



پردیس فرزندگان دانشگاه سمنان

# دستورکار آزمایشگاه مبانی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی

تهیه و تنظیم

فاطمه دارائی

# فهرست مطالب

ایمنی در آزمایشگاه و آشنایی با تجهیزات

مقدمه

آزمایش اول

## مقدمه

درس آزمایشگاه مدارهای الکتریکی و الکترونیکی با هدف آشنایی عملی دانشجویان با مفاهیم و اصول مطرح شده در دروس مدارهای الکتریکی و همچنین کسب مهارت در استفاده از تجهیزات و ابزارهای اندازه گیری طراحی شده است. در این آزمایشگاه، دانشجویان ضمن پیاده سازی مدارهای مختلف، نحوه اندازه گیری و تحلیل کمیت های الکتریکی و مقایسه نتایج عملی با مبانی نظری را فرا می گیرند.

هر آزمایش شامل بخش های هدف آزمایش، مبانی نظری، تجهیزات و قطعات مورد نیاز، مراحل انجام آزمایش و ثبت و تحلیل نتایج است. دانشجویان موظف اند 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 اندازه گیری ها از الزامات این درس است.

## نکات و مقررات ایمنی آزمایشگاه

کار با مدارها و تجهیزات الکتریکی در صورت استفاده نادرست می تواند موجب آسیب به افراد، قطعات و دستگاه های آزمایشگاهی شود. بنابراین رعایت اصول ایمنی در تمام مراحل انجام آزمایش ضروری است. همان طور 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، آسیب دیدگی سیم ها، اتصالات نامناسب یا عملکرد غیرعادی تجهیزات باید به استاد یا مسئول آزمایشگاه اطلاع داده شود.
۲. منبع تغذیه باید آخرین قسمت متصل شده به مدار و اولین قسمت قطع شده 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 تغذیه DC، پیش از اتصال آن به مدار، مقدار ولتاژ و محدودیت جریان خروجی را متناسب با مدار تنظیم کنید.
۵. هنگام اندازه گیری جریان، آمپر متر باید به صورت سری و هنگام اندازه گیری ولتاژ، ولت متر باید به صورت موازی با بخش مورد نظر مدار متصل شود. اتصال نادرست مولتی متر می تواند موجب آسیب به دستگاه یا مدار شود.
۶. هنگام اندازه گیری مقاومت با اهم متر، مدار نباید تحت ولتاژ باشد.
۷. در استفاده از قطعات دارای پلاریته، به ویژه خازن های الکترولیتی و دیودها، جهت اتصال صحیح قطعه رعایت شود. در فایل مرجع نیز به طور خاص بر رعایت پلاریته و حداکثر ولتاژ مجاز خازن های 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 تغذیه DC، 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 AC و DC، 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 یا Offset ، 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  $1\times$  و  $10\times$  هستند، در حالت  $10\times$  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 حالت DC، مؤلفه‌های AC و DC سیگنال نمایش داده می‌شوند، در حالی که در حالت AC مؤلفه DC ورودی حذف می‌شود.

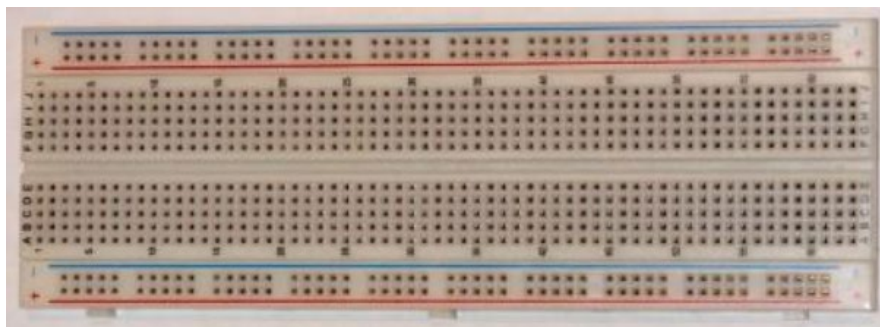
**Trigger:** برای ایجاد نمایش پایدار شکل موج روی صفحه استفاده می‌شود.

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:

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

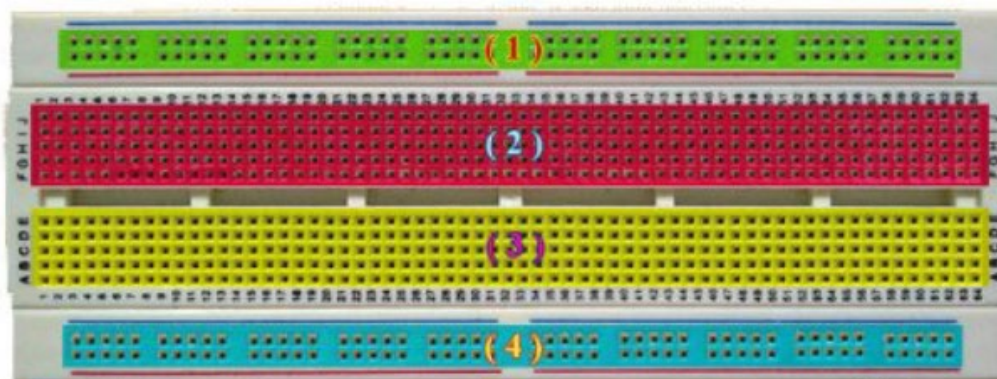
## بردبورد (Breadboard)

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 بردبرد 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، بردبرد دارای سوراخ‌های متعددی است که پایه‌های قطعات الکترونیکی در داخل آن‌ها قرار می‌گیرند. سطح یک بردبرد 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 بردبرد به یکدیگر متصل هستند؛ بنابراین اتصالات در این قسمت به صورت 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 به صورت عمودی است. نحوه اتصال سوراخ‌ها در قسمت سوم مشابه قسمت دوم و در قسمت چهارم مشابه قسمت اول است. در هنگام پیاده‌سازی مدار روی بردبرد، 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 گزارش کار

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

۱. عنوان و هدف آزمایش: عنوان آزمایش و هدف یا اهداف اصلی آن به صورت مختصر بیان شود.

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

۳. **مدار آزمایش:** مدار یا مدارهای مورد استفاده به صورت واضح و با مشخص کردن 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 اندازه گیری:** مقادیر به دست آمده در آزمایش به همراه واحد مناسب، ترجیحاً در قالب جدول ثبت شوند. در صورت نیاز، شکل موج های مشاهده شده نیز رسم یا ثبت شوند.

۶. **نمودارها:** در آزمایش هایی که نیاز به رسم نمودار دارند، محورهای نمودار، نام کمیت ها و واحد آنها به طور کامل مشخص شوند.

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

۹. **پاسخ به سؤالات:** به تمامی پرسش های مطرح شده در انتهای هر آزمایش، با استدلال و محاسبات لازم پاسخ داده شود.

**نکات مهم:** گزارش کار باید خوانا، منظم و شامل واحد تمام کمیت های اندازه گیری شده باشد. محاسبات باید به اندازه ای ارائه شوند که نحوه دستیابی به نتایج مشخص باشد. همچنین داده های اندازه گیری شده در آزمایش نباید برای نزدیک شدن 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 مولتی متر، مقاومت ها و بردبورد

#### ۱. هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش، آشنایی عملی دانشجویان با مولتی متر دیجیتال و نحوه اندازه گیری کمیت های الکتریکی، شناخت مقاومت ها و روش تعیین مقدار آن ها و همچنین کسب مهارت اولیه در استفاده از بردبورد و پیاده سازی مدارهای ساده است.

#### ۲. تجهیزات و قطعات مورد نیاز

مولتی متر دیجیتال، بردبورد، سیم رابط و تعدادی مقاومت با مقادیر و تolerانس های مختلف.

#### مقاومت الکتریکی

مقاومت الکتریکی یکی از عناصر اصلی مدارهای الکتریکی و الکترونیکی است که در برابر عبور جریان الکتریکی مقاومت می کند. واحد اندازه گیری مقاومت اهم ( $\Omega$ ) است. برای یک مقاومت اهمی، رابطه میان ولتاژ دو سر مقاومت و جریان عبوری از آن مطابق قانون اهم به صورت زیر بیان می شود:

$$V = RI$$

#### tolرانس مقاومت

مقدار واقعی یک مقاومت ممکن است دقیقاً برابر با مقدار نامی درج شده روی آن نباشد. میزان مجاز اختلاف مقدار واقعی از مقدار نامی توسط **tolرانس (Tolerance)** مشخص می شود و معمولاً به صورت درصد بیان می گردد. به عنوان مثال، اگر مقاومت  $1\text{ k}\Omega$  دارای tolرانس 5% باشد، مقدار واقعی آن می تواند در محدوده زیر قرار گیرد:

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

#### انواع مقاومت

مقاومت ها به طور کلی می توانند به دو گروه اصلی تقسیم شوند:

**مقاومت های ثابت:** مقدار مقاومت آن ها در شرایط عادی ثابت است و مقاومت های مورد استفاده در بیشتر آزمایش های این درس از این نوع هستند.

**مقاومت های متغیر:** مقدار آن ها در یک محدوده مشخص قابل تغییر است. پتانسیومتر و روستا نمونه هایی از مقاومت های متغیر هستند.

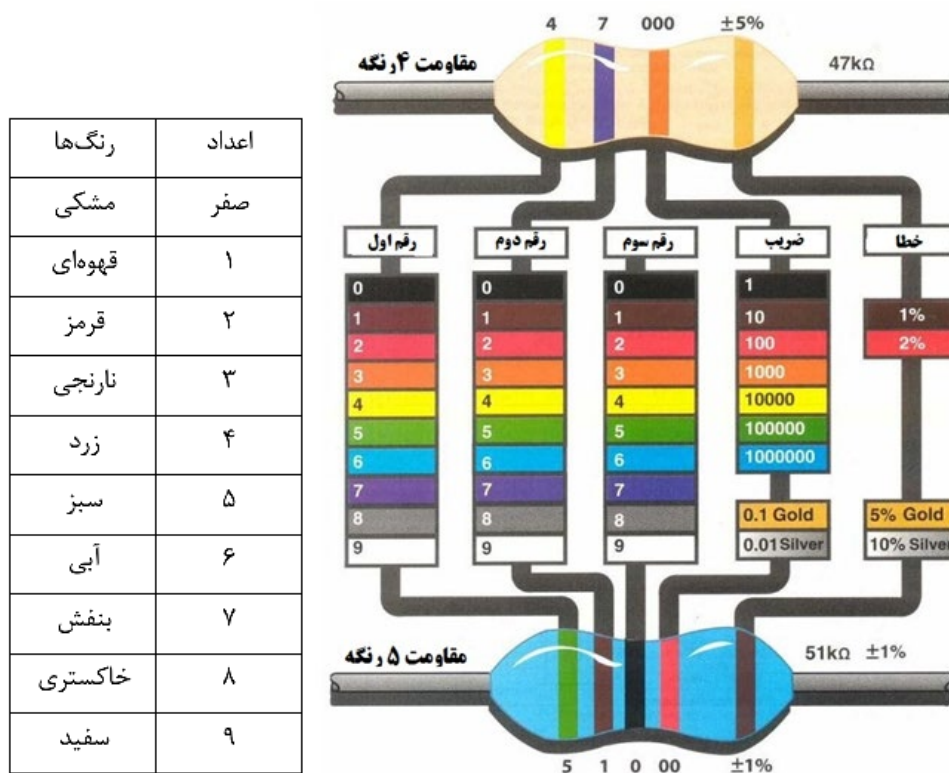
## کد رنگی مقاومت‌ها

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

در مقاومت‌های چهارنواره:

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

جدول زیر برای تعیین مقدار مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرد:

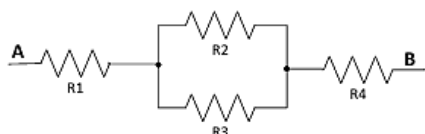


## مراحل انجام آزمایش

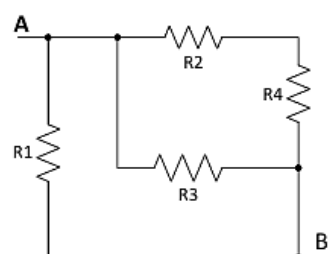
- ۱- تعدادی مقاومت که توسط استاد در اختیار شما قرار داده می‌شود انتخاب کنید. با استفاده از کد رنگی، مقدار نامی و تolerانس هر مقاومت را تعیین کرده و در جدول زیر وارد کنید. مقدار هر مقاومت را توسط مولتی‌متر اندازه‌گیری و ثبت کنید. اختلاف بین مقدار نامی و مقدار اندازه‌گیری‌شده را محاسبه کنید.

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

۲- با استفاده از مقاومت 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 رنگ ها برای هر قسمت به دست آورید.

مقاومت کل را از دو سر A و B توسط مولتی متر برای هر قسمت اندازه گیری نمایید.

### ۳- بررسی قانون اهم و قوانین کیرشهف KVL و KCL

#### هدف آزمایش

هدف از انجام این آزمایش، آشنایی عملی با منبع تغذیه DC، نحوه اندازه گیری ولتاژ و جریان توسط مولتی متر و

بررسی تجربی قانون اهم، قانون ولتاژ کیرشهف (KVL) و قانون جریان کیرشهف (KCL) است.

#### تجهیزات و قطعات مورد نیاز

منبع تغذیه DC، مولتی متر دیجیتال، بردبرد، مقاومت های مورد نیاز و سیم رابط.

#### منبع تغذیه DC

منبع تغذیه DC برای تأمین ولتاژ مستقیم مورد نیاز مدار استفاده می‌شود. منبع تغذیه آزمایشگاهی امکان تنظیم ولتاژ خروجی و در بسیاری از مدل‌ها محدود کردن 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 به صورت موازی با المان مورد نظر متصل شود.

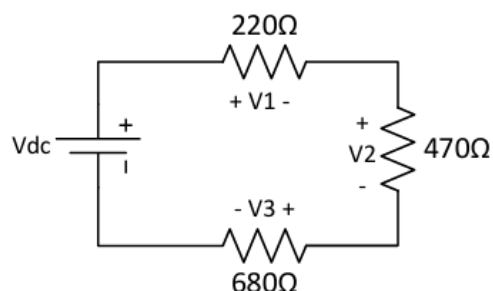
برای اندازه‌گیری جریان، مولتی‌متر باید در حالت آمپر متر قرار گرفته و به صورت سری در مسیر جریان قرار گیرد.

**توجه:** اتصال آمپر متر به صورت 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.



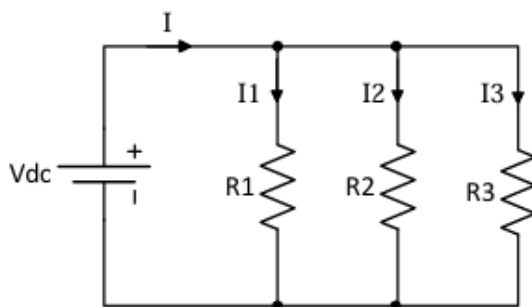
| Vdc | V1 | V2 | V3 |
|-----|----|----|----|
| 5 V |    |    |    |
| 9 V |    |    |    |

۵- مدار روبه‌رو را بر روی بردبورد ببندید.

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

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 به صورت نظری محاسبه کنید و سپس آن‌ها را با مقادیر اندازه‌گیری شده در آزمایش مقایسه نمایید.

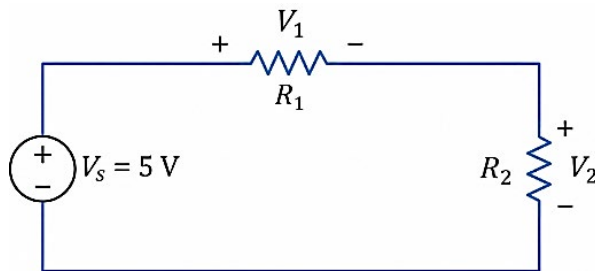
## آزمایش دوم: تقسیم ولتاژ و جریان

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

وسایل مورد نیاز: مقاومت‌های 1.8، 3.9 و 1 کیلو اهم، منبع تغذیه ۱۰ ولت و ۵ ولت، مولتی‌متر، بردبورد، سیم رابط.

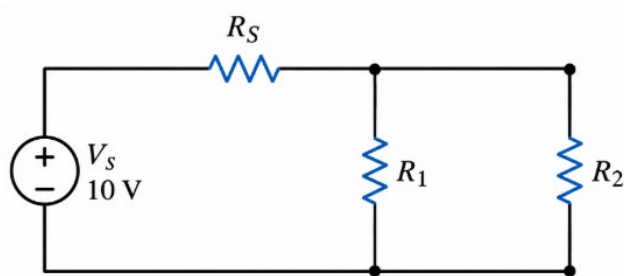
مراحل انجام آزمایش:

۲-۱- تقسیم ولتاژ: مدار زیر را با استفاده از مقاومت‌های مشخص شده بسته و منبع تغذیه را به ترتیب 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 اندازه‌گیری شده را با مقادیر محاسبه شده تطبیق دهید.



| درصد خطا (%) | مقدار اندازه‌گیری شده (V) | مقدار محاسبه شده (V) | کمیت  | ولتاژ منبع $V_s$ |
|--------------|---------------------------|----------------------|-------|------------------|
|              |                           |                      | $V_1$ | 5 V              |
|              |                           |                      | $V_2$ | 5 V              |
|              |                           |                      | $V_1$ | 10 V             |
|              |                           |                      | $V_2$ | 10 V             |

۲-۲- تقسیم جریان: مدار زیر را با استفاده از مقاومت‌های مشخص شده بسته و منبع تغذیه را به ترتیب 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 اندازه‌گیری شده را با مقادیر محاسبه شده تطبیق دهید.



| درصد خطا (%) | مقدار اندازه گیری شده (mA) | مقدار محاسبه شده (mA) | جریان | ولتاژ منبع $V_s$ |
|--------------|----------------------------|-----------------------|-------|------------------|
|              |                            |                       | $I_s$ | 5 V              |
|              |                            |                       | $I_1$ | 5 V              |
|              |                            |                       | $I_2$ | 5 V              |
|              |                            |                       | $I_s$ | 10 V             |
|              |                            |                       | $I_1$ | 10 V             |
|              |                            |                       | $I_2$ | 10 V             |

## ۲-۳- اسیلوسکوپ و سیگنال ژنراتور

هدف آزمایش: آشنایی با طرز کار سیگنال ژنراتور و اسیلوسکوپ

**سیگنال ژنراتور:** این دستگاه انواع سیگنال های سینوسی، مثلثی و مربعی را تولید می کند و می توان فرکانس مورد نظر را در یک محدوده فرکانسی تنظیم کرد. همچنین قابلیت تنظیم دامنه و ولتاژ Offset را دارد. در ادامه شرح عملکرد مهم ترین اجزای سیگنال ژنراتور، آورده شده است:

۱- کلید روشن و خاموش کردن دستگاه

۲- دکمه های انتخاب محدوده های فرکانسی (Range-Hz)

۳- درجه تنظیم فرکانس ولتاژ تولید شده

۴- پیچ (Fine): تنظیمات دقیق فرکانس

۵- دکمه های انتخاب شکل موج: با فشار دادن یکی از این سه دکمه می توان 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 می گیرد.

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 سیگنال‌ها 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 یک کاناله یا چندکاناله باشند. اسیلوسکوپ‌های یک کاناله 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 کوکسیال می‌باشد تا میزان نویز به حداقل برسد. نوک پروب به صورت گیره‌ای فلزی است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم، نوک آن به صورت 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  $1\times$  و  $10\times$  وجود دارد که در حالت  $1\times$ ، سیگنال بدون هیچ‌گونه تضعیفی از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می‌شود و در حالت  $10\times$ ، ابتدا سیگنال در داخل پروب ۱۰ برابر تضعیف شده و سپس به اسیلوسکوپ اعمال می‌گردد. باید توجه داشت که اگر از حالت  $10\times$  پروب برای اندازه‌گیری استفاده شود، مقادیر قرائت‌شده دامنه را باید در عدد ۱۰ ضرب کرد تا مقدار واقعی دامنه سیگنال به‌دست آید. موارد کاربرد  $10\times$  برای سیگنال‌های با دامنه زیاد می‌باشد.



### شرح عملکرد مهم‌ترین اجزای اسیلوسکوپ

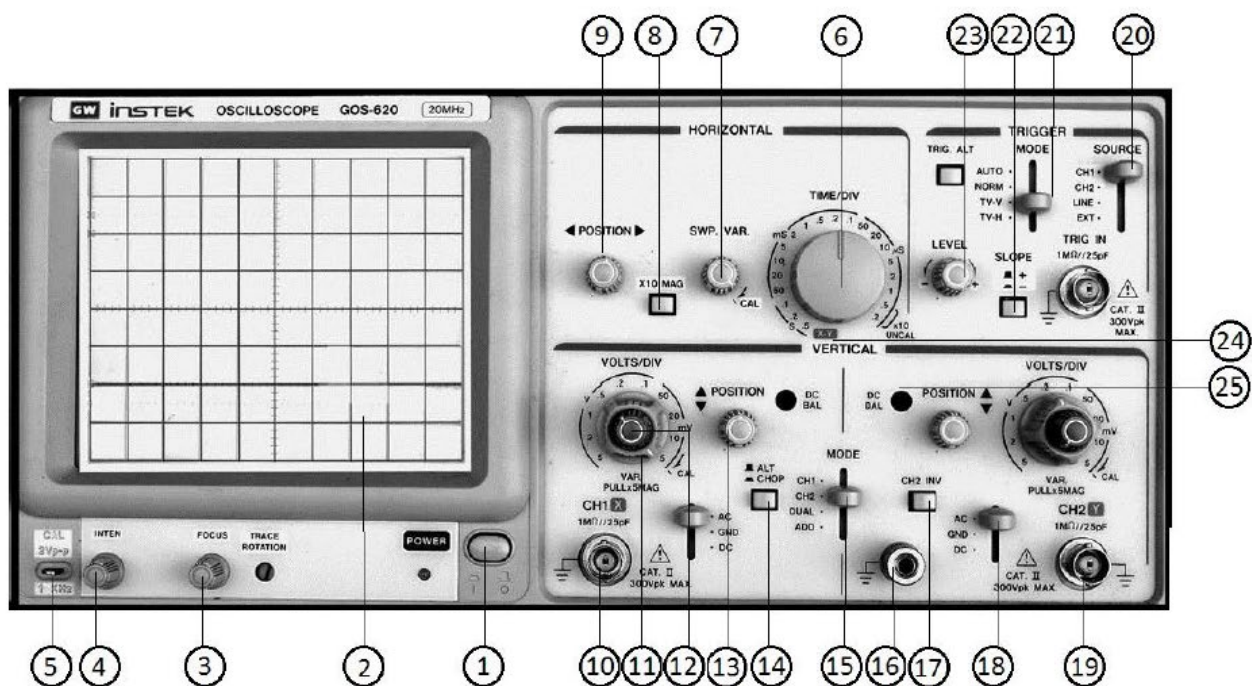
در اینجا قصد نداریم به بررسی ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بپردازیم؛ بلکه هدف، آشنایی با قابلیت‌های اسیلوسکوپ و نحوه استفاده از آن می‌باشد. به دلیل اینکه طرز کار همه اسیلوسکوپ‌ها شبیه یکدیگر است و کلیدها و ولوم‌های آن‌ها تقریباً یکی است، برای آموزش این مطالب از یک اسیلوسکوپ نوعی استفاده می‌کنیم که تصویر این 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 Intensity:** این ولوم شدت نور سیگنال نمایش داده‌شده 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 می گیرد. اسیلوسکوپ یک سیگنال مرجع با دامنه و فرکانس معین برای تست و تنظیم خود ایجاد می کند و به این پین انتقال می دهد. اگر سیگنال مزبور به ورودی اسیلوسکوپ داده شود، می توان شکل موج آن را مشاهده کرد. در عین حال چون دامنه و فرکانس سیگنال مزبور معین است، می توان 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 می کنیم، 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، میلی ثانیه و میکروثانیه است و برای فشردن و باز کردن شکل موج در راستای افقی و اندازه گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ استفاده می شود.

۷- **ولوم (SWP Var) Time Variable:** این ولوم برای فشردن و باز کردن شکل موج در راستای افقی استفاده می شود. برای اندازه گیری زمان تناوب توسط اسیلوسکوپ باید حتماً این ولوم تا آخر در جهت حرکت عقربه های ساعت چرخانده شده و روی علامت Cal قرار گیرد. اگر این ولوم از حالت Cal خارج شود، ضرایب Time/Div دیگر معتبر نبوده و نمی توان زمان تناوب را محاسبه نمود. از این ولوم زمانی استفاده می شود که صحت ضرایب Time/Div اهمیتی نداشته باشد؛ مثلاً زمانی که می خواهیم اختلاف فاز دو موج هم فرکانس 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  $10\times$  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  $\blacktriangleleft$  و  $\blacktriangleright$  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 Cal خارج 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  $\blacktriangledown$  و  $\blacktriangle$  نمایش داده شود.

۱۴- **کلید CHOP-ALT:** اگر فرکانس سیگنال‌های ورودی بیشتر از ۱ kHz باشد، 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 انتخاب ADD، 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 اعمال شده به کانال ۱ انجام می‌شود.
- **CH2:** در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده 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 دنداناره‌ای 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 کلید X-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 لیسازو 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 مشاهده شده را رسم کنید.

ب) دامنه، ولتاژ پیک توپیک و زمان تناوب موج را توسط اسیلوسکوپ اندازه گیری کنید.

ج) با استفاده از زمان تناوب اندازه گیری شده، فرکانس موج را محاسبه کنید.

د) مقدار فرکانس محاسبه شده 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 سیگنال ژنراتور، 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 سیکل های قابل مشاهده روی صفحه ایجاد

می شود.

ب) Time/Div را به گونه ای 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 نمایش داده شده مشاهده

کنید.

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

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

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

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

د) مقدار به دست آمده را با مقدار تنظیم شده روی سیگنال ژنراتور مقایسه کنید.

آزمایش سوم: مدارات RC