پردیس فرزانگان دانشگاه سمنان

دستورکار آزمایشگاه

مبانی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

تهیه وتنظیم

فاطمه دارائی

فهرست مطالب

مقدمه	ایمنی در آزمایشگاه و آشنایی با تجهیزات
آزمایش اول	آشنایی با مولتی‌متر، مقاومت‌ها و بردبورد، مفاهیم KCL و KVL
آزمایش دوم	تقسیم جریان و تقسیم پتانسیل
آزمایش سوم	بررسی شارژ و دشارژ خازن و اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RC
آزمایش چهارم	بررسی شارژ و دشارژ سلف و اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RL
آزمایش پنجم	آشنایی با مدارات دیودی و بررسی مدارات برش
آزمایش ششم	آشنایی با ترانزیستورهای BJT
آزمایش هفتم	منطق مقاومت و دیود
آزمایش هشتم	منطق NMOS

مقدمه

درس آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و الکترونیکی با هدف آشنایی عملی دانشجویان با مفاهیم و اصول مطرح‌شده در دروس مدارهای الکتریکی و همچنین کسب مهارت در استفاده از تجهیزات و ابزارهای اندازه‌گیری طراحی شده است. در این آزمایشگاه، دانشجویان ضمن پیاده‌سازی مدارهای مختلف، نحوه اندازه‌گیری و تحلیل کمیت‌های الکتریکی و مقایسه نتایج عملی با مبانی نظری را فرا می‌گیرند.

هر آزمایش شامل بخش‌های هدف آزمایش، مبانی نظری، تجهیزات و قطعات موردنیاز، مراحل انجام آزمایش و ثبت و تحلیل نتایج است. دانشجویان موظف‌اند پیش از حضور در هر جلسه، مبانی نظری و مراحل انجام آزمایش مربوطه را مطالعه کرده و آمادگی لازم برای اجرای آن را داشته باشند.

رعایت اصول ایمنی، استفاده صحیح از تجهیزات، حفظ نظم آزمایشگاه و دقت در انجام اندازه‌گیری‌ها از الزامات این درس است.

نکات و مقررات ایمنی آزمایشگاه

کار با مدارها و تجهیزات الکتریکی در صورت استفاده نادرست می‌تواند موجب آسیب به افراد، قطعات و دستگاه‌های آزمایشگاهی شود. بنابراین رعایت اصول ایمنی در تمام مراحل انجام آزمایش ضروری است. همان‌طور که در دستورکار مرجع نیز تأکید شده است، **ایمنی و سلامت افراد بر انجام آزمایش اولویت دارد.**

دانشجویان هنگام انجام آزمایش باید نکات زیر را رعایت کنند:

۱. **پیش از شروع آزمایش، مدار و تجهیزات مورد استفاده را بررسی کنید.** هرگونه خرابی، آسیب‌دیدگی سیم‌ها، اتصالات نامناسب یا عملکرد غیرعادی تجهیزات باید به استاد یا مسئول آزمایشگاه اطلاع داده شود.

۲. **منبع تغذیه باید آخرین قسمت متصل‌شده به مدار و اولین قسمت قطع‌شده از مدار باشد .**هرگونه تغییر در مدار، تعویض قطعات یا اصلاح اتصالات باید در حالت خاموش بودن منبع تغذیه انجام شود.

۳. پیش از روشن کردن منبع تغذیه، از **صحت اتصالات مدار و نبود اتصال کوتاه** اطمینان حاصل کنید.

۴. هنگام استفاده از منبع تغذیهDC ، پیش از اتصال آن به مدار، مقدار ولتاژ و محدودیت جریان خروجی را متناسب با مدار تنظیم کنید.

۵. هنگام اندازه‌گیری جریان، آمپرمتر باید به‌صورت **سری** و هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر باید به‌صورت **موازی** با بخش موردنظر مدار متصل شود. اتصال نادرست مولتی‌متر می‌تواند موجب آسیب به دستگاه یا مدار شود.

۶. هنگام اندازه‌گیری مقاومت با اهم‌متر، مدار نباید تحت ولتاژ باشد.

۷. در استفاده از قطعات دارای پلاریته، به‌ویژه **خازن‌های الکترولیتی و دیودها**، جهت اتصال صحیح قطعه رعایت شود. در فایل مرجع نیز به‌طور خاص بر رعایت پلاریته و حداکثر ولتاژ مجاز خازن‌های الکترولیتی تأکید شده است.

۸. خازن‌ها ممکن است حتی پس از قطع منبع تغذیه برای مدتی دارای بار الکتریکی باشند؛ بنابراین پیش از دست زدن به مدار، از تخلیه مناسب آن‌ها اطمینان حاصل کنید.

۹. از تماس مستقیم با قسمت‌های رسانا و نقاط برقدار مدار خودداری کنید و هنگام کار با مدارهای الکتریکی از اشیای رسانای غیرضروری مانند ساعت با بند فلزی، دستبند، زنجیر و ابزارهای فلزی نامناسب استفاده نکنید.

۱۰. از سیم‌های رابط سالم استفاده کنید و سیم‌ها را به‌گونه‌ای قرار دهید که موجب ایجاد اتصال ناخواسته، کشیده‌شدن تجهیزات یا ایجاد خطر برای سایر افراد نشوند.

۱۱. از جابه‌جایی تجهیزات آزمایشگاه یا استفاده از ابزار و تجهیزاتی که برای آزمایش در نظر گرفته نشده‌اند، بدون هماهنگی با استاد یا مسئول آزمایشگاه خودداری کنید.

۱۲. در صورت مشاهده هرگونه وضعیت غیرعادی مانند **گرم‌شدن بیش از حد قطعات، بوی سوختگی، دود، جرقه یا افزایش غیرعادی جریان**، بلافاصله منبع تغذیه را خاموش کرده و موضوع را به استاد یا مسئول آزمایشگاه اطلاع دهید.

۱۳. در انجام آزمایش عجله نکنید و تغییرات مدار و اندازه‌گیری‌ها را با دقت انجام دهید.

۱۴. پس از پایان آزمایش، ابتدا منابع تغذیه و تجهیزات را خاموش کرده، مدار را جمع‌آوری کنید و میز کار را مرتب تحویل دهید.

تذکر: پیش از روشن کردن مدار برای اولین بار، اتصالات مدار باید توسط دانشجو کنترل شده و در صورت درخواست استاد، پس از تأیید استاد یا مسئول آزمایشگاه منبع تغذیه روشن شود.

آشنایی با تجهیزات و ابزارهای مورد استفاده

برای انجام صحیح آزمایش‌ها، دانشجو باید با تجهیزات اصلی آزمایشگاه و نحوه استفاده از آن‌ها آشنا باشد. فایل دوم شما نیز آشنایی با تجهیزات را به‌عنوان یکی از مقدمات ورود به آزمایش‌های الکترونیک در نظر گرفته است.

در این درس عمدتاً از **مولتی‌متر دیجیتال، منبع تغذیهDC ، مولد سیگنال، اسیلوسکوپ و بردبورد** استفاده خواهد شد.

۱. مولتی‌متر دیجیتال (Digital Multimeter)

مولتی‌متر یکی از پرکاربردترین ابزارهای اندازه‌گیری در آزمایشگاه مدار است و برای اندازه‌گیری کمیت‌هایی مانند **ولتاژ DCوAC ، جریان و مقاومت** مورد استفاده قرار می‌گیرد. در هنگام استفاده از مولتی‌متر باید نوع کمیت مورد اندازه‌گیری، محدوده اندازه‌گیری و محل اتصال پراب‌ها به دستگاه به‌درستی انتخاب شود.

برای اندازه‌گیری **ولتاژ**، مولتی‌متر به‌صورت موازی با دو نقطه موردنظر مدار متصل می‌شود. برای اندازه‌گیری **جریان**، مسیر جریان باز شده و مولتی‌متر به‌صورت سری در مدار قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری **مقاومت** نیز باید تغذیه مدار قطع باشد.

نکته مهم: هرگز در حالی که پراب مولتی‌متر در ورودی مخصوص اندازه‌گیری جریان قرار دارد، دستگاه را مستقیماً به دو سر منبع ولتاژ متصل نکنید.



۲. منبع تغذیه DC (DC Power Supply)

منبع تغذیه DC برای تأمین ولتاژ مستقیم موردنیاز مدار استفاده می‌شود. در فایل مرجع نیز منبع تغذیه آزمایشگاهی به‌عنوان وسیله‌ای برای تولید ولتاژ DC قابل تنظیم معرفی شده است.

پیش از اتصال منبع تغذیه به مدار، مقدار ولتاژ خروجی باید تنظیم شود. همچنین توصیه می‌شود محدودیت جریان دستگاه متناسب با مدار تنظیم شود تا در صورت اتصال اشتباه یا بروز اتصال کوتاه، احتمال آسیب به مدار و قطعات کاهش یابد.

هنگام اتصال منبع تغذیه، رعایت قطب‌های **مثبت(+)** ، **منفی (–)** و در صورت نیاز **زمین (GND)** ضروری است.

۳. مولد سیگنال(Function Generator)

مولد سیگنال دستگاهی است که برای تولید شکل موج‌های مختلف الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فایل مرجع، موج‌های **سینوسی، مربعی، مثلثی و دندانه‌اره‌ای** به‌عنوان نمونه‌هایی از خروجی این دستگاه معرفی شده‌اند و امکان تنظیم فرکانس و دامنه نیز ذکر شده است.





مهم‌ترین پارامترهایی که معمولاً در مولد سیگنال تنظیم می‌شوند عبارت‌اند از:

- **نوع شکل موج (Waveform)**
- **فرکانس (Frequency)**
- **دامنه (Amplitude)**
- **مولفه DC یاOffset** ، در دستگاه‌هایی که این قابلیت را دارند.

هنگام استفاده از مولد سیگنال باید دامنه و فرکانس خروجی متناسب با مدار انتخاب شود و از اتصال کوتاه کردن خروجی دستگاه خودداری گردد.

۴. اسیلوسکوپ(Oscilloscope)

اسیلوسکوپ یکی از مهم‌ترین تجهیزات آزمایشگاه‌های مدار و الکترونیک است که برای **مشاهده شکل موج سیگنال‌های الکتریکی و اندازه‌گیری پارامترهایی مانند دامنه ولتاژ، زمان تناوب، فرکانس و اختلاف فاز** مورد استفاده قرار می‌گیرد. در فایل مرجع همچنین به کاربرد آن برای مشاهده مشخصه ولت–آمپر برخی عناصر نیمه‌هادی اشاره شده است.

سیگنال از طریق **پروب (Probe)** به ورودی اسیلوسکوپ منتقل می‌شود. در پروب‌هایی که دارای حالت‌های ×۱ و ×۱۰ هستند، در حالت ×۱۰ سیگنال ورودی تضعیف می‌شود و این ضریب باید هنگام تعیین مقدار واقعی ولتاژ در نظر گرفته شود.



از مهم‌ترین تنظیماتی که دانشجو در طول آزمایش‌ها با آن‌ها سروکار خواهد داشت می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

VOLTS/DIV: تعیین مقیاس محور عمودی و مقدار ولتاژ متناظر با هر خانه صفحه.

TIME/DIV: تعیین مقیاس محور افقی و زمان متناظر با هر خانه صفحه.

Vertical/Horizontal Position: جابه‌جایی شکل موج در راستای عمودی و افقی.

AC/DC Coupling: در حالتDC ، مؤلفه‌های AC و DC سیگنال نمایش داده می‌شوند، در حالی که در حالت AC مؤلفه DC ورودی حذف می‌شود.

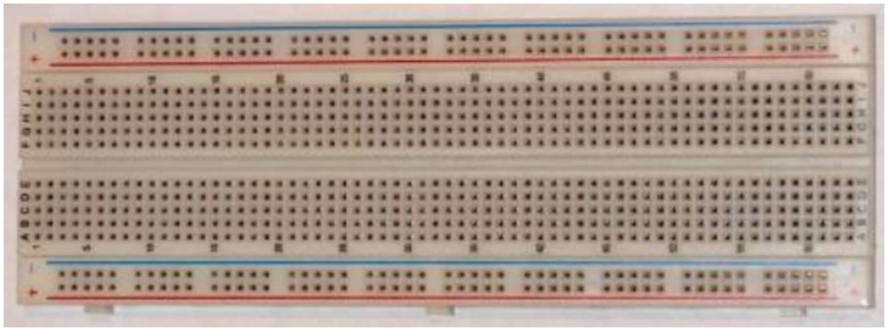
Trigger: برای ایجاد نمایش پایدار شکل موج روی صفحه استفاده می‌شود.

برای اندازه‌گیری یک سیگنال تناوبی می‌توان از تعداد خانه‌های عمودی و مقدار VOLTS/DIV برای محاسبه ولتاژ و از تعداد خانه‌های افقی و مقدار TIME/DIV برای محاسبه زمان تناوب استفاده کرد. سپس فرکانس از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$f = \frac{1}{T}$$

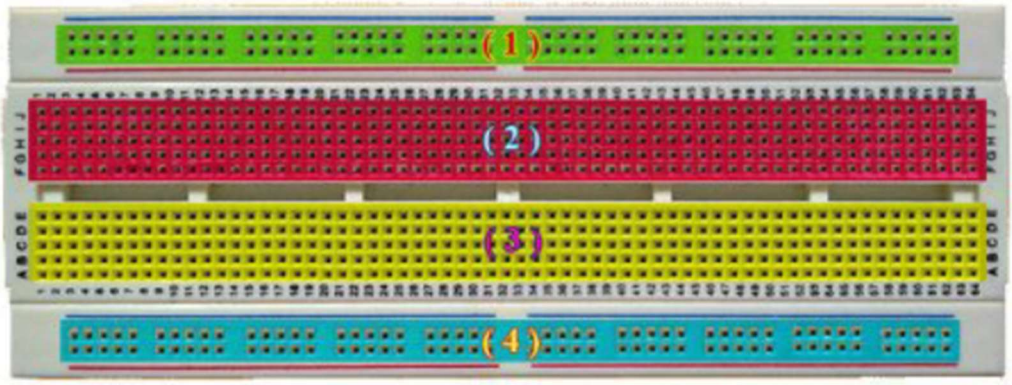
بردبورد (Breadboard)

بردبورد وسیله‌ای برای پیاده‌سازی موقت مدارهای الکتریکی و الکترونیکی بدون نیاز به لحیم‌کاری است. قطعات و سیم‌های رابط در سوراخ‌های بردبورد قرار گرفته و از طریق اتصالات داخلی آن به یکدیگر متصل می‌شوند.



دانشجو باید پیش از پیاده‌سازی مدار، با **نحوه اتصال داخلی ردیف‌ها و خطوط تغذیه بردبورد** آشنا باشد. هنگام بستن مدار نیز بهتر است سیم‌ها تا حد امکان کوتاه و منظم انتخاب شوند تا بررسی مدار و پیدا کردن خطاهای احتمالی آسان‌تر باشد.

همان‌طور که در شکل زیر مشاهده می‌شود، بردبورد دارای سوراخ‌های متعددی است که پایه‌های قطعات الکترونیکی در داخل آن‌ها قرار می‌گیرند. سطح یک بردبورد را می‌توان به چهار قسمت تقسیم کرد که در شکل با اعداد ۱ تا ۴ مشخص شده‌اند.



در **قسمت اول**، سوراخ‌ها در چند ردیف قرار گرفته‌اند و سوراخ‌های هر ردیف از داخل بردبورد به یکدیگر متصل هستند؛ بنابراین اتصالات در این قسمت به‌صورت **افقی** است. این ردیف‌ها معمولاً برای اتصال قطب‌های منبع تغذیه به مدار مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در **قسمت دوم**، سوراخ‌هایی که در هر ستون قرار دارند، از داخل به یکدیگر متصل هستند. در هر ستون پنج سوراخ وجود دارد که همگی دارای اتصال الکتریکی مشترک هستند؛ بنابراین اتصالات این قسمت به‌صورت **عمودی** است.

نحوه اتصال سوراخ‌ها در **قسمت سوم** مشابه قسمت دوم و در **قسمت چهارم** مشابه قسمت اول است.

در هنگام پیاده‌سازی مدار روی بردبورد، توجه به نحوه اتصالات داخلی سوراخ‌ها ضروری است؛ زیرا قرار گرفتن دو پایه در سوراخ‌های مجاور، لزوماً به معنای اتصال الکتریکی آن‌ها به یکدیگر نیست.

نحوه تهیه و تحویل گزارش‌کار

دانشجویان موظف‌اند پس از انجام هر آزمایش، نتایج و تحلیل‌های مربوط به آن را در قالب گزارش‌کار ارائه نمایند. گزارش‌کار باید نشان‌دهنده انجام صحیح آزمایش، ثبت نتایج، انجام محاسبات و تحلیل دانشجو از نتایج به‌دست‌آمده باشد. گزارش هر آزمایش شامل بخش‌های زیر است:

۱. **عنوان و هدف آزمایش:** عنوان آزمایش و هدف یا اهداف اصلی آن به‌صورت مختصر بیان شود.

۲. **مبانی نظری:** روابط و مفاهیم نظری موردنیاز برای انجام و تحلیل آزمایش به‌صورت مختصر نوشته شود. از ارائه توضیحات طولانی و مطالب غیرمرتبط خودداری شود.

۳. **مدار آزمایش:** مدار یا مدارهای مورد استفاده به‌صورت واضح و با مشخص‌کردن مقادیر قطعات رسم شوند.

۴. **محاسبات نظری:** مقادیر مورد انتظار بر اساس روابط نظری، پیش از مقایسه با نتایج عملی محاسبه و ارائه شوند.

۵. **نتایج اندازه‌گیری:** مقادیر به‌دست‌آمده در آزمایش به همراه واحد مناسب، ترجیحاً در قالب جدول ثبت شوند. در صورت نیاز، شکل موج‌های مشاهده‌شده نیز رسم یا ثبت شوند.

۶. **نمودارها:** در آزمایش‌هایی که نیاز به رسم نمودار دارند، محورهای نمودار، نام کمیت‌ها و واحد آن‌ها به‌طور کامل مشخص شوند.

۸. **تحلیل و نتیجه‌گیری:** نتایج آزمایش تفسیر شده و دلایل احتمالی اختلاف میان نتایج نظری و عملی بررسی شود. صرفاً نوشتن عباراتی مانند «آزمایش با موفقیت انجام شد» به‌عنوان نتیجه‌گیری کافی نیست .

۹. **پاسخ به سؤالات:** به تمامی پرسش‌های مطرح‌شده در انتهای هر آزمایش، با استدلال و محاسبات لازم پاسخ داده شود.

نکات مهم: گزارش‌کار باید خوانا، منظم و شامل واحد تمام کمیت‌های اندازه‌گیری‌شده باشد. محاسبات باید به‌اندازه‌ای ارائه شوند که نحوه دستیابی به نتایج مشخص باشد. همچنین داده‌های اندازه‌گیری‌شده در آزمایش نباید برای نزدیک‌شدن به نتایج نظری تغییر داده شوند؛ اختلاف میان نتایج عملی و نظری بخشی از آزمایش است و باید علت احتمالی آن مورد بررسی قرار گیرد.

آزمایش شماره ۱

آشنایی با مولتی‌متر، مقاومت‌ها و بردبورد، مفاهیم KCL و KVL

۱. هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش، آشنایی عملی دانشجویان با مولتی‌متر دیجیتال و نحوه اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی، شناخت مقاومت‌ها و روش تعیین مقدار آن‌ها و همچنین کسب مهارت اولیه در استفاده از بردبورد و پیاده‌سازی مدارهای ساده است.

۲ .تجهیزات و قطعات موردنیاز

مولتی‌متر دیجیتال، بردبورد، سیم رابط و تعدادی مقاومت با مقادیر و تلرانس‌های مختلف.

مقاومت الکتریکی

مقاومت الکتریکی یکی از عناصر اصلی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی است که در برابر عبور جریان الکتریکی مقاومت می‌کند. واحد اندازه‌گیری مقاومت **اهم (Ω)** است.

برای یک مقاومت اهمی، رابطه میان ولتاژ دو سر مقاومت و جریان عبوری از آن مطابق قانون اهم به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$V = RI$$

تلرانس مقاومت

مقدار واقعی یک مقاومت ممکن است دقیقاً برابر با مقدار نامی درج‌شده روی آن نباشد. میزان مجاز اختلاف مقدار واقعی از مقدار نامی توسط **تلرانس (Tolerance)** مشخص می‌شود و معمولاً به‌صورت درصد بیان می‌گردد.

به‌عنوان مثال، اگر مقاومت $1\ k\Omega$ دارای تلرانس 5% باشد، مقدار واقعی آن می‌تواند در محدوده زیر قرار گیرد:

$$950\Omega \leq R \leq 1050\Omega$$

انواع مقاومت

مقاومت‌ها به‌طور کلی می‌توانند به دو گروه اصلی تقسیم شوند:

مقاومت‌های ثابت: مقدار مقاومت آن‌ها در شرایط عادی ثابت است و مقاومت‌های مورد استفاده در بیشتر آزمایش‌های این درس از این نوع هستند.

مقاومت‌های متغیر: مقدار آن‌ها در یک محدوده مشخص قابل تغییر است. پتانسیومتر و رئوستا نمونه‌هایی از مقاومت‌های متغیر هستند.

کد رنگی مقاومت‌ها

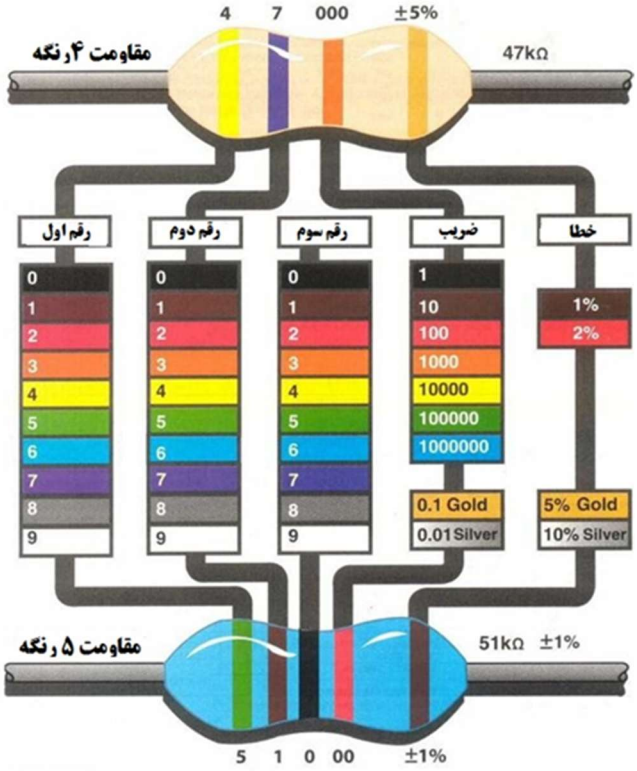
در بسیاری از مقاومت‌ها، مقدار نامی و تلرانس به کمک نوارهای رنگی مشخص می‌شود.

در مقاومت‌های چهارنواره:

- نوار اول: رقم اول
- نوار دوم: رقم دوم
- نوار سوم: ضریب
- نوار چهارم: تلرانس

جدول زیر برای تعیین مقدار مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرد:

رنگ‌ها	اعداد
مشکی	صفر
قهوه‌ای	۱
قرمز	۲
نارنجی	۳
زرد	۴
سبز	۵
آبی	۶
بنفش	۷
خاکستری	۸
سفید	۹

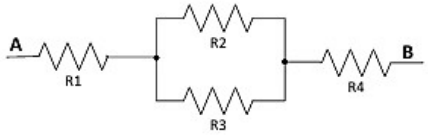


مراحل انجام آزمایش

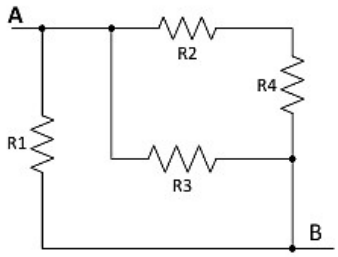
۱- تعدادی مقاومت که توسط استاد در اختیار شما قرار داده می‌شود انتخاب کنید. با استفاده از کد رنگی، مقدار نامی و تلرانس هر مقاومت را تعیین کرده و در جدول زیر وارد کنید. مقدار هر مقاومت را توسط مولتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت کنید. اختلاف بین مقدار نامی و مقدار اندازه‌گیری‌شده را محاسبه کنید.

مقاومت	رنگ اول	رنگ دوم	رنگ سوم	مقدار مقاومت با توجه به رنگ	مقدار اندازه‌گیری شده توسط مولتی متر	درصد خطا (رنگ)	مقدار خطا	Rmax	Rmin
R1									
R2									
R3									
R4									

۲- با استفاده از مقا.مت های دلخواه مدارهای الف و ب را ببینید و به سوالات زیر پاسخ دهید.



(الف)



(ب)

مقاومت کل را از دو سر A و B با استفاده از رنگ‌ها برای هر قسمت به دست آورید.

مقاومت کل را از دو سر A و B توسط مولتی‌متر برای هر قسمت اندازه‌گیری نمایید.

۳- بررسی قانون اهم و قوانین کیرشهف KVL وKCL

هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش، آشنایی عملی با منبع تغذیهDC ، نحوه اندازه‌گیری ولتاژ و جریان توسط مولتی‌متر و بررسی تجربی **قانون اهم، قانون ولتاژ کیرشهف (KVL) و قانون جریان کیرشهف (KCL)** است.

تجهیزات و قطعات موردنیاز

منبع تغذیهDC ، مولتی‌متر دیجیتال، بردبورد، مقاومت‌های موردنیاز و سیم رابط.

منبع تغذیهDC

منبع تغذیه DC برای تأمین ولتاژ مستقیم موردنیاز مدار استفاده می‌شود. منبع تغذیه آزمایشگاهی امکان تنظیم ولتاژ خروجی و در بسیاری از مدل‌ها محدودکردن جریان خروجی را فراهم می‌کند. در فایل شما نیز آزمایش دوم با معرفی منبع تغذیه DC و نحوه تنظیم ولتاژ و جریان آن آغاز شده است.

اندازه‌گیری ولتاژ و جریان

برای اندازه‌گیری **ولتاژ**، مولتی‌متر باید در حالت ولت‌متر قرار گرفته و به‌صورت **موازی** با المان موردنظر متصل شود.

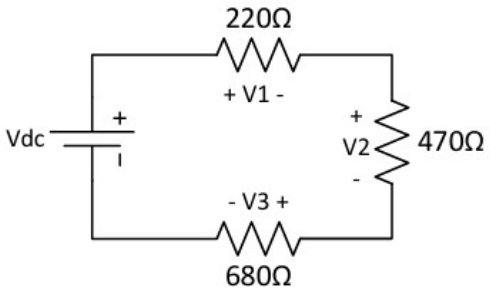
برای اندازه‌گیری **جریان**، مولتی‌متر باید در حالت آمپرمتر قرار گرفته و به‌صورت **سری** در مسیر جریان قرار گیرد.

توجه: اتصال آمپرمتر به‌صورت موازی با منبع ولتاژ می‌تواند موجب عبور جریان زیاد و آسیب به مولتی‌متر شود.

۴- مدار روبه‌رو را بر روی بردبورد ببندید.

جدول زیر را برای $V_{dc} = 5V$ و $V_{dc} = 9V$ تکمیل کنید.

قانون KVL را در هر مورد تحقیق کنید.



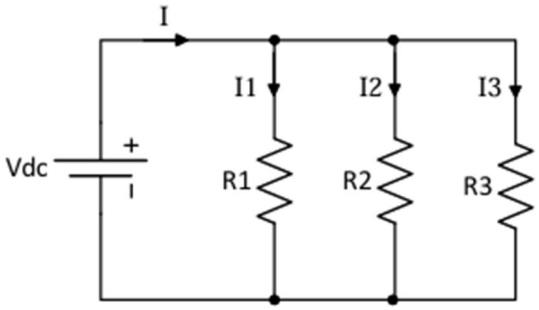
Vdc	V1	V2	V3
5 V			
9 V			

۵- مدار روبه‌رو را بر روی بردبورد ببندید.

$$R_1 = 220\,\Omega, \qquad R_2 = 390\,\Omega, \qquad R_3 = 560\,\Omega$$

جدول زیر را برای ولتاژهای $V_{dc} = 5V$ و $V_{dc} = 9V$ تکمیل کنید.

قانون KCL را در هر مورد تحقیق کنید.



Vdc	I1	I2	I3	I	$\frac{Vdc}{R1}$	$\frac{Vdc}{R2}$	$\frac{Vdc}{R3}$	R_{eq}	$\frac{Vdc}{R_{eq}}$
5 V									
9 V									

برای یک از ولتاژها جریان شاخه‌ها را به‌صورت نظری محاسبه کنید و سپس آن‌ها را با مقادیر اندازه‌گیری‌شده در آزمایش مقایسه نمایید.

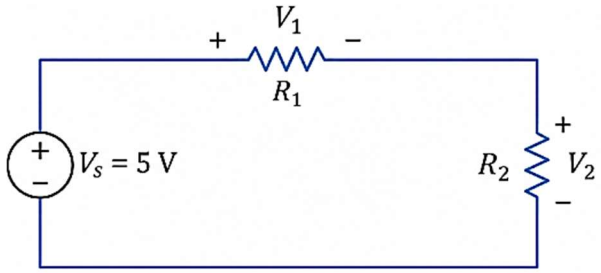
آزمایش دوم: تقسیم ولتاژ و جریان

هدف آزمایش: ارزیابی درستی ویژگی‌های تقسیم ولتاژ و جریان در مدارهای مقاومتی سری و موازی

وسایل مورد نیاز: مقاومت‌های $R1 = 1.8$، $R2 = 3.9$ و $Rs = 1$ کیلواهم، منبع تغذیه ۱۰ ولت و ۵ ولت، مولتی‌متر، بردبورد، سیم رابط.

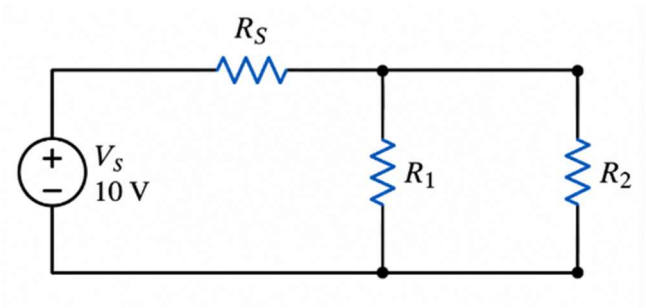
مراحل انجام آزمایش:

۲-۱- تقسیم ولتاژ: مدار زیر را با استفاده از مقاومت‌های مشخص‌شده بسته و منبع تغذیه را به‌ترتیب روی ۱۰ و ۵ ولت تنظیم کنید. با استفاده از مولتی‌متر، مقادیر ولتاژ هر مقاومت را اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس مقادیر اندازه‌گیری‌شده را با مقادیر محاسبه‌شده تطبیق دهید.



ولتاژ منبع V_s	کمیت	مقدار محاسبه‌شده (V)	مقدار اندازه‌گیری‌شده (V)	درصد خطا (%)
5 V	V_1			
5 V	V_2			
10 V	V_1			
10 V	V_2			

۲-۲- تقسیم جریان: مدار زیر را با استفاده از مقاومت‌های مشخص‌شده بسته و منبع تغذیه را به‌ترتیب روی **۱۰ و ۵ ولت** تنظیم کنید. با استفاده از مولتی‌متر، مقادیر جریان هر مقاومت را اندازه‌گیری کرده و در جدول زیر یادداشت کنید. سپس مقادیر اندازه‌گیری‌شده را با مقادیر محاسبه‌شده تطبیق دهید.



ولتاژ منبع V_s	جریان	مقدار محاسبه‌شده (mA)	مقدار اندازه‌گیری‌شده (mA)	درصد خطا (%)
5 V	I_s			
5 V	I_1			
5 V	I_2			
10 V	I_s			
10 V	I_1			
10 V	I_2			

۲-۳- اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

هدف آزمایش: آشنایی با طرز کار سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ

سیگنال ژنراتور: این دستگاه انواع سیگنال‌های سینوسی، مثلثی و مربعی را تولید می‌کند و می‌توان فرکانس مورد نظر را در یک محدوده فرکانسی تنظیم کرد. همچنین قابلیت تنظیم دامنه و ولتاژ Offset را دارد. در ادامه شرح عملکرد مهم‌ترین اجزای سیگنال ژنراتور، آورده شده است:

۱ -کلید روشن و خاموش کردن دستگاه

۲ -دکمه‌های انتخاب محدوده‌های فرکانسی (Range-Hz)

۳ -درجه تنظیم فرکانس ولتاژ تولیدشده

۴ -پیچ (Fine): تنظیمات دقیق فرکانس

۵ -دکمه‌های انتخاب شکل موج: با فشار دادن یکی از این سه دکمه می‌توان یکی از سه شکل موج سینوسی، مربعی و مثلثی را انتخاب کرد.

۶ -پیچ کنترل دامنه (Amplitude) : جهت کنترل دامنه سیگنال خروجی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷ -پیچ کنترل ولتاژ مستقیم (DC Offset) : این پیچ مؤلفه مستقیم و مؤلفه ثابت جمع‌شونده با ولتاژ AC را تعیین می‌کند.

۸ -خروجی سیگنال تولیدشده در این ترمینال خروجی قابل دسترس می‌باشد.

۹ -خروجی TTL : این خروجی دارای یک موج مربعی TTL می‌باشد که فرکانس آن قابل تنظیم و مقدار دامنه ولتاژ آن ثابت می‌باشد.

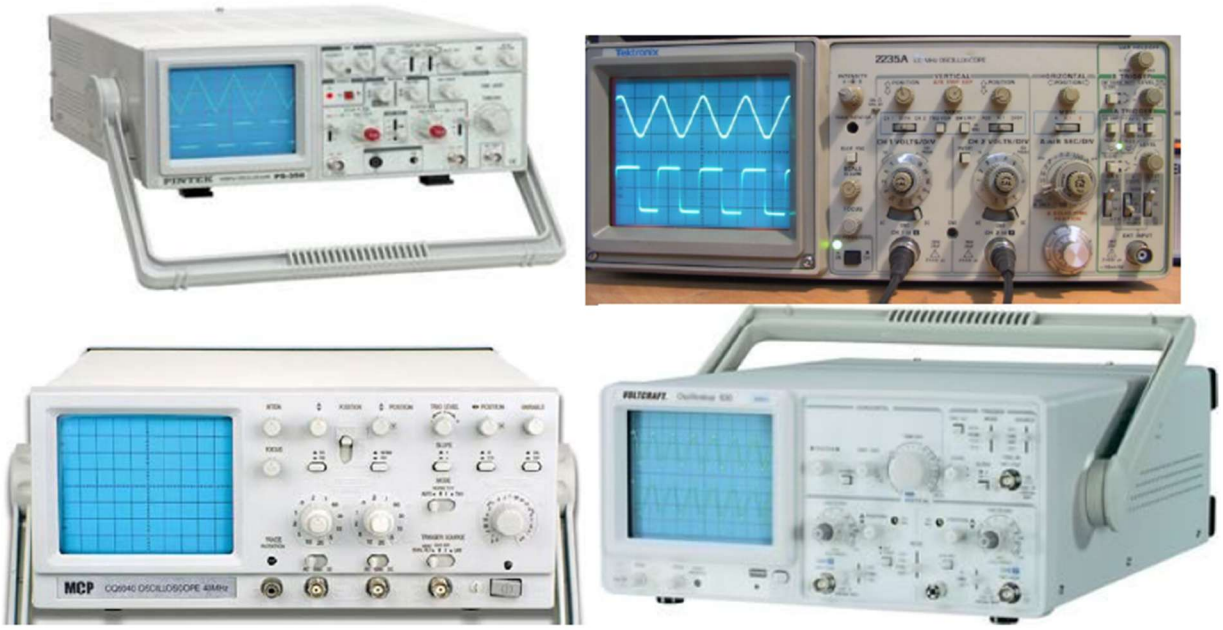
توجه: تمامی سیگنال ژنراتورها دارای چنین اجزایی می‌باشند؛ فقط شکل و نحوه قرارگیری کلیدها شاید متفاوت باشد.



اسیلوسکوپ: اسیلوسکوپ یک دستگاه اندازه‌گیری است که از آن برای مشاهده شکل موج‌ها و اندازه‌گیری ولتاژ، زمان تناوب، اختلاف فاز و همچنین مشاهده منحنی مشخصه ولت–آمپر عناصر نیمه‌هادی مانند دیود و ترانزیستور استفاده می‌شود. اسیلوسکوپ یک ولت‌متر دقیق است، ولی توانایی اندازه‌گیری جریان را به‌طور مستقیم ندارد و برای اندازه‌گیری جریان باید از روش‌های غیرمستقیم مانند قانون اهم استفاده کرد.

یکی از مزایای اسیلوسکوپ این است که برخلاف مولتی‌مترهای معمولی، در فرکانس‌های بالا نیز به‌خوبی کار می‌کند. اندازه‌گیری و مشاهده شکل موج‌ها در اسیلوسکوپ از ولتاژ با فرکانس صفر (DC) شروع و به فرکانس مشخصی ختم می‌شود که معمولاً اسیلوسکوپ را با این فرکانس مشخص می‌کنند. اسیلوسکوپ‌ها در دو نوع آنالوگ و دیجیتال ساخته می‌شوند. اسیلوسکوپ‌ها ممکن است یک‌کاناله یا چندکاناله باشند. اسیلوسکوپ‌های یک‌کاناله در هر لحظه فقط می‌توانند یک سیگنال را روی صفحه نمایش خود نشان دهند؛ اما اسیلوسکوپ‌های چندکاناله می‌توانند چند سیگنال را به‌طور هم‌زمان روی صفحه نمایش خود نشان دهند.

اسیلوسکوپ نمایش‌داده‌شده در شکل زیر، دو نمونه اسیلوسکوپ دوکاناله می‌باشند که هم‌زمان قادر به نمایش دادن دو سیگنال روی صفحه نمایش خود می‌باشند. برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پروب استفاده می‌شود که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم.



پروب (Probe) : برای انتقال سیگنال‌های الکتریکی به اسیلوسکوپ، از پروب استفاده می‌شود. نمونه‌هایی از پروب در شکل زیر نمایش داده شده است. رابط پروب معمولاً از جنس کابل کواکسیال می‌باشد تا میزان نویز به حداقل برسد. نوک پروب به‌صورت گیره‌ای فلزی است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم، نوک آن به‌صورت سوزنی می‌شود که در بعضی مواقع از آن استفاده می‌گردد.

انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌شود، فیش BNC نام دارد. فیش BNC دارای یک شیار مورب است که وقتی آن را به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم و ۹۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم، این قطعه کاملاً به اسیلوسکوپ متصل می‌شود.

همچنین روی پروب کلیدی با دو حالت ×۱ و ×۱۰ وجود دارد که در حالت ×۱، سیگنال بدون هیچ‌گونه تضعیفی از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می‌شود و در حالت ×۱۰، ابتدا سیگنال در داخل پروب ۱۰ برابر تضعیف شده و سپس به اسیلوسکوپ اعمال می‌گردد. باید توجه داشت که اگر از حالت ×۱۰ پروب برای اندازه‌گیری استفاده شود، مقادیر قرائت‌شده دامنه را باید در عدد ۱۰ ضرب کرد تا مقدار واقعی دامنه سیگنال به‌دست آید. موارد کاربرد ×۱۰ برای سیگنال‌های با دامنه زیاد می‌باشد.



شرح عملکرد مهم‌ترین اجزای اسیلوسکوپ

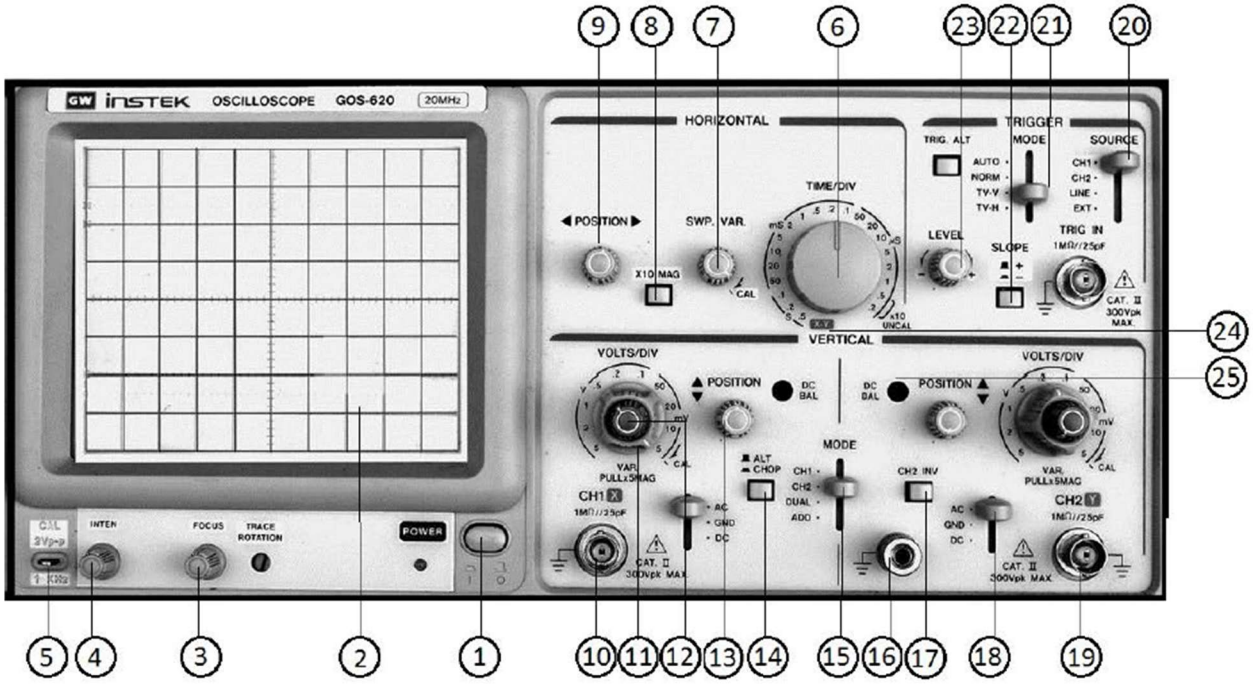
در اینجا قصد نداریم به بررسی ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بپردازیم؛ بلکه هدف، آشنایی با قابلیت‌های اسیلوسکوپ و نحوه استفاده از آن می‌باشد. به دلیل اینکه طرز کار همه اسیلوسکوپ‌ها شبیه یکدیگر است و کلیدها و ولوم‌های آن‌ها تقریباً یکی است، برای آموزش این مطالب از یک اسیلوسکوپ نوعی استفاده می‌کنیم که تصویر این اسیلوسکوپ در شکل زیر قابل مشاهده است.

۱ -کلید روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ: در هر اسیلوسکوپ کلیدی برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ وجود دارد که آن را با کلمه POWER و یا ON/OFF نمایش می‌دهند. در نزدیکی این کلید، معمولاً یک LED جهت نمایش روشن یا خاموش بودن اسیلوسکوپ وجود دارد. در شکل (۵) این کلید در زیر و سمت راست صفحه نمایش قابل مشاهده است.

۲ -صفحه نمایش اسیلوسکوپ: اسیلوسکوپ دارای یک صفحه نمایش است که این صفحه نمایش در راستای افقی به ۱۰ قسمت و در راستای عمودی به ۸ قسمت تقسیم می‌شود که برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری، در راستاهای افقی و عمودی، خطوط وسط دارای تقسیمات ریزتری نیز می‌باشند؛ به‌طوری‌که هر خانه به ۵ قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل ۰٫۲ خانه است.

۳ -ولوم Focus: کلمه Focus به معنای کانونی یا تمرکز است و این ولوم ضخامت موج رسم‌شده بر روی صفحه اسیلوسکوپ را کم و زیاد می‌کند. این ولوم باید در حالتی قرار داده شود که خطوط شکل موج، حداقل ضخامت را داشته باشند.

۴ -ولوم :Intensityاین ولوم شدت نور سیگنال نمایش‌داده‌شده را کم و زیاد می‌کند. این ولوم باید در حالتی قرار گیرد که شدت نور برای رؤیت سیگنال کافی باشد. این ولوم ممکن است به اختصار با Inten نمایش داده شود.



۵ -پین تنظیمات یا کالیبراسیون: این قسمت برای تست و تنظیم سلکتورهای Volt/Div و Time/Div و نیز برای بررسی سالم یا معیوب بودن پروب مورد استفاده قرار می‌گیرد. اسیلوسکوپ یک سیگنال مرجع با دامنه و فرکانس معین برای تست و تنظیم خود ایجاد می‌کند و به این پین انتقال می‌دهد. اگر سیگنال مزبور به ورودی اسیلوسکوپ داده شود، می‌توان شکل موج آن را مشاهده کرد. در عین حال چون دامنه و فرکانس سیگنال مزبور معین است، می‌توان صحت تنظیمات سلکتورهای Volt/Div و Time/Div را بررسی کرد.

همچنین اگر در اثر تماس نوک پروب با این پین، سیگنال موجود بر روی پین در صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر شود و زمانی که گیره زمین پروب را هم‌زمان با نوک پروب به این پین متصل می‌کنیم، یک خط افقی یا به عبارتی ولتاژ صفر روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر شود، پروب سالم است.

۶ -کلید Time/Div: این کلید دارای ضرایبی بر حسب ثانیه، میلی‌ثانیه و میکروثانیه است و برای فشرده و باز کردن شکل موج در راستای افقی و اندازه‌گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ استفاده می‌شود.

۷ -ولوم Time Variable (SWP Var): این ولوم برای فشرده و باز کردن شکل موج در راستای افقی استفاده می‌شود. برای اندازه‌گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ باید حتماً این ولوم تا آخر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت چرخانده شده و روی علامت Cal قرار گیرد. اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود، ضرایب Time/Div دیگر معتبر نبوده و نمی‌توان زمان تناوب را محاسبه نمود. از این ولوم زمانی استفاده می‌شود که صحت ضرایب Time/Div اهمیتی نداشته باشد؛ مثلاً زمانی که می‌خواهیم اختلاف فاز دو موج هم‌فرکانس را محاسبه کنیم.

۸ -کلید بزرگ‌نمایی در راستای افقی: توسط این کلید می‌توان مقیاس افقی را به میزان ۱۰ برابر بزرگ نمود. به این ترتیب که در حالت عادی، مقیاس افقی همان است که سلکتور Time/Div نشان می‌دهد؛ اما در حالت انتخاب این کلید، شکل موج در جهت افقی ۱۰ برابر باز می‌شود و این معادل آن است که عدد نشان‌داده‌شده توسط سلکتور Time/Div به ۱۰ تقسیم شده باشد. استفاده از کلید بزرگ‌نمایی افقی در مورد نمایش امواج با فرکانس زیاد است. این کلید با MAG و همراه ×۱۰ نمایش داده می‌شود.

۹ -ولوم تغییر مکان افقی (Horizontal Position): این ولوم شکل موج را در جهت افقی جابه‌جا می‌کند. این ولوم ممکن است به اختصار با Hor.Pos و یا با علامت‌های ◄ ► نشان داده شود.

۱۰ -ترمینال ورودی CH1: محل اتصال سیگنال ورودی کانال یک و ورودی افقی در حالت X-Y می‌باشد.

۱۱ -کلید Volt/Div: این کلید نیز همانند کلید Time/Div دارای ضرایبی است که این ضرایب بر حسب ولت و میلی‌ولت می‌باشند و هر ضریب بیان‌کننده این است که هر خانه در راستای عمودی چند ولت می‌باشد. این کلید برای اندازه‌گیری دامنه ولتاژ به کار می‌رود. با تغییر این کلید، شکل موج در راستای عمودی باز و جمع می‌شود.

۱۲ -ولوم Volt Variable: این ولوم شکل موج را در راستای عمودی فشرده و باز می‌کند؛ اما اگر این ولوم از حالت Calخارج شود، دیگر مقادیر Volt/Div معتبر نبوده و نمی‌توان اندازه ولتاژ را محاسبه نمود؛ بنابراین این ولوم هنگام اندازه‌گیری ولتاژ باید روی علامت Cal باشد.

۱۳ -ولوم Vertical Position: این ولوم شکل موج را در راستای عمودی جابه‌جا می‌کند و ممکن است به اختصار با Ver.Pos و یا با استفاده از علامت‌های ▼ و ▲ نمایش داده شود.

۱۴ -کلید CHOP-ALT: اگر فرکانس سیگنال‌های ورودی بیشتر از ۱ kHzباشد، با استفاده از حالت ALT می‌توان دو شکل موج را به‌طور هم‌زمان در صفحه نمایش اسیلوسکوپ مشاهده کرد؛ اما اگر فرکانس سیگنال‌های ورودی کم باشد، مشاهده دو شکل موج به‌طور هم‌زمان در حالت انتخاب ALT امکان‌پذیر نخواهد بود؛ زیرا در این صورت وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال ۱ را نمایش می‌دهد، سیگنال کانال ۲ از دید محو می‌شود و وقتی اسیلوسکوپ سیگنال کانال ۲ را نمایش می‌دهد، سیگنال کانال ۱ از دید محو می‌شود و بنابراین دو موج به‌صورت چشمک‌زن روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شوند. برای نمایش سیگنال‌های با فرکانس کم از حالت CHOP استفاده می‌کنیم.

۱۵ -کلید CH1-CH2-DUAL-ADD: اگر این کلید در حالت CH1 باشد، فقط سیگنال اعمال‌شده به کانال ۱ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود و اگر این کلید در حالت CH2 باشد، فقط سیگنال اعمال‌شده به کانال ۲ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود. در صورتی که DUAL را انتخاب کنیم، شکل موج‌های هر دو

کانال هم‌زمان روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شوند و در صورت انتخابADD ، حاصل جمع لحظه‌ای دو شکل موج روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود.

۱۶ -اتصال زمین دستگاه: استفاده از اتصال زمین باعث جلوگیری از خطرات احتمالی و کارایی بهتر دستگاه می‌شود.

۱۷ -کلید CH2 INV: زمانی که این کلید انتخاب می‌شود، شکل موج کانال ۲ به اندازه ۱۸۰ درجه اختلاف فاز پیدا می‌کند.

۱۸ -کلید AC-GND-DC: اگر این کلید در حالت AC باشد، یک خازن در مسیر ورودی اسیلوسکوپ قرار می‌گیرد که سبب حذف مؤلفه DC شکل موج می‌گردد؛ یعنی در این حالت فقط سیگنال‌های AC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شوند و سیگنال‌های DC حذف می‌شوند. اما اگر این کلید در حالت DC باشد، هرچه در ورودی باشد بدون تغییر در صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود؛ یعنی در این حالت مؤلفه‌های AC و DC روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شوند.

در صورتی که این کلید در حالت GND باشد، ورودی اسیلوسکوپ به صفحات انحراف عمودی که در ادامه در رابطه با آن‌ها صحبت می‌کنیم، منتقل نخواهد شد؛ بلکه این صفحات به اختلاف پتانسیل صفر ولت متصل می‌شوند. در این حالت روی صفحه اسیلوسکوپ یک خط افقی دیده می‌شود که از آن برای تعیین خط مبنای عمودی یا ولتاژ صفر ولت استفاده می‌شود.

۱۹ -ترمینال ورودی CH2: محل اتصال سیگنال ورودی کانال دو در وضعیت عادی و ورودی محور عمودی در حالت X-Y می‌باشد.

۲۰ -کلید Source Trigger: این کلید ممکن است دارای حالت‌های زیر باشد:

- **CH1**: در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال‌شده به کانال ۱ انجام می‌شود.
- **CH2**: در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال‌شده به کانال ۲ انجام می‌شود.
- **Line**: در این حالت عمل تریگر با فرکانس برق شهر انجام می‌شود.
- **Ext**: در این حالت باید موجی را که می‌خواهیم توسط آن عمل تریگر انجام شود، از خارج اسیلوسکوپ و توسط ترمینال مخصوص آن به اسیلوسکوپ اعمال کنیم.

۲۱ -کلید Mode Trigger: این کلید ممکن است دارای حالت‌های زیر باشد:

- **:Auto**: اگر این کلید در حالت Auto باشد، حتی اگر به ورودی اسیلوسکوپ سیگنالی اعمال نشود، مدار داخلی اسیلوسکوپ یک موج دندانه‌اره‌ای به صفحات انحراف افقی اعمال می‌کند و بنابراین خطی افقی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود که نشان‌دهنده آماده‌به‌کار بودن اسیلوسکوپ است.
- **Normal**: اما در صورتی که این کلید در حالت Normal باشد، عمل تریگر فقط به کمک موج ورودی انجام می‌شود و لذا در صورتی که ورودی نداشته باشیم، هیچ‌گونه خطی یا موجی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر نخواهد شد. این کلید در حالت عادی باید بر روی Auto باشد.
- **TV-H**: در این حالت یک فیلتر پایین‌گذر مؤلفه‌های فرکانس بالای موج ورودی را حذف نموده و سپس عمل تریگر انجام می‌شود. این کلید در حالتی استفاده می‌شود که یک موج مزاحم بر روی موج اصلی مانع عمل تریگر شود. در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال‌های افقی تلویزیون انجام می‌شود.
- **TV-V**: در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال‌های عمودی تلویزیون انجام می‌شود.

۲۲ -کلید Slope: این کلید مشخص‌کننده این است که اولین نیم‌سیکل موج نشان‌داده‌شده مثبت یا منفی باشد. در حالت عادی باید علامت مثبت (+) انتخاب شود. در واقع علامت مثبت (+) به معنای شیب مثبت و علامت منفی (—) به معنای شیب منفی در نقطه شروع موج می‌باشد.

۲۳ -ولوم Level: این ولوم نقطه شروع موج نشان‌داده‌شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را معین می‌کند. همچنین اگر موج نمایش‌داده‌شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ در جهت افقی حرکت کند و ثابت نباشد، باید به کمک این ولوم شکل موج را ثابت نگه داشت.

۲۴ -کلید X-Y: اگر این کلید فعال شود، هر یک از سیگنال‌های ورودی به یکی از صفحات انحراف افقی یا عمودی اعمال می‌شود؛ بنابراین در حالت انتخاب کلیدX-Y ، سیگنال ورودی کانال ۱ به صفحات انحراف افقی و سیگنال ورودی کانال ۲ به صفحات انحراف عمودی اعمال می‌شود. این کلید برای مشاهده منحنی مشخصه ولت–آمپر عناصر نیمه‌هادی و نیز مشاهده اشکال لیساژو کاربرد دارد.

۲۵ -پیچ بالانس DC: به دلیل استفاده از اسیلوسکوپ در مناطق و حرارت‌های متفاوت، باید سلکتورهای Volt/Div هر یک از دو کانال، از نظر DC بالانس شوند. با تنظیم این پیچ‌ها باید حالتی را انتخاب کرد که در آن با تغییر سلکتور Volt/Div، خط افقی هیچ تغییر مکانی در جهت عمودی نداشته باشد. این پیچ‌ها معمولاً با DC-Bal مشخص می‌شوند.

مراحل آزمایش

۱ -تولید و اندازه‌گیری موج سینوسی

موج زیر را توسط سیگنال‌ژنراتور تولید کرده و با استفاده از اسیلوسکوپ مشاهده کنید:

$$V(t) = 4\sin(20000\pi t)$$

الف) شکل موج مشاهده‌شده را رسم کنید.

ب) دامنه، ولتاژ پیک‌توپیک و زمان تناوب موج را توسط اسیلوسکوپ اندازه‌گیری کنید.

ج) با استفاده از زمان تناوب اندازه‌گیری‌شده، فرکانس موج را محاسبه کنید.

د) مقدار فرکانس محاسبه‌شده را با مقدار نظری حاصل از معادله موج مقایسه کنید.

ه) همین کار را برای شکل موج مربعی و مثلثی هم تکرار کنید.

۲ -بررسی اثر تنظیم Time/Div

یک موج سینوسی با فرکانس 1kHz و دامنه 4V (پیک تو پیک) ایجاد کنید.

بدون تغییر مشخصات سیگنال‌ژنراتور، کلید **Time/Div** اسیلوسکوپ را در چند وضعیت مختلف قرار دهید و تغییر شکل نمایش موج را مشاهده کنید.

الف) توضیح دهید با افزایش یا کاهش Time/Div چه تغییری در تعداد سیکل‌های قابل مشاهده روی صفحه ایجاد می‌شود.

ب) Time/Divرا به‌گونه‌ای تنظیم کنید که تقریباً دو سیکل کامل موج روی صفحه قابل مشاهده باشد.

ج) زمان تناوب و فرکانس سیگنال را از روی صفحه اسیلوسکوپ محاسبه کنید.

۳ -بررسی اثر تنظیم Volt/Div

یک موج سینوسی با فرکانس 1kHz و دامنه 6V (پیک تو پیک) ایجاد کنید.

بدون تغییر سیگنال ورودی، مقدار **Volt/Div** را تغییر دهید و تأثیر آن را بر شکل موج نمایش‌داده‌شده مشاهده کنید.

الف) Volt/Div را به‌گونه‌ای تنظیم کنید که شکل موج با اندازه مناسب روی صفحه نمایش داده شود.

ب) تعداد خانه‌های بین قله مثبت و قله منفی را تعیین کنید.

ج) مقدار V_{pp} را از رابطه زیر محاسبه نمایید:

$$V_{pp} = (\text{تعداد خانه‌های عمودی}) \times (\text{Volt/Div})$$

د) مقدار به‌دست‌آمده را با مقدار تنظیم‌شده روی سیگنال‌ژنراتور مقایسه کنید.

آزمایش سوم: بررسی شارژ و دشارژ خازن و اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RC

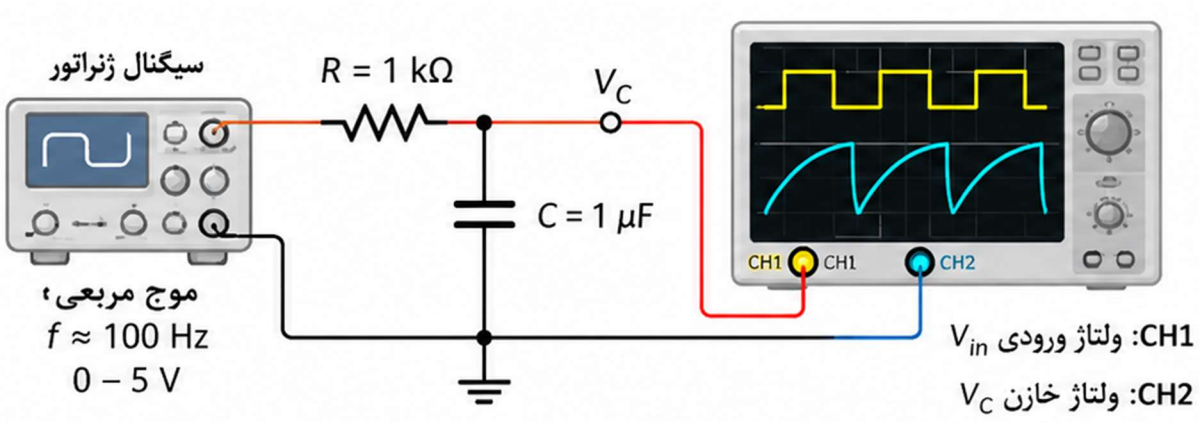
هدف آزمایش: مشاهده نحوه شارژ و دشارژ خازن در مدار RC ، آشنایی با مفهوم ثابت زمانی

وسایل مورد نیاز

اسیلوسکوپ، سیگنال‌ژنراتور، بردبورد، سیم رابط، خازن ۱ میکروفاراد، و چند مقاومت 220Ω، 470Ω و 1kΩ

روش انجام آزمایش

۱- ابتدا مدار را با R=1kΩ و C=1μ F روی بردبورد ببندید. موج مربعی سیگنال‌ژنراتور را به ورودی مدار اعمال کنید و با CH1 موج ورودی و با CH2 ولتاژ خازن را مشاهده نمایید.



در لبه بالارونده موج مربعی، خازن شروع به **شارژ** و در لبه پایین‌رونده شروع به **دشارژ** می‌کند.

در قسمت شارژ، مقدار نهایی ولتاژ خازن را تعیین کرده و مقدار ۶۳.۲ درصد آن را محاسبه کنید. سپس از لحظه شروع شارژ تا رسیدن منحنی به این مقدار، فاصله زمانی را از روی اسیلوسکوپ اندازه بگیرید. این زمان برابر ثابت زمانی عملی مدار است.

برای دشارژ نیز از لحظه شروع دشارژ تا زمانی که ولتاژ خازن به ۳۶.۸ درصد مقدار اولیه برسد، زمان را اندازه‌گیری کنید.

۲- بررسی اثر مقاومت بر ثابت زمانی

اکنون ظرفیت خازن را ثابت نگه دارید و آزمایش را با مقاومت‌های مختلف تکرار کنید.

مقاومت	ثابت زمانی نظری	ثابت زمانی شارژ عملی	ثابت زمانی دشارژ عملی	درصد خطای شارژ	درصد خطای دشارژ
1kΩ					
4.7kΩ					
10kΩ					

سؤالات آزمایش

۱. ثابت زمانی مدار RC چیست و به چه پارامترهایی بستگی دارد؟

۲. در زمان $t=\tau$، ولتاژ خازن در هنگام شارژ چند درصد مقدار نهایی و در هنگام دشارژ چند درصد مقدار اولیه است؟

۳. با استفاده از نتایج آزمایش، توضیح دهید افزایش مقاومت چه تأثیری بر سرعت شارژ و دشارژ خازن دارد.

۳- بررسی اثر ظرفیت خازن بر ثابت زمانی

در این قسمت، مقدار مقاومت را ثابت و برابر با $R=1k\Omega$ قرار دهید و آزمایش را به‌ترتیب با خازن‌های $1\mu F$، $0.1\mu F$ و $10\mu F$ تکرار کنید.

برای هر خازن، فرکانس موج مربعی سیگنال‌ژنراتور را مطابق جدول زیر تنظیم کنید تا زمان کافی برای شارژ و دشارژ خازن وجود داشته باشد. شکل موج ولتاژ دو سر خازن را روی اسیلوسکوپ مشاهده کرده و ثابت زمانی را در حالت شارژ و دشارژ اندازه‌گیری نمایید. مقادیر عملی به‌دست‌آمده را با مقدار نظری $\tau=RC$ مقایسه کرده و جدول زیر را کامل کنید.

ظرفیت خازن	مقاومت	فرکانس پیشنهادی	ثابت زمانی نظری	ثابت زمانی شارژ عملی	ثابت زمانی دشارژ عملی	درصد خطای شارژ	درصد خطای دشارژ
$0.1\mu F$	$1k\Omega$	1kHz					
$1\mu F$	$1k\Omega$	100Hz					
$10\mu F$	$1k\Omega$	10Hz					

سوالات آزمایش

۱. با ثابت بودن مقاومت، افزایش ظرفیت خازن چه تأثیری بر ثابت زمانی مدار و سرعت شارژ و دشارژ خازن دارد؟
۲. اگر ظرفیت خازن ۱۰ برابر شود و مقاومت ثابت بماند، ثابت زمانی مدار چند برابر خواهد شد؟ آیا نتایج آزمایش این موضوع را تأیید می‌کند؟
۳. چرا با تغییر ظرفیت خازن، برای مشاهده مناسب منحنی شارژ و دشارژ روی اسیلوسکوپ لازم است فرکانس سیگنال ورودی نیز تغییر کند؟
٤. اگر مقاومت و ظرفیت خازن هر دو دو برابر شوند، ثابت زمانی مدار چه تغییری خواهد کرد؟

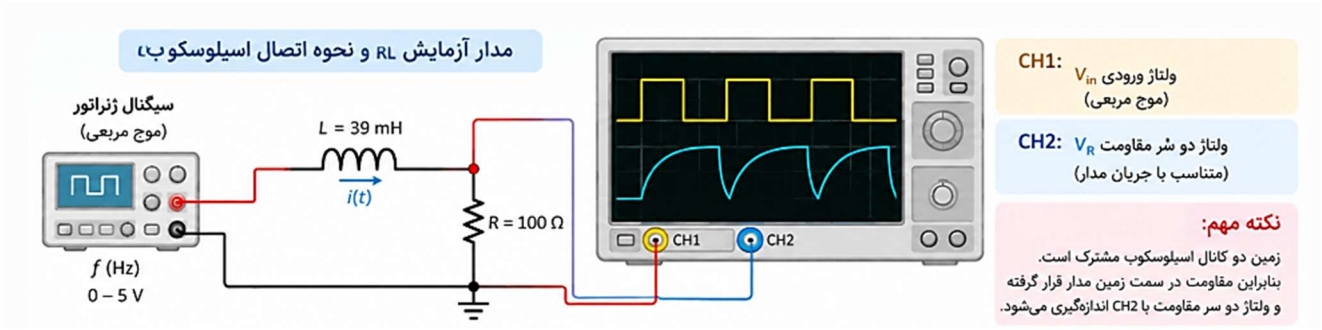
آزمایش چهارم: بررسی پاسخ گذرای مدار RL و اندازه‌گیری ثابت زمانی

هدف آزمایش: مشاهده رفتار گذرای جریان سلف در مدار RL، اندازه‌گیری ثابت زمانی مدار RL با استفاده از اسیلوسکوپ و مقایسه ثابت زمانی نظری و عملی

وسایل مورد نیاز: سیگنال‌ژنراتور، اسیلوسکوپ، بردبورد، سیم رابط، مقاومت‌های مناسب و سلف‌های 10mH و 39mH.

روش انجام آزمایش

۱- مدار شکل زیر را ببندید. موج مربعی سیگنال‌ژنراتور را به مدار سری RL اعمال کنید. ولتاژ ورودی را توسط CH1 و ولتاژ دو سر مقاومت را توسط CH2 اسیلوسکوپ مشاهده نمایید.



شکل موج V_R را مشاهده کرده و ثابت زمانی مدار را در قسمت افزایش و کاهش جریان اندازه‌گیری کنید.

برای افزایش جریان، زمان لازم برای رسیدن V_R به 63.2٪ مقدار نهایی و برای کاهش جریان، زمان لازم برای رسیدن آن به 36.8٪ مقدار اولیه را اندازه‌گیری نمایید. سپس مقدار عملی را با مقدار نظری مقایسه کنید.

۲- بررسی اثر مقاومت بر ثابت زمانی:

ظرفیت سلف را ثابت نگه داشته و مقاومت ها را طبق جدول زیر تغییر داده و مقادیر مورد نظر را اندازه گیری نمایید.

مقاومت	سلف	ثابت زمانی افزایش عملی	ثابت زمانی کاهش عملی	درصد خطای افزایش	درصد خطای کاهش
100Ω	39mH				
220Ω	39mH				
470Ω	39mH				

برای محاسبه مقاومت معادل توجه داشته باشید که اثر مقاومت داخلی سیم‌پیچ سلف و مقاومت خروجی سیگنال‌ژنراتور نیز وجود دارد.

۳- بررسی اثر اندوکتانس سلف بر ثابت زمانی

مقاومت را ثابت نگه دارید و سلف را تغییر دهید. جدول زیر را پر کنید.

سلف	مقاومتR	ثابت زمانی نظری	ثابت زمانی افزایش عملی	ثابت زمانی کاهش عملی	درصد خطا
10mH	220Ω				
39mH	220Ω				

سؤالات آزمایش

۱. چرا در مدار RL نمی‌توان جریان سلف را مستقیماً با اسیلوسکوپ مشاهده کرد و از ولتاژ دو سر مقاومت استفاده می‌کنیم؟

۲. با ثابت بودن L، افزایش مقاومت چه تأثیری بر ثابت زمانی مدار RL دارد؟

۳. با ثابت بودن R، افزایش اندوکتانس چه تأثیری بر ثابت زمانی دارد؟

٤. چرا رفتار مقاومت در ثابت زمانی مدار RL با مدار RC متفاوت است؟

آزمایش پنجم: آشنایی با دیود و مدارات دیودی

۱- بررسی مشخصه جریان–ولتاژ دیود

هدف آزمایش: آشنایی با عملکرد دیود در بایاس مستقیم و معکوس، بررسی رابطه بین ولتاژ دو سر دیود و جریان عبوری از آن، رسم منحنی مشخصه جریان–ولتاژ دیود و تعیین ناحیه هدایت و قطع آن

وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه DC، مولتی‌متر دیجیتال، دیود سیلیکونی 1N4001، مقاومت 2.2kΩ، بردبورد و سیم رابط

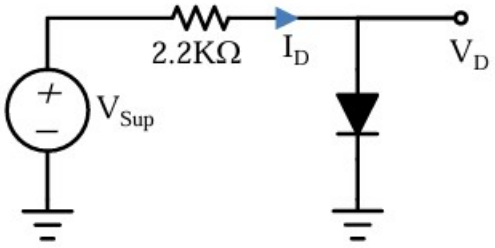
دیود یک قطعه نیمه‌هادی است که جریان الکتریکی را عمدتاً در یک جهت عبور می‌دهد .عملکرد دیود به ولتاژ اعمال‌شده به دو سر آن بستگی دارد.

بایاس مستقیم: هنگامی که ولتاژ آند نسبت به کاتد مثبت باشد، دیود در بایاس مستقیم قرار می‌گیرد .با افزایش ولتاژ مستقیم، جریان دیود افزایش می‌یابد .در دیودهای سیلیکونی، افزایش قابل توجه جریان معمولاً در محدوده ولتاژ حدود 0.6 تا 0.7V مشاهده می‌شود.

بایاس معکوس: هنگامی که ولتاژ آند نسبت به کاتد منفی باشد، دیود در بایاس معکوس قرار می‌گیرد و در شرایط عادی تنها جریان نشتی بسیار کوچکی از آن عبور می‌کند. رابطه جریان و ولتاژ دیود غیرخطی است و منحنی مشخصه آن رفتار دیود را در بایاس مستقیم و معکوس نشان می‌دهد.

مراحل انجام آزمایش:

برای ساختار نشان داده شده در شکل زیر، منحنی جریان–ولتاژ را به دست آورید. ولتاژ تغذیه را مطابق جدول زیر تغییر داده و جریان دیود و ولتاژ دو سر آن را محاسبه کنید.



V_{Sup}	-۵	-۱	-۰/۵	۰	۰/۱	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱	۲	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
V_D															
I_D															

مشخصه بدست آمده از دیود را با نرم افزار رسم نمایید.

۲- بررسی مدارهای برش‌دهنده دیودی سری و موازی

هدف آزمایش: آشنایی با عملکرد مدارهای برش‌دهنده دیودی

وسایل مورد نیاز

سیگنال‌ژنراتور، اسیلوسکوپ، بردبورد، دیود 1N4001، مقاومت 1kΩ و سیم رابط.

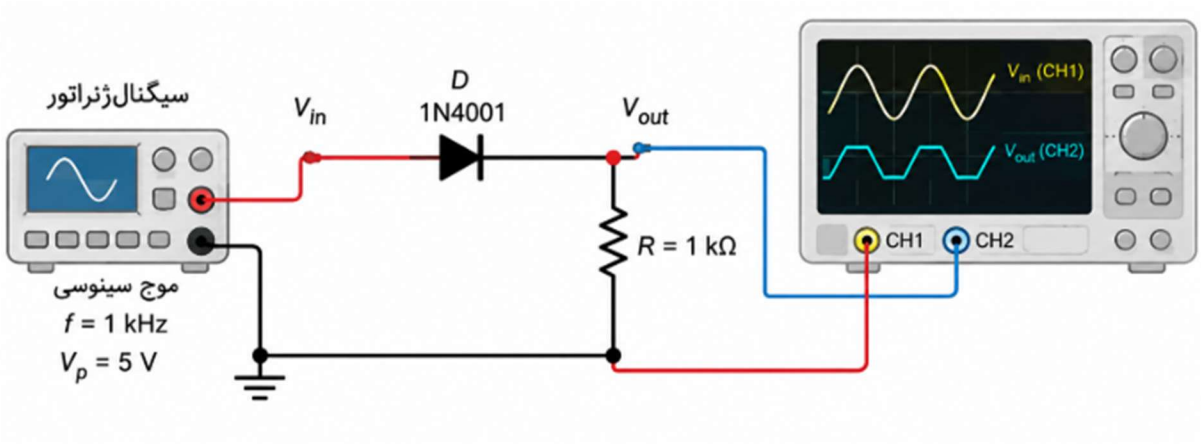
مدار برش‌دهنده دیودی مداری است که بخشی از شکل موج ورودی را حذف یا محدود می‌کند .عملکرد آن به جهت قرارگیری دیود و شرایط هدایت یا قطع آن بستگی دارد.

در مدار برش‌دهنده سری، دیود به‌صورت سری با بار قرار می‌گیرد و هنگام قطع دیود، مسیر عبور جریان بار قطع می‌شود. در مدار برش‌دهنده موازی، دیود در شاخه‌ای موازی با خروجی قرار می‌گیرد و هنگام هدایت، ولتاژ خروجی را در سطح مشخصی محدود می‌کند.

روش انجام آزمایش:

الف) مدار برش‌دهنده سری

مدار برش‌دهنده سری را مطابق شکل پیاده‌سازی کنید. مقاومت 1kΩ نقش بار را دارد و ولتاژ خروجی از دو سر آن اندازه‌گیری می‌شود.



۱. سیگنال‌ژنراتور را روی موج سینوسی با فرکانس 1kHz و دامنه پیک 5V تنظیم کنید. موج ورودی را توسط CH1 و موج خروجی را توسط CH2 اسیلوسکوپ مشاهده نمایید. زمین هر دو کانال را به زمین مشترک مدار متصل کنید.

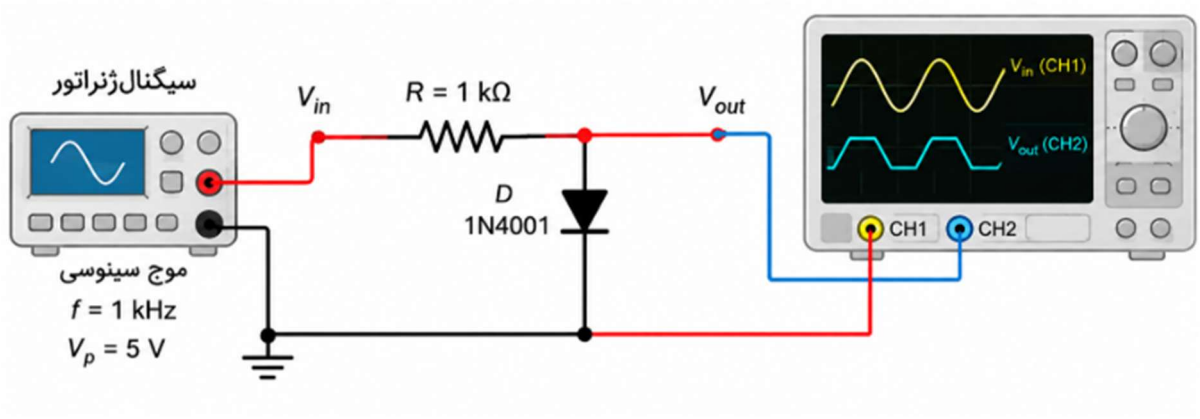
۲. شکل موج خروجی را رسم کرده و مشخص کنید کدام نیم‌سیکل عبور می‌کند و کدام نیم‌سیکل حذف می‌شود.

۳. جهت دیود را معکوس کرده و آزمایش را تکرار کنید. تغییر شکل موج خروجی را بررسی نمایید.

۴. منحنی مشخصه یا مشخصه انتقالی مدار را با اسیلوسکوپ ترسیم نمایید.

ب) مدار برش‌دهنده موازی

۱. مدار برش‌دهنده موازی را مطابق شکل پیاده‌سازی کنید. همان سیگنال سینوسی را به ورودی اعمال کرده و شکل موج خروجی را مشاهده و رسم نمایید.



۲. مقدار بیشینه و کمینه ولتاژ خروجی را اندازه‌گیری کنید.

۳. جهت دیود را معکوس کرده و آزمایش را تکرار کنید.

۴. منحنی مشخصه یا مشخصه انتقالی مدار را با اسیلوسکوپ ترسیم نمایید.

برای دو آزمایش فوق نتایج در جدول زیر ثبت شود.

نوع مدار	جهت دیود	$V_{out,max}$	$V_{out,min}$	نیم‌سیکل برش‌خورده
سری	حالت اول			
سری	حالت معکوس			
موازی	حالت اول			
موازی	حالت معکوس			

سؤالات

۱. تفاوت عملکرد مدارهای برش‌دهنده سری و موازی چیست؟

۲. چرا معکوس‌کردن جهت دیود باعث تغییر نیم‌سیکل برش‌خورده می‌شود؟

۳. در مدار برش‌دهنده سری، چرا ولتاژ خروجی در نیم‌سیکل عبوری تقریباً 0.7V کمتر از ورودی است؟

۴. در مدار برش‌دهنده موازی، چرا ولتاژ خروجی در نیم‌سیکل هدایت دیود تقریباً به 0.7V محدود می‌شود؟

۵. اگر دیود ایده‌آل باشد، شکل موج خروجی در هر دو مدار چه تفاوتی خواهد داشت؟

آزمایش ششم، آشنایی با ترانزیستورBJT و نحوه بایاس آن

۱- شناسایی پایه‌ها و بررسی نواحی عملکرد ترانزیستورBJT

هدف آزمایش: آشنایی با ساختار و عملکرد ترانزیستورهای دوقطبی پیوندی(BJT) ، شناسایی پایه‌های بیس(B) ، کلکتور (C) و امیتر (E) با استفاده از مولتی‌متر، آشنایی با نواحی قطع، فعال و اشباع ترانزیستور

وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه DC قابل تنظیم، مولتی‌متر دیجیتال، ترانزیستور NPN مانند BC107، ترانزیستور PNPمانند BC108 ، مقاومت‌های 1kΩ، 10kΩ، 22 kΩ و 100 kΩ ، بردبورد و سیم رابط.

مبانی نظری

ترانزیستور BJT یک قطعه نیمه‌هادی سه‌پایه است که از سه ناحیه بیس(B) ، کلکتور (C) و امیتر (E) تشکیل شده است. ترانزیستورهای BJT در دو نوع NPN و PNP ساخته می‌شوند و می‌توانند به‌عنوان تقویت‌کننده یا کلید الکترونیکی مورد استفاده قرار گیرند. ترانزیستور دارای سه ناحیه عملکرد اصلی است:

ناحیه قطع(Cutoff) : در این حالت جریان بیس تقریباً صفر است و جریان کلکتور نیز بسیار ناچیز خواهد بود. ترانزیستور مانند یک کلید باز عمل می‌کند.

ناحیه فعال(Active) : در این حالت پیوند بیس–امیتر بایاس مستقیم و پیوند بیس–کلکتور بایاس معکوس است.

ناحیه اشباع(Saturation) : در این حالت هر دو پیوند بیس–امیتر و بیس–کلکتور بایاس مستقیم هستند و ترانزیستور مانند یک کلید بسته عمل می‌کند. ولتاژ کلکتور–امیتر در حالت اشباع معمولاً مقدار کوچکی در حدود ۰.۱ تا ۰.۳ ولت دارد.

روش انجام آزمایش

الف) شناسایی پایه‌های ترانزیستور

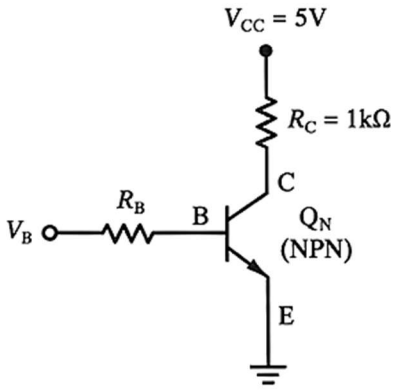
مولتی‌متر دیجیتال را در حالت تست دیود (Diode Test) قرار دهید. یک ترانزیستور NPN برداشته و پایه‌های آن را به‌صورت فرضی با شماره‌های ۱، ۲ و ۳ مشخص کنید. پراب مثبت مولتی‌متر را به یکی از پایه‌ها متصل کرده و پراب منفی را به‌ترتیب به دو پایه دیگر وصل کنید. اگر در هر دو حالت افت ولتاژی در حدود ۰.۶ تا ۰.۷ ولت مشاهده شد، پایه متصل به پراب مثبت، بیس ترانزیستور NPN است.

برای ترانزیستور PNP همین مراحل را تکرار کنید. در این حالت، پایه بیس معمولاً با اتصال پراب منفی به آن و پراب مثبت به دو پایه دیگر شناسایی می‌شود. نتایج را در جدول زیر ثبت نمایید.

نوع ترانزیستور	شماره قطعه	پایه بیس	پایه کلکتور	پایه امیتر	افت ولتاژ B–E
NPN					
PNP					

ب) بررسی عملکرد ترانزیستور NPN در نواحی قطع، فعال و اشباع

مدار آزمایش را با استفاده از یک ترانزیستورNPN ، مقاومت کلکتور 1kΩ و منبع تغذیه ۵ ولت روی بردبورد پیاده‌سازی کنید.

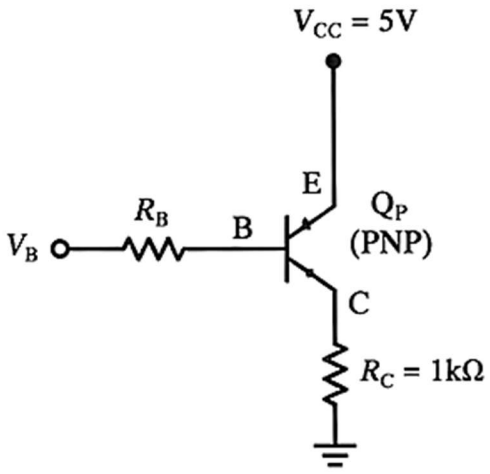


مقاومت بیس را طبق جدول داده شده قرار دهید و در هر بار مقادیر خواسته شده را اندازه گیری نمائید. با توجه به مقادیر اندازه‌گیری‌شده، ناحیه عملکرد ترانزیستور را تعیین کرده و در جدول یادداشت کنید.

مقاومت بیس	V_{BE} (V)	V_{CE} (V)	I_B (μA)	I_C (mA)	ناحیه عملکرد
100kΩ متصل به زمین					
100kΩ متصل به ۵V					
22kΩ متصل به ۵V					
10kΩ متصل به ۵V					

ج) بررسی عملکرد ترانزیستورPNP

یک ترانزیستور PNP را روی بردبورد قرار دهید. امیتر را به قطب مثبت منبع ۵ ولت و کلکتور را از طریق مقاومت 1kΩ به زمین متصل کنید.



مقاومت بیس را طبق جدول داده شده قرار دهید و در هر مرحله، اندازه جریان بیس و جریان کلکتور را محاسبه کرده و ناحیه عملکرد ترانزیستور را تعیین نمایید. نتایج را در جدول زیر ثبت کنید.

مقاومت بیس	V_{EB} (V)	V_{EC} (V)	$\|I_B\|$ (μA)	$\|I_C\|$ (mA)	ناحیه عملکرد
100kΩ متصل به ۵V					
100kΩ متصل به زمین					
22kΩ متصل به زمین					
10kΩ متصل به زمین					

۲- بایاس و ناحیه کاری ترانزیستور

هدف آزمایش: آشنایی با روش‌های بایاس ثابت و بایاس تقسیم ولتاژ در ترانزیستورNPN ، بررسی عملکرد ترانزیستور در نواحی فعال و اشباع

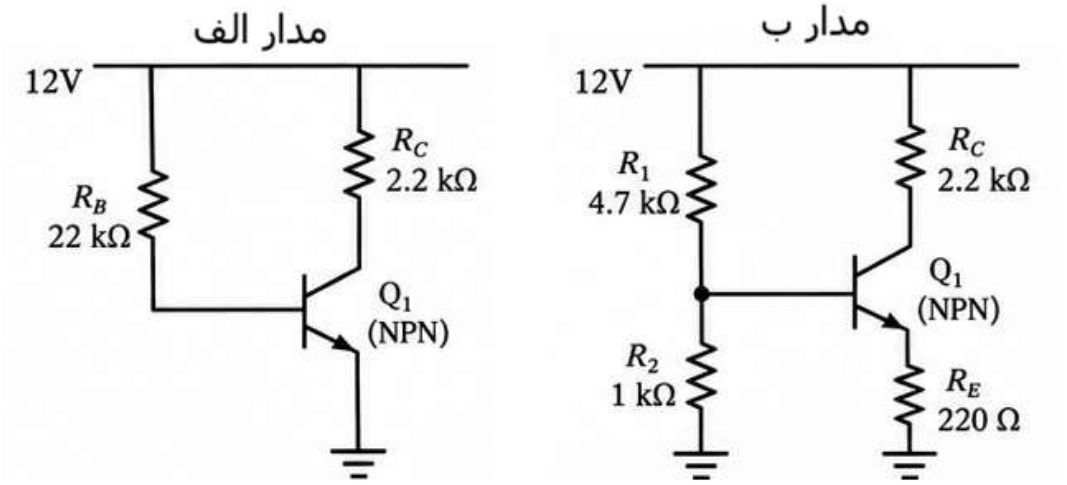
وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه DC با ولتاژ ۱۲ ولت، مولتی‌متر دیجیتال، ترانزیستور NPN ، مقاومت‌های 2.2kΩ، 22kΩ، 4.7kΩ، 220Ω، 1kΩ ، بردبورد و سیم رابط.

روش انجام آزمایش

ابتدا مدار (الف) را با مقادیر تعیین‌شده روی بردبورد پیاده‌سازی کنید. ولتاژ تغذیه را روی 12V تنظیم نمایید. ولتاژهای V_B، V_C، V_E، V_{BE} و V_{CE} را اندازه‌گیری کنید. جریان بیس و کلکتور را از روی افت ولتاژ مقاومت‌های مربوط محاسبه نمایید.

مقادیر خواسته شده در جدول زیر را اندازه گیری کنید. با توجه به مقادیر اندازه گیری شده، ناحیه عملکرد مدار را تشخیص دهید.

سپس مدار (ب) را با مقاومت‌های داده شده در مدار پیاده‌سازی کنید. ولتاژهای پایه‌ها را اندازه‌گیری کرده و جریان کلکتور را محاسبه نمایید. نتایج را در جدول برای این مدار هم ثبت کنید.



کمیت	مدار (الف): نظری	مدار (الف): عملی	مدار (ب): نظری	مدار (ب): عملی
V_B (V)				
V_C (V)				
V_E (V)				
V_{BE} (V)				
V_{CE} (V)				
I_B (μA)				
I_C (mA)				
ناحیه عملکرد				

سؤالات گزارش‌کار

۱- چگونه می‌توان با استفاده از مولتی‌متر، پایه بیس ترانزیستورهای NPN و PNP را شناسایی کرد؟

۲- تفاوت اصلی ترانزیستورهای NPN و PNP از نظر جهت جریان و شرایط بایاس چیست؟

۳- در چه شرایطی ترانزیستور در ناحیه قطع، فعال و اشباع قرار می‌گیرد؟

۴- چرا در ناحیه اشباع، افزایش جریان بیس لزوماً باعث افزایش متناسب جریان کلکتور نمی‌شود؟

۵- در ناحیه فعال، بهره جریان β را از روی نتایج اندازه‌گیری‌شده محاسبه کنید. آیا مقدار آن در تمام حالت‌ها یکسان است؟

۶- با استفاده از نتایج آزمایش، تفاوت ولتاژ کلکتور–امیتر در نواحی قطع و اشباع را توضیح دهید.

۷- اگر ترانزیستور به‌عنوان کلید الکترونیکی استفاده شود، کدام نواحی عملکرد مناسب‌تر هستند؟ چرا؟