	V	sec	mA	V	Ω		
1N4148	Ph	S	75	150	450	200		10	1	2	0	4n	10	6	100	7	27

شماره دیود

نام کارخانه سازنده

جنس دیود
سیلیسیم S
ژرمانیم G

ماکزیمم ولتاژ معکوس مجاز

مقدار متوسط جریان مجاز

مقدار ماکزیمم جریان مجاز تکراری

ماکزیمم درجه حرارت قابل تحمل محل پیوند PN

مقاومت حرارتی دیود از محل پیوند PN به محیط

به ازای عبور این جریان از دیود

افت ولتاژ دو سر دیود به وجود می آید

ظرفیت خازن محل اتصال PN به ازای

این مقدارولتاژ معکوس

زمان بازیابی دیود

جریان عبوری از مدار به ازای

ولتاژمعکوس

مقاومت بار

کاربرد مراجعه به جدول ۶-۱۲

شکل ظاهری وابعاد دیود که درذیل همین صفحات با توجه به شماره ای که قید شده است، رسم شده‌اند.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

آزمون پایانی فصل (۱۲)

۱-شرط هدایت یک دیود زنر کدام است؟

الف) ولتاژ کاتد به اندازه‌ی V_z از آند بیش‌تر باشد.

ب) ولتاژ آند به اندازه‌ی V_z از کاتد بیش‌تر باشد.

ج) جریان در مدار حداکثر به اندازه ۱۰mA باشد.

د) ولتاژ آند به اندازه‌ی ۰/۶ ولت از کاتد بیشتر باشد.

۲- شکل ۱۲-۵۳ نماد کدام نوع دیود است؟

الف) LED ❐ ب) خازنی ❐

ج) اتصال نقطه ای ❐ د) زنر ❐

شکل ۱۲-۵۳

۳-یک دیود زنر ۱۰ ولتی با توان ۰/۵ وات حداکثر چند میلی‌آمپر را می‌تواند تحمل کند؟

الف)۵ ❐ ب) ۵۰ ❐

ج)۱۰۰ ❐ د)۲۰۰ ❐

۴-در مدارهای مختلف، دیود زنر در بایاس ..... و دیود نور دهنده (LED) در بایاس ..... به کار می‌رود.

الف) مستقیم - معکوس ❐

ب) معکوس - مستقیم ❐

ج) معکوس- معکوس ❐

د) مستقیم - مستقیم ❐

۵- در دیود ..... با تغییر ولتاژ معکوس دو سر آن ، ظرفیت خازنی آن تغییر می کند.

الف) اتصال نقطه‌ای ❐ ب) شاتکی ❐

ج) خازنی ❐ د) وریستور ❐

۶-به علت قابلیت هدایت الکتریکی زیاد فلز ، زمان تاخیر در دیود ..... بسیار کم است.

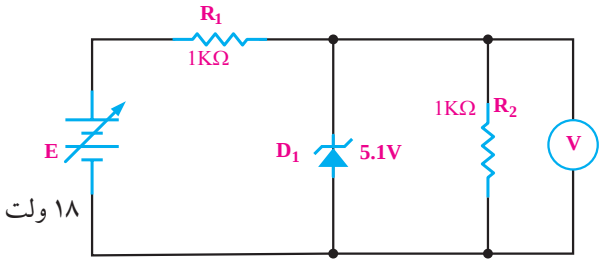
۷- دیود تونلی دارای خاصیت مقاومت منفی است.

صحیح ❐ غلط ❐

۸- ولتاژ V_{RRM}، ولتاژ معکوسی است که به صورت متناوب می‌توان به دیود اعمال کرد.

صحیح ❐ غلط ❐

۹- ولتاژ خروجی مدار شکل ۱۲-۵۴ چند ولت است ؟



شکل ۱۲-۵۴

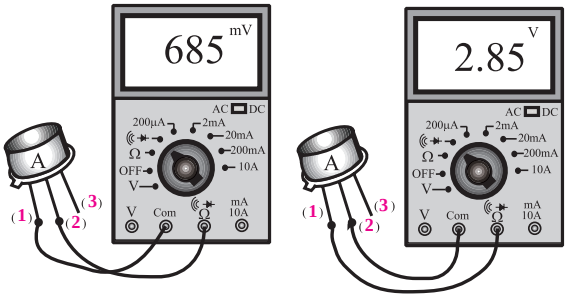
الف) ۸ ❐ ب) ۱۳/۱ ❐

ج) ۳/۱ ❐ د) ۵/۱ ❐

۱۰- درشکل ۱۲-۵۵ نوع ترانزیستور A کدام است ؟

الف) PNP ب) NPN

ج - با این دو آزمایش نمی‌توان تشخیص داد.



شکل ۱۲-۵۵

CarGeek.Live

CarGeek.Live

۱۱- منحنی مشخصه‌ی "ولت – آمپر" دیود زنر را رسم کنید.

۱۲- توان دیود زنری ۱۰ وات و ولتاژ شکست دو سر آن ۱۰ ولت می‌باشد ، جریان ماکزیمم مجاز دیود زنر چند میلی‌آمپر است؟

۱۳- مداری رسم کنید که توسط آن بتوانید نور سبز تولید کنید.

۱۴- عملکرد زوج نوری یا اپتو کوپلر را با رسم شکل شرح دهید.

۱۵- چگونگی تعیین پایه‌های کلکتور و امیتریک ترانزیستور را شرح دهید.

۱۶ - یک دیود در اختیار بگیرید و با استفاده از کتاب اطلاعات و مشخصه‌ی دیود (Data book) مشخصه‌های مهم دیود را استخراج کنید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

محتوای کتاب « الکترونیک پایه » و کتاب « مدارهای پایه در الکترونیک » اســتانداردهای مهارتی الکترونیک کار صنعتی ۵۲/۵۳/۱/۵ – ۸،تعمیر کار رادیو ضبط صوت ۵۴/۲۵/۱/۴–۸ را به طور کامل پوشش می دهد.

از آن‌جا که استانداردهای مهارتی تعمیر کار ابزار دقیق ۴۲/۳۲/۱/۲ –۸، تعمیرکار ماشین حساب ۵۴/۴۹/۱/۳ – ۸،طراح و تحلیلگر مدارات دیجیتال ۳۲/۹۰/۱/۳ – ۰ ، تعمیر دســتگاه‌های پزشکی بیمارستانی ۵۲/۳۲/۱/۲ – ۸ محتوای کم‌تری در مقایسه با دو اســتاندارد ذکر شــده دارند، هنگام تدریس مباحث الکترونیک عمومی به توانایی‌های مندرج در استاندارد مورد تدریس توجه کنید و مباحث اضافی بیان شده در این دو جلد کتاب را حذف نمائید.

CarGeek.Live

CarGeek.Live

فهرست منابع و مآخذ

۱-	مدارهای الکتریکی	۴۸۷/۸	علی عراقی و فریدون علومی
۲-	مقاومت سلف خازن در جریان متناوب	۶۰۵/۵	فتح‌اله نظریان
۳-	مقاومت سلف خازن در جریان مستقیم	۶۰۵/۴	فتح‌اله نظریان
۴-	مبانی الکتریسیته	۶۰۴/۷	شهرام خدادادی
۵-	الکترونیک کاربردی	۴۸۸/۳	شهرام نصیری سوادکوهی
۶-	ابزار مقدماتی	۶۰۵/۳	فتح‌اله نظریان
۷-	کارگاه الکترونیک عمومی	۴۸۸/۷	سید محمود صموتی- شهرام نصیری سوادکوهی - یداله رضازاده و غلامحسین نصری
۸-	الکترونیک عمومی (۱)	۳۵۹/۴۲	سید محمود صموتی- شهرام نصیری سوادکوهی - ابوالقاسم جاریانی - فتح اله نظریان و محمود همتایی
۹-	مبانی برق	۳۵۸/۱۸	فریدون قیطرانی و دیگران
۱۰-	اصول الکترونیک (۱)	مجتمع فنی تهران	سعید خرازی‌زاده
۱۱-	دیود و ترانزیستور	۶۰۵/۶	فتح اله نظریان
۱۲-	آزمایشگاه مبانی مخابرات و رادیو	۴۷۲/۱	یداله رضازاده - سید محمود صموتی - شهرام نصیری سوادکوهی و محمود شبانی

CarGeek.Live