بسمه تعالی

دستورکار آزمایشگاه

فیزیک پایه ۲

تهیه کننده: بخشی فرد

فهرست مطالب

مقدمه ۲

قوانین و مقررات آزمایشگاه ۳

نحوه نوشتن گزارش کار ۴

نحوه ارزیابی ۶

مفاهیم و تعاریف آزمایشگاهی ۷

میز کار ۱۱

آزمایش اول ۱۸

آزمایش دوم ۳۰

آزمایش سوم ۳۴

آزمایش چهارم ۳۸

آزمایش پنجم ۴۴

آزمایش ششم ۴۷

آزمایش هفتم ۵۰

آزمایش هشتم ۶۵

مقدمه

دانشجویان عزیز سلام، به آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ خوش آمدید.

همان طور که می دانید هدف از علم فیزیک ارائه مدل های ریاضی برای پدیده های طبیعت است. اثبات درستی یا نادرستی این مدل ها به عهده علم فیزیک است و این کار در آزمایشگاه های فیزیک انجام می شود. در آزمایشگاه های مختلف علم فیزیک آزمایش های متنوعی انجام می شود و کاری که در تمام این آزمایش ها انجام می گیرد، اندازه گیری است. اندازه گیری یک فرآیند مقایسه کردن است. مقایسه ای بین یک کمیت فیزیکی و یک مقیاس یا واحد اندازه گیری. از این روست که برخی علم فیزیک را علم اندازه گیری می نامند.

اساس کار ما در آزمایشگاه کار عملی و نتیجه گرفتن از آزمایش است. امید است که با سعی و تلاش و پشتکاری که از خود نشان می دهید در این آزمایشگاه به اندوخته های عملی و علمی خود بیفزایید. موفقیت روز افزون شمار آرزومندیم.

قوانین و مقررات آزمایشگاه

به منظور افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از وسایل و تجهیزات موجود در آزمایشگاه و بالا رفتن ضریب یادگیری، ایمنی و سلامت فردی و وسایل، لازم است دانشجویان به نکات زیر توجه کرده و به انجام آن‌ها اهتمام ورزند:

۱. حضور به موقع در ساعت مقرر در آزمایشگاه.

۲. رعایت نظم و ترتیب در انجام کار گروهی و مسئولیت‌پذیری در اجرای آزمایش مورد نظر.

۳. رعایت موارد ایمنی جهت حفظ سلامتی خود و همکلاسیها.

۴. دقت در حفظ و نگهداری وسایل و دستگاه‌های آزمایشگاهی.

۵. عدم تحرک بیجا در آزمایشگاه و عدم دخالت در اجرای آزمایش گروه‌های دیگر.

۶. یادداشت نتایج به دست آمده از آزمایش به منظور تکمیل گزارش کار آزمایش مربوط.

۷. تحویل گزارش کار جلسه قبلی در بدو ورود به آزمایشگاه.

۸. عدم استفاده از وسایل ارتباطی در کلاس.

نحوهء نوشتن گزارش کار

پس از پایان انجام هر آزمایش و خلاصه برداری و ثبت نتایج، شما دانشجویان عزیز تا جلسهء بعد فرصت دارید که کلیه اهداف و خواسته های آزمایش را نظیر اطلاعات مربوط به آزمایش، گروه و نتایج آزمایش اعم از محاسبات عددی، جدول ها، رسم نمودارها، محاسبات خطاها، نتیجه گیری و پاسخ به سوالات را در گزارش کار خود نوشته و در بدو ورود به مسئول آزمایشگاه تحویل دهید. درصدی از نمره نهایی آزمایشگاه شما مربوط به گزارش کارهای آزمایشگاهی است، لذا ضمن رعایت تمیزی و مرتب و خوانا نوشتن نتایج باید توجه داشته باشید که برای تحویل هر گزارش کار تنها تا جلسهء بعدی فرصت دارید. هرگونه کپی برداری از نوشته دیگران یا استفاده از نتایج آزمایش ها در اینترنت، معادل نمرهء صفر خواهد بود. در زیر به موارد لازم در هر گزارش کار آزمایشگاهی اشاره می کنیم : (ترتیب رعایت شود)

۱- ذکر نام آزمایش، گروه، اعضای گروه و تاریخ انجام آزمایش.

۲- مشخص کردن عنوان و هدف از انجام هر بخش آزمایش و ذکر وسایل مورد استفاده.

۳- رسم شکل که نحوه انجام آزمایش را نشان می دهد. (شکل هایی که طرز چیدن وسایل را نشان می دهد)

۴- ارائه توضیح مختصر اما کافی درباره تئوری آزمایش. (تئوری آزمایش به طور دلخواه)

۵- بیان توضیح مختصر درباره نحوهء انجام آزمایش و نکات اندازه گیری.

۶- ارائه جدول های ثبت داده های اندازه گیری. (کمیت و واحد آن فراموش نشود)

۷- به دست آوردن کلیه روابط لازم برای انجام محاسبات در صورتی که روابط واضح نباشد.

۸- رسم نمودارهای لازم برای تحلیل آزمایش در کاغذ میلیمتری یا با نرم افزارهای رسم نمودار. (به نمودارهای رسم شده در کاغذ معمولی نمره ای تعلق نمی گیرد)

۹- محاسبه خطاهای کمیت های موجود که اندازه گیری یا محاسبه شده اند.

۱۰- پاسخ به سوالات هر آزمایش.

۱۱- ذکر عوامل خطای آزمایش به صورت مجزا و ارائه پیشنهادهای عملی برای رفع آنها و در صورت لزوم انجام آن.

۱۲- به طور خلاصه:

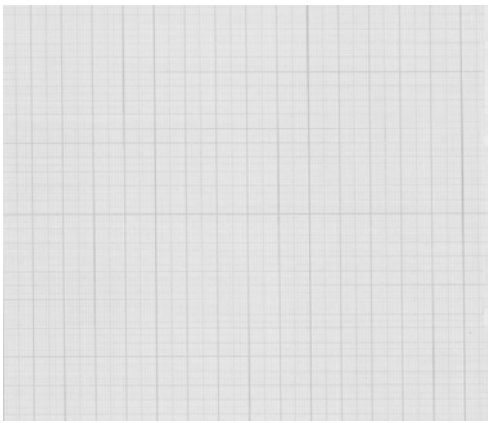
صفحه اول: عنوان آزمایش- نام گروه- اعضای گروه- گزارش دهنده- تاریخ انجام آزمایش

صفحات بعدی: هدف آزمایش- وسایل مورد نیاز- تئوری آزمایش- نحوهء انجام آزمایش- جداول- پاسخ به سوالات- محاسبه خطاها- نمودارها

نحوه ارزیابی

رعایت نظم و ترتیب و نکات انضباطی در آزمایشگاه و عدم غیبت، ده درصد نمرهء نهایی، گزارش کار سی درصد، و امتحان عملی شصت درصد نمره کل آزمایشگاه را تشکیل می دهد.

نمونه ای از کاغذ میلیمتری



مفاهیم و تعاریف آزمایشگاهی

کمیت: هر چیز قابل اندازه‌گیری

اندازه‌گیری: محاسبهء مقدار کمیت بر حسب یکای مربوطه

کمیت‌ها: اصلی و فرعی

اندازه‌گیری: مستقیم و غیر مستقیم

عدم امکان اندازه‌گیری دقیق کمیت و تعریف خطا: اندازه‌گیری‌ها همواره با خطا همراهند. اندازه‌گیری دقیق یک کمیت فاقد معناست زیرا عوامل زیادی مانع رسیدن ما به مقدار واقعی کمیت می‌باشد که حذف همهء آنها به‌طور کامل ممکن نیست. بعضی از این عوامل خطا عبارتند از:

۱- وسایل اندازه‌گیری کمیات

۲- شخص آزمایش‌گر

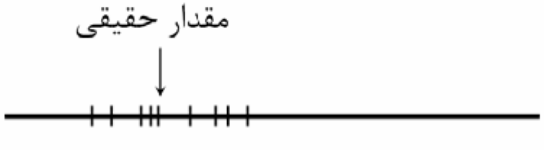
۳- عوامل پیچیده و متغیر محیط

خطاها به دو دسته تقسیم می شوند:

۱- خطاهای کاتوره ای(تصادفی)

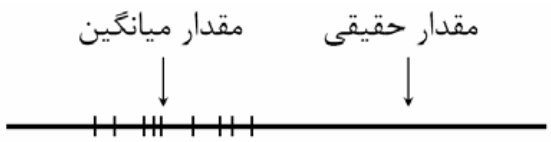
۲- خطاهای سیستماتیک (ذاتی)

کمیتی را چند بار اندازه‌گیری می‌کنیم و اعداد به‌دست آمده را روی یک محور مشخص می‌کنیم.



پراکندگی که در روی محور دیده می‌شود ناشی از خطاهای کاتوره ای(تصادفی) موجود می‌باشد .اگر خطاهای موجود در اندازه‌گیری فقط از نوع خطاهای کاتوره‌ای باشند نتایج اندازه‌گیری‌های متوالی در اطراف مقدار حقیقی کمیت مورد نظر گسترده می‌شوند. طبق تعریف خطاهای کاتوره‌ای خطاهایی هستند که احتمال مثبت یا منفی بودن آنها مساوی است پس معقول به‌نظر می‌رسد که میانگین این اعداد تقریب خوبی از مقدار واقعی کمیت باشد و هرچه تعداد اندازه گیری‌ها افزایش پیدا کند به مقدار واقعی نزدیک‌تر شود.

اثر خطاهای سیستماتیک موجود، این است که یک جابجایی از مقدار واقعی در میانگین اعداد به وجود می‌آورد.



تشخیص و رفع خطاهای سیستماتیک در حالت کلی کار نسبتا مشکلی است و معمولا وقتی یک کمیت از طریق آزمایش‌های مختلف به‌دست می‌آید قابل تشخیص است.

خطاها:

خطای مطلق: مقدار اندازه‌گیری شده - مقدار واقعی آن کمیت یعنی:

$$\varepsilon = \Delta x = x - X$$
$$x - \Delta x \le x \le x + \Delta x$$

خطای نسبی: قدر نطلق خطای مطلق تقسیم بر مقدار واقعی را خطای نسبی می نامند. $\left|\frac{\Delta x}{x}\right|$

درصد خطای نسبی: خطای نسبی ضرب در صد. $\left|\frac{\Delta x}{x}\right| \times 100$

خطای حاصل جمع و حاصل تفاضل:

$$x = a + b \rightarrow \Delta x = \Delta a + \Delta b \rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a + b}$$

$$x = a - b \rightarrow \Delta x = \Delta a + \Delta b \rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$$

خطای حاصل ضرب و حاصل تقسیم:

$$x = ab \rightarrow \Delta x = b\Delta a + a\Delta b \rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$x = a/b \rightarrow \Delta x = (b\Delta a - a\Delta b)/b^2 \rightarrow \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

محاسبات روابط فوق را تحقیق کنید. در روابط فوق چه نکته‌ای مشاهده می‌کنید؟

دقت وسیلهء اندازه‌گیری: کمترین مقداری است که از روی درجه‌بندی وسیله اندازه‌گیری خوانده می‌شود. برای تعیین دقت وسیله از رابطهء زیر استفاده می‌کنیم:

دقت وسیله اندازه گیری: تفاضل دو عدد متوالی روی دستگاه اندازه‌گیری تقسیم بر تعداد فواصل مساوی بین آن دو عدد

رقم مشکوک: اولین رقم سمت راست هر عددی که از اندازه گیری کمیت به دست می آید.

ارقام با معنی: حاصل اندازه گیری و معرف مقدار کمیت همراه با دقت در اندازه‌گیری کمیت است. به بیان دیگر ارقام با معنی به ارقامی گفته می‌شود که در حد دقت وسیله اندازه‌گیری هستند. صفرهای قبل از ممیز و بعد از ممیز اگر قبل از آنها رقمی وجود نداشته باشد جزو ارقام با معنی نیستند.

نماد علمی: نوشتن گزارش اندازه‌گیری به‌صورت حاصل‌ضرب عددی بین ۰ و ۹ در توانی از ۱۰.

کمیت اولیه: کمیتی که مستقیماً از روی وسیله اندازه‌گیری خوانده می‌شود مثل طول یک میز، اختلاف پتانسیل دو سر یک باطری و زمان سقوط یک گلوله فلزی از یک ارتفاع مشخص.

کمیت ثانویه: این نوع کمیت مستقیماً از روی وسیله اندازه‌گیری خوانده نمی‌شود بلکه توسط تابعی به کمیات اولیه و ثانویه دیگر ربط پیدا می‌کند، مثل چگالی یک جسم که از روی تقسیم جرم بر حجم جسم به‌دست می‌آید.

مقدار مناسب کمیت: (مقدار میانگین)

برای به‌دست آوردن مقدار درست یک کمیت باید چندبار اندازه‌گیری انجام شود. اعداد به‌دست آمده را $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_N$ می‌نامیم. مقدار میانگین کمیت از رابطه ء زیر به‌دست می‌آید:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_N}{N}$$

محاسبه خطا در توابع یک و چند متغیره:

ما حالتی در نظر می گیریم که تابع f تابعی از یک کمیت باشد یعنی $y = f(x)$. در این حالت:

$\Delta y = (df/dx)\Delta x$. اگر تابع f تابعی از چند کمیت باشد یعنی $y = f(x, y, z, w, \ldots)$ آنگاه:

$$(\Delta y)^2 = (df/dx)^2 \Delta x^2 + (df/dy)^2 \Delta y^2 + (df/dz)^2 \Delta z^2 + (df/dw)^2 \Delta w^2 + \ldots$$

جدول زیر در تبدیل یکاها به ما کمک می کند:

پیشوند	نماد	ضریب	پیشوند	نماد	ضریب
اگزا	E	10^{18}	دسي	d	10^{-1}
پتا	P	10^{15}	سانتي	c	10^{-2}
ترا	T	10^{12}	ميلي	m	10^{-3}
گیگا	G	10^{9}	میکرو	μ	10^{-6}
مگا	M	10^{6}	نانو	n	10^{-9}
کیلو	k	10^{3}	پیکو	p	10^{-12}
هکتو	h	10^{2}	فمتو	f	10^{-15}
دکا	da	10^{1}	آتو	a	10^{-18}

میز کار آزمایش:

میز کار آزمایشی که در آزمایشگاه فیزیک پایه ۲ تمامی آزمایش‌ها بر روی آن انجام می‌گیرند، شامل قطعات و دستگاه الکترونیکی از قبیل: مالتی‌مترهای دیجیتالی، منابع تغذیه AC و DC ، اسیلوسکوپ، مولد سیگنال ، مولد تابع خروجی‌های ولتاژ شهری و کلیدهای روشن و خاموش نمودن مربوط به هر یک از اجزا مذکور است. در شکل زیر یک نمای کلی از این میز نشان داده شده است.

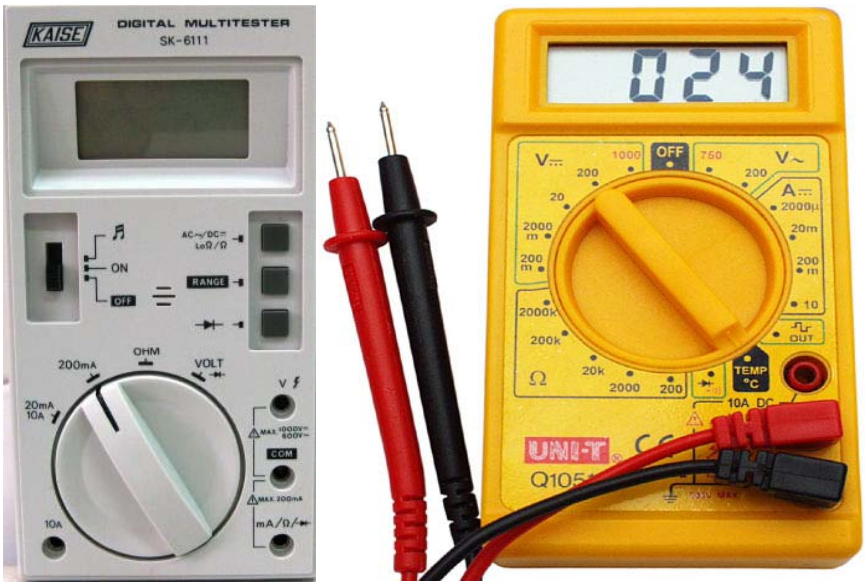
به‌منظور برقرار نمودن جریان الکتریکی اصلی میز آزمایش، پس از اطمینان حاصل کردن از اتصال سیم رابط اصلی میز به پریز برق، از کلید و فیوز تعبیه شده در کنار میز استفاده می‌کنیم (در این حالت چراغ قرمز رنگ میز روشن خواهد شد) همچنین به‌منظور استفاده از هر یک از اجزا و دستگاه‌های الکترونیکی ذکر شده در بالا و روشن و خاموش کردن آنها، از کلیدهای مخصوص و مربوط به هریک از این اجزا استفاده می‌شود. در ادامه به‌طور مختصر توضیحاتی جهت آشنایی درباره هر یک از اجزای نام برده در میز آزمایشگاهی ارائه می‌شود.

مولتی‌متر :

مولتی‌متر یا تست‌کننده چندگانه، ابزار الکترونیکی اندازه‌گیری می‌باشد که چندین تابع اندازه‌گیری را در یک واحد ترکیب نموده است. یک مولتی‌متر توانایی اندازه‌گیری ولتاژ، جریان یا مقاومت را دارد. شکل زیر یک مولتی‌متر دیجیتال را نشان می‌دهد.

قبل از انجام آزمایش، باطری و اتصالات مولتی‌متر را چک کنید، برای این کار می‌توانید با اتصال کوتاه سیم‌های مولتی‌متر، مقاومت صفر را اندازه‌گیری کنید. برای هر اندازه‌گیری، سلکتور مولتی‌متر را روی محدوده مناسب تنظیم کنید.برای هر اندازه‌گیری دقت کنید فیش‌های سیم مولتی‌متر در جای درست قرار گرفته باشند. هنگام اندازه‌گیری، دقت کنید که انگشتانتان با سیم‌های مولتی‌متر تماس پیدا نکند. پس از انجام آزمایش، مولتی‌متر را خاموش کنید. این دستگاه تواماً می‌تواند مقاومت (Ω) ولتاژ (V) و جریان (A) را اندازه گیری نماید. در قسمت پایین چپ سیستم دکمه ON/OFF دکمه روشن و خاموش دستگاه می‌باشد. سلکتور پایین صفحهٔ نمایشگر، کلید تعویض عملکرد دستگاه می‌باشد. به‌وسیله این کلید، دستگاه مالتی‌متر در حالت‌های مختلف مانند آمپرمتر، اهم‌متر و ولت‌متر قرار می‌گیرد. هنگامی‌که سلکتور روی ناحیه $\overline{A}$.. تنظیم شده باشد، دستگاه جریان مستقیم را اندازه‌گیری می‌نماید و در صفحهٔ مانیتور علامت DC ظاهر می‌شود. در شرایطی که سلکتور مقابل ناحیهٔ $A\sim$ واقع گردیده باشد، دستگاه در حالت اندازه‌گیری جریان AC بوده و در صفحهٔ مانیتور علامت AC ظاهر می‌گردد. کلید سلکتور را می‌چرخانیم و روی علامت $\overline{V}$.. ولت‌متر قرار می‌دهیم. حال دستگاه برای تعیین مقدار ولتاژ مدار مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در پایین دستگاه چهار محل اتصال سیم(ترمینال) قرار دارد، که ترمینال مشکی رنگ به‌صورت مشترک COM در تمام موارد فوق مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترمینال V برای تعیین ولتاژ به‌کار می‌رود و ترمینال A و mA برای اندازه‌گیری جریان به ترتیب در mA گستره میلی‌آمپر و تا

حد 20 آمپر می‌باشند. به مولتی‌متر آوومتر نیز می‌گویند. وجه تسمیه آوومتر ($AV.O$) آن است که این دستگاه تواماً می‌تواند هم اهم‌متر (O) هم ولتمتر (V) و هم آمپرمتر (A) باشد. در قسمت بالایی دستگاه صفحه نمایشگر سیستم واقع گردیده‌است (اشکال زیر)



استفاده از ولت‌متر (اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل (ولتاژ)): برای چک کردن ولت‌متر، سیم‌های مولتی‌متر را به منبع تغذیه وصل کنید، در این‌صورت باید با تغییر ولتاژ منبع، عدد نمایش داده شده عوض شود. بسته به نیازتان، مولتی‌متر را روی حالت AC یا DC قرار دهید برای ولت‌سنجی، سیم‌های مولتی‌متر باید موازی با قطعه مورد نظر بسته شود (یعنی دو سر سیم‌های ولت‌متر را به دو سر قطعه مورد نظر بزنید). بدیهی ست که هنگام ولت‌سنجی، مدار باید روشن باشد!

استفاده از اهم‌متر (اندازه‌گیری مقاومت): برای چک کردن اهم‌متر، سیم‌های مولتی‌متر را اتصال کوتاه نمایید، در این صورت باید عدد "صفر" نمایش داده شود. برای اهم‌سنجی، بهتر است قطعه را از مدار خارج کرده و به‌صورت جداگانه مقاومت آن را بسنجید. در غیر این‌صورت، مولتی متر، مقاومت همه مدار را نشان می‌دهد. هیچ‌گاه مقاومت قطعه‌ای که در آن جریان الکتریکی وجود دارد را با مولتی‌متر اندازه‌گیری نکنید!

استفاده از آمپرمتر (اندازه‌گیری جریان الکتریکی): برای آمپرسنجی، سیم‌های مولتی‌متر باید به صورت سری با قطعه مورد نظر بسته شود (یعنی قسمتی از مدار که می‌خواهید جریان آن را بسنجید را باز کرده و مولتی‌متر را سر راه آن نصب کنید). بسته به نیازتان، مولتی‌متر را روی حالت AC یا DC قرار دهید. هر مولتی‌متر معمولا دو

قسمت برای آمپرسنجی دارد: جریان‌های کم و جریان‌های زیاد. قسمت جریان کم دارای فیوز است و در صورتی که جریان بیش از حد از آن بگذرد، فیوز، مولتی‌متر را نجات می‌دهد! قسمت جریان زیاد فیوزی ندارد و درصورتی که جریان بیش از حد از مولتی‌متر بگذرد، این قسمت آسیب خواهد دید. بدیهی‌ست هنگام آمپر سنجی، مدار باید روشن باشد!

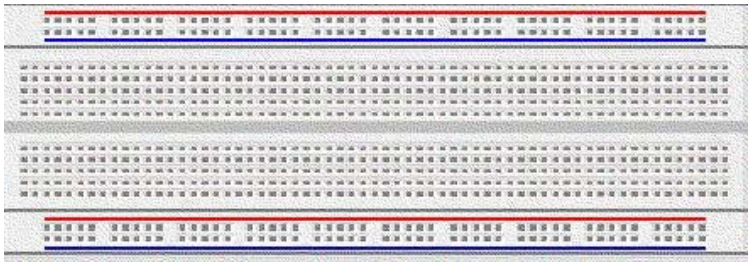
اسیلوسکوپ

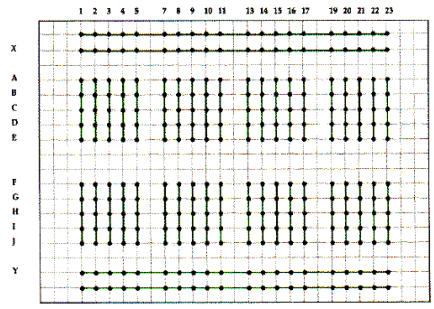
یکی از وسایل دقیق و مهم اندازه‌گیری ولتاژ و فرکانس و نیز مشاهده امواج الکتریکی که در آزمایشگاه‌ها به‌کار می‌رود، اسیلوسکوپ می‌باشد. شکل ظاهری اسیلوسکوپ در زیر نشان داده شده‌است.

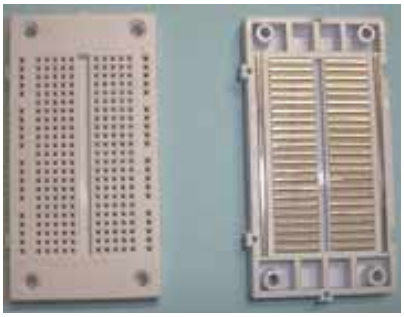
اسیلوسکوپ دارای دو ورودی است که برای بسیاری از کارها، یکی از آن‌ها کافی‌ست. کارکرد دکمه‌ها و سلکتورهای اسیلوسکوپ روی دستگاه توضیح داده خواهد شد. درصورتی که از اسیلوسکوپ استفاده نمی‌کنید، آن را خاموش کنید. از رها کردن اسیلوسکوپ در حالت x-y بپرهیزید زیرا اثر نقطه روشن، روی صفحه باقی می‌ماند.

بردبورد BreadBoard

بِرِد بُورد نوعی بُرد الکترونیکی است (مانند بوردهای سوراخ‌دار) که به‌وسیله‌ی آن می‌توان اجزای الکترونیکی متعدد را به‌یکدیگر متصل کرد. در بوردهای سوراخ‌دار معمولی، باید پس از نصب هر قطعه در بورد، پایه‌های آن‌را در بورد لحیم کنیم، اما در برد بورد ما نیازی به انجام لحیم‌کاری نداریم و فقط کافیست قطعه را روی برد بورد قرار دهیم (با یک فشار کوچک قطعه روی بورد نصب می‌شود). هم‌چنین در بوردهای سوراخ‌دار معمولی شما باید برای برقراری ارتباط بین آن‌ها، از سیم استفاده کنید، ولی در برد بورد به‌صورت پیش فرض تعداد زیادی از اتصالات برقرار شده که شما فقط کافیست با در نظر گرفتن این اتصالات و قرار دادن قطعات در مکان‌های مناسب، مدارهای خود را راه‌اندازی کنید. اما با این وجود، در بسیاری از موارد ما مجبور به استفاده از سیم‌های کمکی برای برقراری ارتباط ها می‌شویم. لایه‌های داخلی برد بورد از نوارهای فلزی(معمولا مسی) تشکیل شده است که در لایه تحتانی به‌صورتی که در شکل نشان داده شده است و بدون هیچ اتصالی با یکدیگر در پایین بورد قرار دارند. توسط حفره‌های پلاستیکی این لایه‌های فلزی تا بالای بورد هدایت شده‌اند و این ما را قادر می‌سازد تا اجزای الکترونیکی را به‌یکدیگر متصل کنیم. برای استفاده از برد بورد کافیست پایه‌های قطعات را درون شکاف مورد نظر فرو بریم (به این شکاف‌ها اصطلاحاً سوکت می‌گویند.) و این سوکت‌ها طوری طراحی شده‌اند که قطعات را کاملا محکم در خود بگیرند و هر حفره یا همان سوکت پایه قطعه را به لایه مسی تحتانی هدایت می‌کند. هر سیم که وارد این حفره‌ها می‌شود گره یا node نامیده می‌شود و هر گره را نقطه‌ای از مدار می‌نامند که حداقل باعث متصل شدن دو قطعه به یکدیگر شده است و اما در بردبورد وقتی می‌خواهیم بین دویا چند قطعه اتصال الکترونیکی برقرار کنیم باید یکی از پایه‌هایشان با هم تشکیل گره بدهند برای اینکار کافیست پایه آنها را در حفره‌هایی که همگی در راستای لایه مسی مشترکی هستند قرار دهیم. به‌طور کلی به یاد داشته باشید که در بردبوردهایی که در ایران معمول شده یک گره شامل حفره‌های ردیف عمودی در هر یک از دو طرف است و این‌که بردبورد از وسط به‌صورت قرینه دو تکه به نظر می‌آید به منظور تعبیه محلی برای جاگذاری آی سی است .ردیف‌های طولی بالا و پایین برای اتصالات منبع ولتاژ بکار می‌رود (هرچند استفاده از آن برای موارد دیگر نیز ممکن و مجاز است). حفره‌های بالایی و پایینی، به صورت افقی و حفره‌های وسطی به صورت عمودی به‌یکدیگر متصل شده‌اند. حفره‌های وسطی به وسیله خط میانی از هم مجزا شده‌اند و اتصالی بین آن‌ها نیست. BreadBoard برای ساخت مدارهای با فرکانس خیلی بالا مناسب نیست، زیرا نویز ایجاد می‌کند. در عیب‌یابی مدار، حتما اتصال قطعات توسط BreadBoard را چک کنید.





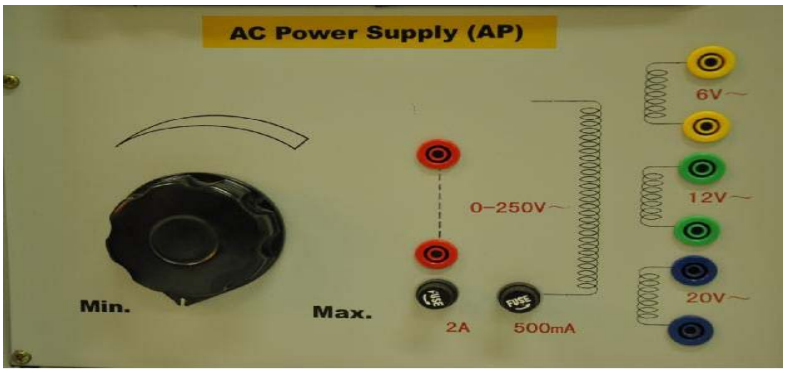


منبع تغذیه

یکی دیگر از مهمترین المان‌های الکتریکی که وظیفه فراهم آوردن انرژی الکتریکی لازم جهت انجام آزمایشات مختلف را به‌عهده دارد و اغلب در تمامی آزمایش‌های فیزیک ۲ از آن استفاده می‌شود، منبع تغذیه می‌باشد .دو فاکتور مهم در انتخاب منبع تغذیه، بسته به نوع آزمایش، نوع جریان و میزان ولتاژ مورد نیاز است. منبع تغذیه دارای پیچ تنظیم ولتاژ، پیچ تنظیم دقیق ولتاژ و پیچ تنظیم سقف جریان خروجی است. حتما قبل از اتصال منبع تغذیه به مدار، مقدار ولتاژ آن را صفر کنید. پس از اتصال منبع تغذیه به مدار، ولتاژ منبع تغذیه کمی افت می‌کند (چرا؟)، بنابراین برای تنظیم دقیق ولتاژ ورودی مدار، بایستی ولتاژ منبع تغذیه را پس از اتصال به مدار تنظیم کنید. به‌طور کلی بسته به نوع جریان تولیدی، منابع تغذیه به دو دسته تقسیم می‌شوند:۱- منبع تغذیه DC ۲- منبع تغذیه AC

منبع تغذیه DC: از این نوع از منبع تغذیه، به‌منظور ایجاد جریان مستقیم در مدارات الکتریکی استفاده می‌شود. در شکل زیر نمای کلی منبع تغذیه DC نشان داده شده است .

منبع تغذیه AC: از این نوع از منبع تغذیه، به‌منظور ایجاد جریان متناوب در مدارات الکتریکی استفاده می‌شود. در شکل زیر نمای کلی منبع تغذیه AC نشان داده شده است.



آزمایش اول---------- آشنایی با وسایل اندازه‌گیری الکتریکی

هدف آزمایش:آشنایی با آمپرسنج آنالوگ- ولت‌سنج آنالوگ- گالوانومتر آنالوگ- اهم‌مترآنالوگ - مولتی‌متر دیجیتالی - مقاومت- خازن - سیم پیچ

وسایل آزمایش :گالوانومتر، ولت‌متر، آمپرمتر، مولتی‌متر، مقاومت رنگی، سیم‌پیچ، رئوستا،پتانسیومتر، خازن

در ابتدای هر آزمایش، آشنایی با وسایل آزمایشگاه یکی از مهم‌ترین مراحل می‌باشد. دانشجویان و محققین بایستی با وسایل مورد استفاده در آزمایش‌ها و طرز کار آنها کاملاً آشنا باشند تا در مراحل مختلف آزمایش دچار مشکل و اتلاف وقت نشوند. در ضمن نسبت به اطلاعات به‌دست آمده از طریق اندازه‌گیری اطمینان کافی حاصل شود. در آزمایش‌های الکتریسیته با چند وسیلهٔ اندازه‌گیری کار خواهید کردکه برخی از آنها عبارتند از:

۱. گالوانومتر- جهت اندازه‌گیری و نشان دادن جریان‌های بسیار کوچک.

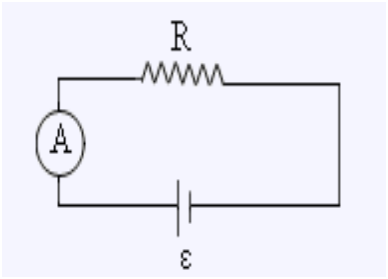
۲. آمپرمتر- جهت اندازه‌گیری جریان‌های الکتریکی.

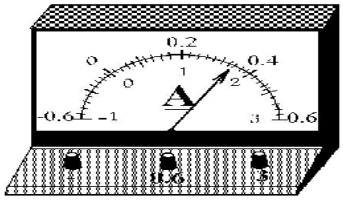
۳. ولت‌متر- جهت اندازه‌گیری ولتاژهای الکتریکی.

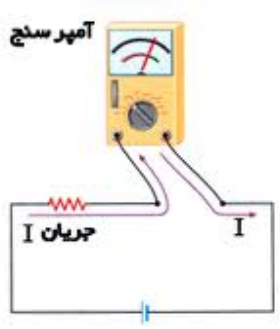
۴. مولتی متر- این وسیله چند پارامتر را می‌تواند اندازه‌گیری کند از جمله جریان و ولتاژهای الکتریکی مستقیم و غیر مستقیم و مقدارمقاومت‌های الکتریکی.

آمپرسنج: دستگاهی‌ست که برای اندازه‌گیری جریان عبوری از یک مدار مورد استفاده قرار می‌گیرد. اولین آمپرسنج توسط دی‌آرسون‌وال ساخته شد که آمپرسنجی با سیم‌پیچ چرخان (گالوانومتر) است. آمپرمتر باید قبل از نصب در مدار، در حالت AC و DC قرار داده شده (برحسب نیاز) سپس رنج آن را در بالاترین حالت قرار داده (در صورت عدم اطلاع از مقدار جریان) و آن را مطابق شکل زیر به صورت سری در مدار مورد نظر قرار داد و در صورتی که عقربه آمپرمتر انحراف کمی داشت آنرا پله پله حساس کرده تا بیشترین انحراف را به خود بگیرد. در آمپرمتر آنالوگ سه سوکت ورودی وجود دارد (ـ ، ۰/۶ ، ۳)که سوکت (ـ) همیشه مشترک می‌باشد و سوکت (۰/۶) حداکثر جریان ۰/۶ آمپر را اندازه‌گیری می‌کند و سوکت (۳) حداکثر جریان ۳ آمپر را اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین برای استفاده از آمپرمتر بایستی با توجه به مقدار جریان مدار از محدودهٔ مناسب استفاده نمود و آن را در مدار به‌طور سری قرار داد. آمپرمتر عقربه‌ای در صورت جابجا نصب کردن سیم‌های دو سر آمپرمتر در جهت عکس منحرف می‌شود که در صورت مشاهده این عمل جای سیم‌های ورودی آمپرمتر باید تعویض شود. جهت اندازه‌گیری جریان‌های DC و AC هنگام استفاده از آمپرمتر دیجیتالی ضمن رعایت نصب

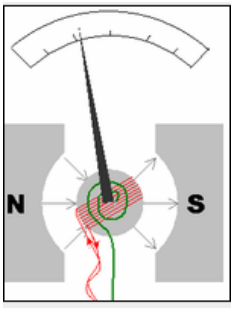
صحیح دستگاه و انتخاب حالت آمپرمتر، کافی است سیم‌های رابط آمپرمتر در محل‌های COM و A یا COM و mA نصب شوند. اینجا نیز در صورت جابجا نصب نمودن سیم‌ها فقط عدد مورد نظر منفی نشان داده می‌شود.





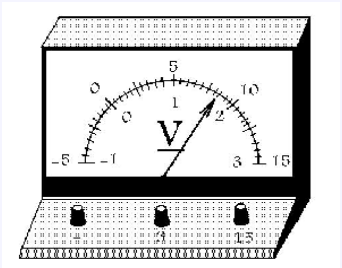


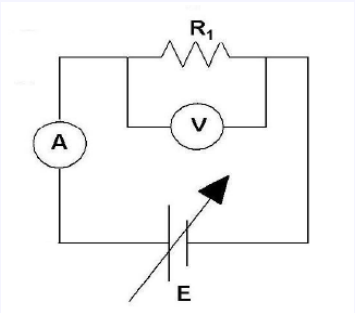
گالوانومتر: ساختمان درونی گالوانومتر تشکیل شده است از یک قاب متحرک سیم‌پیچی شده که جریان الکتریکی از آن عبور می‌کند و این قاب درون یک میدان مغناطیسی ثابت می‌تواند حول محوری عمود بر میدان مغناطیسی دوران کند و بر اثر نیروی مغناطیسی وارده از طرف میدان به قاب حامل جریان یک گشتاور حول محور قاب به آن وارد می‌شود و باعث چرخش آن حول محورش خواهد شد. هر چه مقدار جریان عبوری از قاب بیشتر باشد میزان انحراف قاب که توسط یک عقربه نشان داده می‌شود بیشتر خواهد بود. بنابراین میزان انحراف عقربه معیاری برای اندازه‌گیری جریان می‌باشد. به علت حساسیت بالای گالوانومتر کوچکترین جریان عبوری از آن باعث انحراف عقربه‌اش خواهد شد و می‌توان از آن برای نشان دادن جریان‌های بسیار ضعیف استفاده نمود. گالوانومتر را بایستی در مدار به‌صورت سری قرار داد تا جریان مدار از آن عبور کند و مقدار صحیح را نشان دهد.



ولت سنج: ولت‌سنج یا ولت‌متر دستگاهی است که برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر یک مدار الکتریکی به‌کار می‌رود که همانند گالوانومتر و آمپرمتر از یک قاب متحرک درون یک میدان مغناطیسی ساخته شده است ولی ساختمان درونی آن متفاوت است و طوری طراحی شده است که در مدار به صورت موازی بسته شود و به‌خاطر بالا بودن مقاومت درونی آن تأثیر زیادی بر روی جریان عبوری از مدار نخواهد داشت. ولت‌متر آنالوگ دستگاه قاب گردان چرخانی است که با اضافه کردن یک مقاومت به‌طور سری با سیم پیچ (قاب)

به عنوان ولت‌متر استفاده می‌شود. در حقیقت ولت‌متر با استفاده از یک قاب کوچک(سیم‌پیچ) که در یک میدان مغناطیسی قوی قرار گرفته، ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند. این قاب می‌چرخد و یک فنر کوچک را فشرده می‌کند. زاویه چرخش قاب از وضعیت اولیه متناسب جریان گذرنده از قاب (و در نتیجه ولتاژ دو سر ولت‌متر) می‌باشد. مطابق شکل ولت‌متر آنالوگ دارای سه سوکت ورودی (ـ ، ۳ ، ۱۵) می‌باشد که سوکت (ـ) مشترک و سوکت (۳) حداکثر تا ۳ ولت و سوکت (۱۵) حداکثر تا ۱۵ ولت را اندازه‌گیری می‌کند. ولت‌مترها در شکل‌های مختلفی بسته به نوع کاربردشان ساخته می‌شوند. این دستگاه‌ها که روی یک صفحه‌ی دارای مقیاس نصب شده‌اند، به منظور کنترل ژنراتورها و دستگاه‌های دیگر به‌کار می‌روند. حساسیت ولت‌مترها برحسب «ohms per volt» بیان می‌شود. برای مثال یک ولت‌متر با حساسیت ۱۰۰۰ اهم در ولت می‌تواند به جریان ۱میلی آمپر حساسیت نشان دهد. در بیشتر ولت‌مترها می‌توان محدوده‌ی اندازه‌گیری ولتاژ را تغییر داد که این کار با تغییر دادن مقاومت‌های داخلی ولت متر امکان پذیر خواهد بود. همان‌طور که گفته شد ولت‌سنج بر خلاف آمپرسنج به‌صورت موازی در مدار(به موازات قطعه‌ای که اختلاف پتانسیل دو سر آن مورد نظر است) قرار می‌گیرد و به این دلیل مقاومت آن بالاست. باید دقت داشت که شروع اندازه‌گیری باید از رنج‌های بزرگ‌تر (حالت‌هایی با اندازه‌گیری بیشتر ولتاژ) آغاز گردد تا باعث صدمه در ولت‌متر نگردد. اشکال زیر نمونه‌ای از ولت‌متر آنالوگ و نحوه قرار گرفتن آن در مدار را نشان می‌دهد.





اهم متر: اهم‌سنج یا اهم‌متر دستگاهی است که برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی به‌کار می‌رود و در دو نوع آنالوگ (عقربه‌ای) و دیجیتال موجود می‌باشد. طرز استفاده از آن بسیار آسان است. کافیست دو سر پروب‌های ورودی اهم‌متر را به‌صورت موازی به دو سر قطعه متصل کنیم و مقاومت آن‌را اندازه‌گیری کنیم. عقربه شروع به حرکت می‌نماید، به خط مدرج اهم متر نگاه کنید؛

- اگر سلکتور روی عدد ×۱ بود هر عددی را که عقربه نشان می‌دهد بخوانید.

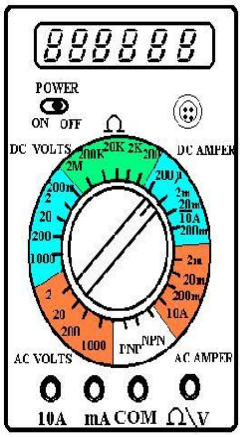
- اگر سلکتور روی ×۱۰۰ باشد هر عددی که عقربه نشان داد را در ۱۰۰ ضرب نمائید.

- اگر سلکتور روی ۱k × قرار داشت (۱کیلو اهم مساوی ۱۰۰۰ اهم است) عدد عقربه را در ۱۰۰۰ ضرب نمائید.

این اعداد همان مقاومت مدار مورد نظر است. در مورد اهم‌سنج دیجیتالی نیز به‌همین صورت است با این تفاوت که عدد بر روی صفحه نمایشگر نمایش داده می‌شود.

نکته: برای اندازه‌گیری مقدار مقاومت مدار بایستی حدود آن را در نظر گرفته تا متناسب با آن سلکتور را تنظیم نمود، اگر عقربه به سمت راست یا چپ چسبید (در نوع دیجیتال هیچ عددی نمایش داده نمی‌شود) نشان آن است که سلکتور روی عدد درست تنظیم نشده است.

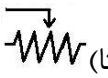
مولتی متر: این وسیله چند پارامتر را می‌تواند اندازه‌گیری کند از جمله جریان و ولتاژهای الکتریکی مستقیم و غیر مستقیم و مقدارمقاومت‌های الکتریکی (اهم متر). در شمای کلی این دستگاه یک صفحه مدرج به همراه یک selector مشاهده می‌کنید.



برای استفاده از آمپرمتر جریان مستقیم کافیست سلکتور مولتی‌متر را روی محدودهٔ DC AMPER قرار دهید (اعدادی که برروی این ناحیه نوشته شده محدودهٔ جریان‌های مورد اندازه‌گیری را نشان می‌دهند که با توجه به مقدار جریان مورد اندازه‌گیری محدودهٔ سلکتور را انتخاب می‌کنیم) و پروب‌های مولتی‌متر را در سوکت‌های ورودی (پروب مشکی در سوکت COM و پروب قرمز را درسوکت mA) قرار دهید. در این حالت عددی را که صفحهٔ نمایشگر مولتی‌متر نشان می‌دهد مقدار جریان مدار را نشان می‌دهد. اگر میزان جریان بیش از ۲۰۰ میلی آمپر باشد سلکتور را بر روی عدد ۱۰A قرار داده و پروب قرمز را درسوکت A ۱۰ قرار دهید که در این حالت تا حداکثر A ۱۰را می‌توانید اندازه‌گیری کنید. برای استفاده از ولت‌متر جریان مستقیم کافیست سلکتور مولتی‌متر را روی محدودهٔ DC volts قرار دهید (اعدادی که برروی این ناحیه نوشته شده محدودهٔ ولتاژهای مورد اندازه‌گیری را نشان می‌دهند که با توجه به مقدار ولتاژ مورد اندازه‌گیری محدودهٔ سلکتور را انتخاب می‌کنیم) و پروب‌های مولتی‌متر را در سوکت‌های ورودی (پروب مشکی در سوکت COM و پروب قرمز را درسوکت V قرار دهید. در این حالت عددی را که صفحهٔ نمایشگر مولتی‌متر نشان می‌دهد مقدار ولتاژ مدار را نشان می‌دهد. برای اندازه‌گیری جریان و ولتاژهای AC مشابه حالت DC عمل کنید با این تفاوت که سلکتور را درناحیه مربوطه قرار دهید.

طریقه میزان کردن عقربه:(calibration) به‌این ترتیب است که اگر سلکتور را روی RX قرار دادیم باید دو سیم اهم‌متر را به هم وصل کنیم. در این صورت عقربه منحرف می‌شود و باید روی عدد صفر بایستد. چون مقاومتی بین دو سیم اهم‌متر وجود ندارد. ولی اگر این‌طور نشد باید عقربه را با ولومی که سمت راست اهم متر با علامت اهم نشان داده شده میزان کنیم تا روی عدد صفر بی‌حرکت بماند و بعد مقاومت مورد نظر را آزمایش می‌کنیم. برای استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی جهت اندازه‌گیری ولتاژ، ضمن رعایت نکات بالا (۱ـ انتخاب وضعیت DC و AC و ۲ـ موازی وصل نمودن ولت‌متر) کافی است دوسری‌های متصل به ولت‌متر را در مکان‌های COM و V نصب نمایید که در صورت جابجا زدن این دو سیم عدد ولت‌متر فقط منفی نشان داده می‌شود ولی به‌لحاظ قدرمطلق تفاوتی نمی‌کند و جای نگرانی نیست. حال با بعضی دیگر از قطعات مدارهای الکتریکی آشنا می‌شویم. این قطعات و شکل نمادین آن‌ها درمدارعبارتند از:

۱. مقاومت الکتریکی

۲. مقاومت الکتریکی متغیر (رئوستا) 

۳. سیم پیچ

۴.منبع تغذیه

۵. خازن

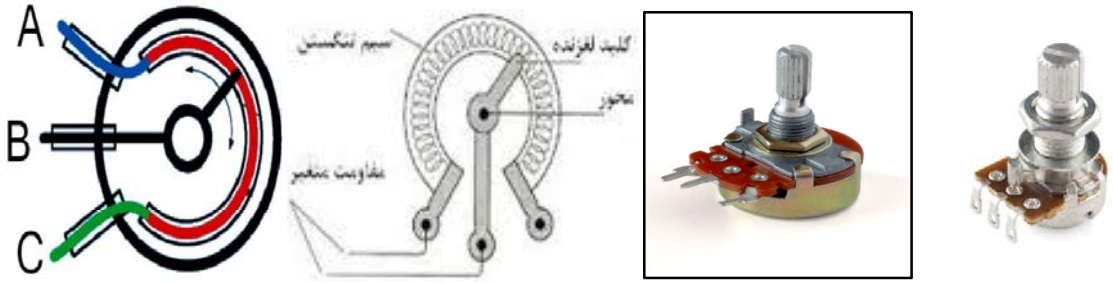
مقاومت: مقاومت یکی از عناصر پایه‌ای و اصلی مدارهای الکترونیکی است. هر هادی الکتریکی در برابر عبور جریان، مقداری مقاومت از خود نشان می‌دهد. این مقاومت باعث می‌شود که جریان عبوری از هادی محدود شود. با کم و زیاد کردن مقاومت موجود در مسیر یک مدار، می‌توان جریان کل مدار را کنترل کرد. مقدار مقاومت هادی‌ها بستگی به جنس هادی و طول آن و سطح مقطع آن دارد که آن را بر حسب اهم می‌سنجند. در الکترونیک مقاومت را با R (ابتدای کلمه Resistor) نمایش می‌دهند. مقدار ولتاژ دو سر یک مقاومت تنها به مقدار جریان عبوری بستگی دارد. انواع مقاومت‌ها عبارتند از:

حال توضیحی اجمالی از مقاومت‌هایی که در این آزمایشگاه از آنها استفاده خواهیم نمود.

مقاومت کربنی: کربن با عبور جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد، بنابراین در ساخت این مقاومت از ترکیب پودر کربن و صمغ و مواد مقاوم (که در اثر حرارت و فشار به‌شکل دلخواه در می‌آید) استفاده می‌شود. مزیت‌های این نوع مقاومت‌ها، ارزانی،کوچکی و امکان ساخت تا ۱۰۰ مگا اهم و عیوب آن داشتن ضریب حرارتی بالا و تولید اغتشاش زیاد و ثبات کم می‌باشد.

مقاومت متغیر: وسیله‌ای برای تغییر مقاومت مدار به‌منظور تغییر جریان می‌باشد که از انواع قابل تنظیم آن می‌توان به پتانسیومتر و رئوستا اشاره کرد. پتانسیومتر یک سنسور سه سیمه است که مسیر مقاومتی داخل آن از یک طرف به ولتاژ صفر و یا زمین و از طرف دیگر به ولتاژ ۵ یا ۱۲ ولت وصل می‌گردد. با حرکت یک پایه

متحرک(چرخش ولوم مربوطه) ، مقادیر مقاومتی متغیری ایجاد می‌شود. نسبت این تغییرات نسبت به چرخش ولوم می‌تواند لگاریتمی، خطی یا لگاریتمی معکوس باشد. توان پتانسیومتر پایین(زیر ۱۰ وات) می‌باشد. شکل زیر پتانسیومتر و پایانه‌های آن را نشان می‌دهد.



تفاوت پتانسیومتر و رئوستا

پتانسیومتر و رئوستا هر دو مقاومت متغیر هستند، با این تفاوت که از پتانسیومتر برای کنترل ولتاژ یا پتانسیل و از رئوستا برای کنترل جریان استفاده می‌شود. از رئوستا معمولا به سه طریق استفاده می‌کنند:
۱- اگر دو جای فیش سیاه را به مدار جریان برق وصل کنیم در این صورت رئوستا به منزله‌ی یک مقاومت ثابت می‌باشد و حرکت لغزنده تاثیری در مدار ندارد.

۲- اگر یکی ازجای فیش‌های سیاه و یک قرمز را به مدار جریان برق وصل کنیم در این صورت با حرکت لغزنده در یک سمت مقاومت کم و در جهت عکس مقاومت مدار زیاد می‌شود، در نتیجه جریان کم و زیاد می‌شود.
۳- اگر دو جای فیش سیاه رئوستا را مستقیماً به مولد برق وصل کنیم و قرمز را با یک سیاه مجددا به مدار الکتریکی اتصال دهیم در این صورت رئوستا مانند یک پتانسیومتر کار می‌کنند یعنی با حرکت لغزنده اختلاف پتانسیل دو سر مدار الکتریکی تغییر می‌کند در نتیجه شدت جریان هم تغییر خواهد کرد ، در این عمل رئوستا عمل پتانسیومتر را انجام می‌دهد. دو سر کناری پتانسیومتر، بالاترین مقاومت را به شما می‌دهد که معمولاً ثابت است ولی سر وسط با یکی از طرفین مقاومت متغیر را به شما می‌دهد. در ضمن به توان قابل تحمل مقاومت متغیر توجه کنید که چند وات است وگرنه آن را می‌سوزانید (با عبور جریان زیاد). پتانسیومتر: یک سنسور سه سیمه می‌باشد که مسیر مقاومتی داخل آن از یک طرف به ولتاژ صفر یا زمین و از طرف دیگر یه ولتاژ ۵ یا ۱۲ ولت متصل می‌گردد و با حرکت یک پایهء متحرک، مقادیر مقاومتی متغیری را ایجاد می‌نماید. بنابراین با تغییر مقدار مقاومت ولتاژهای متفاوتی را در هر نقطه خواهیم داشت (نقطه تقسیم ولتاژ) . هنگام استفاده از یک پتانسیومتر ولتاژ و جریان هر دو تغییر می‌یابند اما کامپیوتر تنها از طریق تغییرات ولتاژ برای انجام محاسبات خود استفاده می‌کند. تفاوت کاربردهای رئوستا و پتانسیومتر : در حالت استفاده از یک رئوستا ولتاژ در داخل واحد کنترل الکترونیکی اندازه‌گیری می‌گردد لکن در پتانسیومتر ولتاژ در خارج از واحد کنترل الکترونیکی

اندازه‌گیری می‌شود در پتانسیومتر هنگامی که پایه متحرک تغییر می‌کند مقادیر متفاوتی از ولتاژ را به ما می‌دهد که در این حالت یک تقسیم کننده ولتاژ را به وجود می‌آورد.

خازن: خازن پس از مقاومت پرمصرف‌ترین قطعه غیر فعال در مدارهای الکترونیکی است که مقدار انرژی الکتریکی را در خود ذخیره می‌کند و در هنگام لزوم به مدار پس می‌دهد. خازن از دو صفحه فلزی تشکیل شده است که بین این دو صفحه، یک جسم عایق (دی الکتریک) قرار دارد و معمولاً جنس عایق از هرچه باشد، خازن را به همان نام، نام‌گذاری می‌کنند، مثلا خازن سرامیکی خازنی است که عایقش سرامیک است و یا خازن میکایی خازنی است که عایقش میکا است و یا خازن الکترولیتی، خازنی است که عایق آن شیمیایی است. خازن را با حرف C که ابتدای کلمه capacitor است نمایش می‌دهند. همه‌ی خازن‌ها دو مشخصه اصلی دارند، یکی ظرفیت خازن و دیگری ولتاژ کار خازن است. ظرفیت خازن معیاری برای اندازه‌گیری توانائی نگهداری انرژی الکتریکی است، یعنی هر چه ظرفیت زیادتر باشد خازن قادر به نگهداری انرژی الکتریکی بیشتری است. پس توانایی خازن را در ذخیره بار الکتریکی، ظرفیت خازن گویند. ظرفیت از حاصلضرب فاصله صفحات بر حسب متر مربع در ضریب دی الکتریک خازن تقسیم بر فاصله دو صفحه بر حسب متر به‌دست می‌آید. عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن عبارتند از:

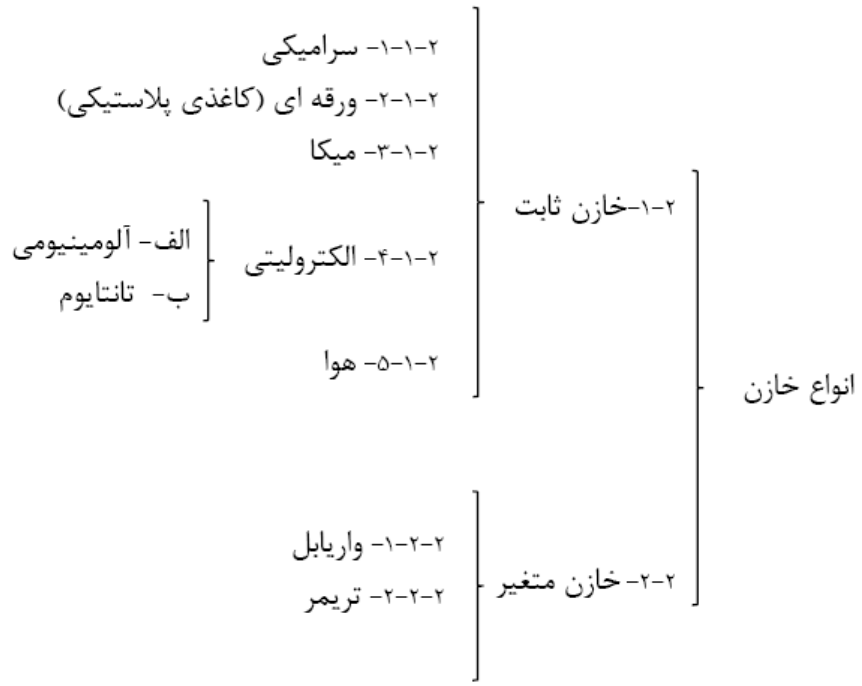
۱ . مساحت صفحات

۲. فاصلهٔ بین صفحات

۳. دی الکتریک به کار رفته

۴. اپسیلون نسبی عایق دی الکتریک.

هر قدر سطح مشترک صفحات خازن بیشتر باشد و ضخامت دی‌الکتریک (عایق) آن نازک‌تر، ظرفیت خازن بیشتر است. ظرفیت خازن به جنس عایق نیز بستگی دارد. خازن‌ها با هر ظرفیتی وجود ندارند. انواع دی‌الکتریک (عایق) خازن: هوا، تفلون، کاغذ آغشته به پارافین، روغن، میکا، اکسیدآلومینیوم، شیشه، سرامیک. ولتاژ کار بر روی خازن نوشته می‌شود و اگر بر روی خازنی ولتاژ کار نوشته نشده باشد، یعنی اینکه این خازن ولتاژ کارش ۵۰ ولت است. به عبارت دیگر ولتاژ کار عبارتست از حداکثر مقدار ولتاژ ماکزیمم ولتاژ که خازن می‌تواند تحمل کند به طوری‌که دی الکتریک آن آسیب نبیند. دسته‌بندی خازن‌ها:



خازن‌های ثابت: این خازن‌ها دارای ظرفیت معینی هستند که در وضعیت معمولی تغییر پیدا نمی‌کنند. خازن‌های ثابت را بر اساس نوع ماده دی‌الکتریک به‌کار رفته در آنها تقسیم‌بندی و نام‌گذاری می‌کنند و از آنها در مصارف مختلف استفاده می‌شود. از جمله این خازن‌ها می‌توان انواع سرامیکی، میکا، ورقه‌ای (کاغذی و پلاستیکی)، الکترولیتی، روغنی، گازی و نوع خاص فیلم (Film) را نام برد.

خازن‌های سرامیکی: خازن سرامیکی (Ceramic capacitor) معمول‌ترین خازن غیر الکترولیتی است که در آن دی‌الکتریک به‌کار رفته از جنس سرامیک است. ثابت دی الکتریک سرامیک بالا است، از این رو امکان ساخت خازن‌های با ظرفیت زیاد در اندازه کوچک را در مقایسه با سایر خازن‌ها به‌وجود آورده، در نتیجه ولتاژ کار آنها بالا خواهد بود.

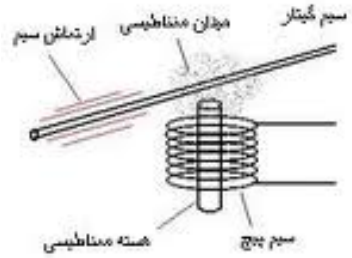
خازن‌های ورقه‌ای: در خازن‌های ورقه‌ای از کاغذ و مواد پلاستیکی به سبب انعطاف پذیری آنها، برای دی الکتریک استفاده می‌شود.

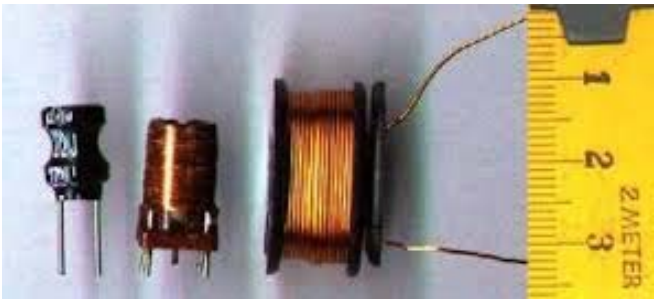
خازن‌های الکترولیتی: به خازنی گویند که عایق بین صفحاتش از جنس مواد شیمیایی است. نام دیگر این خازن‌ها، شیمیایی است. علت نامیدن آنها به این نام این است که دی‌الکتریک این خازن‌ها را به نوعی مواد شیمیایی آغشته می‌کنند که در عمل، حالت یک کاتالیزور را دارا می‌باشند و باعث بالا رفتن ظرفیت خازن می‌شوند .

نحوهء خواندن مقدار خازن: مقدار ظرفیت خازن‌های الکترولیتی روی بدنه آن‌ها نوشته می‌شود. درصورتی‌که واحد " uF " را دیدید، u به معنای میکرو (μ) می‌باشد. علاوه بر ظرفیت، می‌توانید ولتاژ مجاز خازن را ببینید. روی بدنه خازن‌های الکترولیتی، پایه منفی نیز مشخص می‌شود. در خازن‌های عدسی معمولا عددی یک تا سه رقمی درج می‌شود. اعداد یک و دو رقمی، ظرفیت خازن را بر حسب پیکو فاراد مشخص می‌کنند. برای اعداد سه رقمی، مانند خواندن مقاومت عدد آخر تعداد صفرها را مشخص می‌کند. عدد خوانده شده به واحد پیکو فاراد ($1pF=10^{-12}$ F) بیان می‌شود. روی برخی از خازن‌ها، علامت‌های دیگری نیز دیده می‌شود، مثلاً برای خازن زیر:

عبارت 1E بیانگر ولتاژ مجاز است. عدد 472 مانند قبل، بیانگر ظرفیت است (4700pF) و حرف M نشان دهنده تلرانس ظرفیت است.

سیم‌پیچ: سلف که از جنس سیم با تعداد حلقه‌های مشخص بر روی هسته‌ای از هوا یا ماده‌ای مغناطیسی تشکیل شده است المانی است که قادر است در خود انرژی الکتریکی ذخیره کند که این عمل توسط میدان الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد و بیشترین کاربرد آن در ترانسفورماتورها می‌باشد.


سیم گیتار
میدان مغناطیسی
ارتعاش سیم
هسته مغناطیسی
سیم پیچ


2.METER

آزمایش دوم---------- الف) اندازه‌گیری مقاومت توسط اهم‌متر

ب) تعیین مقدار مقاومت با استفاده از نوارهای رنگی

هدف آزمایش: اندازه‌گیری مقدار یک مقاومت به دو روش مختلف و محاسبه مقدار خطای اندازه‌گیری.

وسایل مورد نیاز: تعدادی مقاومت رنگی - اهم‌متر- سیم رابط- منبع تغذیه

تئوری آزمایش: مقاومت‌ها از اصلی‌ترین اجزایی هستند که در وسایل برقی به‌کار می‌روند. مقاومت هادی در برابر عبور جریان الکتریکی را مقاومت الکتریکی گویند. واحد مقاومت اهم و نشانه آن Ω است. شمای مقاومت در مدارها بدین صورت است:

مقاومت اهمی به مقاومتی گفته می‌شود که نسبت ولتاژ اعمال شده به جریان گرفته شده از آن یک مقدار ثابت باقی بماند. موارد استفاده از مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی عبارتند از:

الف: محدود کردن جریان(کنترل جریان) و تقسیم ولتاژ در نقاط مختلف مدار

ب: ایجاد حرارت

ج: تطبیق و همسنگ نمودن مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی

د: تطابق ولتاژ بین دو طبقه در تقویت کننده‌ها

و: تعیین پهنای باند و فرکانس قطع در تقویت کننده‌ها، فیلترها و موارد مشابه.

انواع مقاومت‌های اهمی: مقاومت‌های ثابت مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها ثابت بوده و تابع عواملی چون گرما، فرکانس، میدان مغناطیسی، نور، رطوبت و... نباشند. مقاومت‌های متغیرکه مقاومت‌های تابع عوامل فیزیکی (دما، نور و...) می‌باشند. مهمترین مشخصه‌های یک مقاومت ثابت عبارتند از:

الف: مقدار اهم مقاومت: از مهمترین مشخصه مقاومت بوده که یا عدد اهم، بر روی آن نوشته شده و یا به‌صورت نوارهای رنگی مقدارگذاری شده‌اند.

ب :خطا یا تلورانس: از آنجا که وسیله‌ای با دقت صفر و بدون خطا وجود ندارد، در حین فرایند تولید مقاومت، به طور ناخواسته به مقاومت مورد نظر مقداری اضافه یا کم خواهد شد که البته این مقدار با نظارت بیشتر و با

استفاده از دستگاه‌های دقیق‌تر کمتر می‌شود. لذا شرکت سازنده، موظف است این بازده تغییرات را به مصرف کننده‌های مقاومت معرفی کند که به تلورانس مقاومت معروف است.

انواع مقاومت‌های متغیر عبارتند از:

الف: مقاومت‌های متغیری که تابع عوامل محیطی و فیزیکی نیستند. (این نوع مقاومت ها را می‌توان با تغییر مکان یا تغییر زاویه‌ی محور متحرک آن تنظیم کرد. مقاومت متغیر می‌تواند دارای سه ترمینال باشد که دو تای آنها نسبت به هم ثابت است و تابع گردش محور نیست. مقدار این مقاومت بر روی بدنه مقاومت متغیر، نوشته می‌شود.)

ب: مقاومت‌های متغیری که تابع عواملی چون حرارت، نور، ... هستند. برای تعیین مقدار مقاومت با استفاده از رنگ‌ها به جدول زیر توجه نمائید. هر کدام از این رنگ‌ها معرف یک عدد هستند:

رنگ	اعداد صحیح		ضریب نوار سوم	تلورانس نوار چهارم
	نوار اول	نوار دوم		
سیاه	-	0	0	-
قهوه اي	1	1	1	1%
قرمز	2	2	2	2%
نارنجي	3	3	3	-
زرد	4	4	4	-
سبز	5	5	5	-
آبي	6	6	6	-
بنفش	7	7	-	-
خاکستري	8	8	-	-
سفيد	9	9	-	-
طلايي	-	-	x 0.1	5%
نقره اي	-	-	x 0.01	10%
بي رنگ	-	-	-	20%

در صورتی که مقاومت، چهار نوار رنگی داشته باشد چنانچه به هر رنگ یک عدد نسبت دهیم، مقاومت رنگی از رابطه‌ی روبرو محاسبه می‌شود: $R = AB \times 10^{C} \pm D\%$ یعنی:

۱- رنگ حلقهء اول از سمت چپ اولین رقم را مشخص می‌کند.

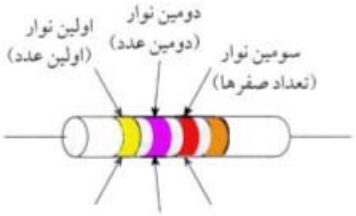
۲- رنگ حلقهء دوم از سمت چپ دومین رقم را مشخص می‌کند .

۳- رنگ حلقهء سوم تعداد صفرها را مشخص می‌کند.

۴- حلقهء چهارم که اندکی با بقیه فاصله دارد درصد خطا را مشخص می‌کند.

مقاومت های ۵ رنگ با اندک تفاوتی از رابطه زیر پیروی می‌کنند: $R=ABC\times10^{D}$

ساخت هر مقاومت با خطا همراه است. یعنی ممکن است ۵٪ یا ۱۰٪ یا ۲۰٪خطا داشته باشیم. اگر یک طرف مقاومت به رنگ طلایی بود، نشان‌دهنده‌ی مقاومتی با خطا یا تلورانس ۵ ٪ است و اگر نقره‌ای بود نمایانگر مقاومتی با خطای ۱۰٪ است. اما اگر مقاومتی فاقد نوار چهارم بود، بی‌رنگ محسوب شده و تلورانس آن را ۲۰ ٪ در نظر می‌گیریم .



روش انجام آزمایش: تعدادی مقاومت در اختیار شما قرار داده می‌شود. با مشاهده هر مقاومت عدد مربوط به هر رنگ را مشخص و مقدار مقاومت را تعیین کنید. مقدار مقاومت‌ها را با اهم‌متر نیز به‌دست آورده یعنی توسط سیم‌های رابط آوومتر، گیره‌های سیم‌ها را به دو سر مقاومت دلخواه وصل می‌کنیم، در این حین مقدار مقاومت بر روی دستگاه نمایش داده می‌شود. نتایج هر دو را در جداول زیر یادداشت نمایید.

	رنگ اول	رنگ دوم	رنگ سوم	رنگ چهارم	محاسبات	تلورانس	مقدارمقاومت
R_1							
R_2							
R_3							
R_4							
R_5							

	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5
مقدار مقاومت از روی رنگ					
مقدار مقاومت با اهم متر					
خطا					

آزمایش سوم---------- تحقیق قوانین اهم و کیرشهف

هدف آزمایش:

الف) بررسی قانون اهم

ب) محاسبهٔ مقاومت مجهول از روی نمودار (V-I)

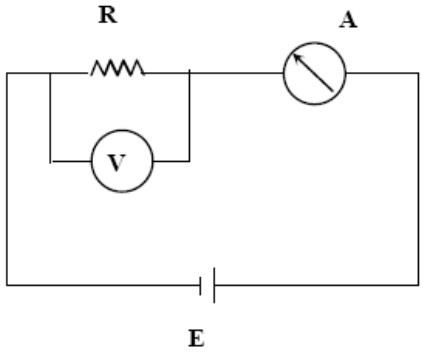
ج) بررسی قانون کیرشهف

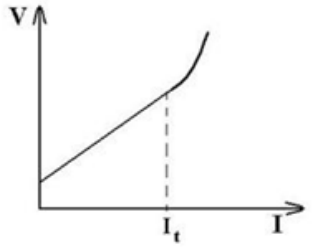
وسایل مورد نیاز: مقاومت- آمپرسنج- مولد- ولت سنج- سیم رابط

تئوری آزمایش:

الف و ب) هر جسم فیزیکی، دارای مقاومت الکتریکی است. اجسام فلزی، بدن انسان، یک تکه پلاستیک، یا حتی خلأ دارای مقاومت الکتریکی هستند که قابل اندازه‌گیری است. اکثر فلزات در برابر جریان الکتریسته مقاومت کمی دارند و اجسام هادی نامیده می‌شوند. اجسامی که دارای مقاومت الکتریکی بسیار زیادی هستند، عایق نامیده می‌شوند. یک مقاومت ایده‌ال عنصری است که اندازه مقاومت الکتریکی آن ثابت است و بستگی به عوامل محیطی (مانند تغییرات دما....) ندارد. در عمل مقاومت‌ها را به‌گونه‌ای طراحی می‌کنند که در برابر تغییرات دما و عوامل محیطی دیگر، اندازه مقاومت الکتریکی آنها نوسانات کمی داشته باشد. اگر منحنی نمایش تغییرات اختلاف پتانسیل دو سرسیم بر حسب اندازه جریان الکتریکی که از آن عبور می‌کند، خطی باشد، مقاومت الکتریکی آن ثابت است، بنابراین از قانون اهم پیروی می‌کند و مقاومت اهمی نامیده میشود، در غیر این صورت غیر اهمی خواهد بود. قانون اهم که به نام کاشف آن جرج اهم نام‌گذاری شده است، بیان می‌دارد که نسبت اختلاف پتانسیل بین دو سر یک هادی و مقاومت به جریان عبور کننده از آن به شرطی که دما ثابت بماند، مقدار ثابتی است: $R = \frac{V}{I}$ این قانون تنها برای مقاومت‌هایی صادق است که مقاومت‌شان به ولتاژ اعمالی دو سرشان وابسته نباشد که به این مقاومت‌ها مقاومت های اهمی یا ایده‌آل یا وسیله‌های اهمی گفته می‌شود. طبق این قانون اگر ولتاژهای مختلفی به دو سر مقاومت اعمال شود نسبت اختلاف پتانسیل به جریان عبوری همواره ثابت است. یعنی $\frac{V_1}{I_1} = \frac{V_2}{I_2} = \frac{V_3}{I_3} = \cdots = R$. شکل(۱) نمودار (V-I) یک رسانای واقعی را نشان می‌دهد که در این رسانا جریان تا مقدار I_t نمودار به‌صورت خطی بوده و شیب آن ثابت است،

یعنی مقاومت الکتریکی رسانا تغییر نمی‌کند، بنابراین قانون اهم برقرار است، ولی شیب نمودار برای جریان‌های بالاتر از I_t دیگر ثابت نیست، بنابراین مقدار مقاومت تغییر کرده و قانون اهم برقرار نخواهد بود. در آزمایشگاه مقاومت‌ها ثابت یا متغیر هستند. مقاومت‌های متغیر، پتانسیومتر یا رئوستا نیز نامیده می‌شوند و مقاومت آنها توسط تنظیم یک پیچ یا لغزش یک ابزار کنترل کننده تغییر می‌کند.





نمودار ولتاژ بر حسب جریان عبوری از رسانا

ج) قوانین کیرشهف: برای پیدا کردن شدت جریان و اختلاف پتانسیل در مدارهای پیچیده می‌توان از قوانین کیرشهف استفاده کرد. در این قوانین گره به نقطه ای گفته می شود که سه یا تعداد بیشتری سیم در آن نقطه ختم میشود. دو قانون کیرشهف عبارتند از:

۱- قانون جریانها (قانون گره): در هر گره جمع جبری جریان‌ها صفر است.

$$I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n = 0$$

۲- قانون حلقه: جمع جبری تغییرات پتانسیل در طی یک دور کامل از مدار یعنی یک حلقه برابر با صفر است.

$$V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n = 0$$

با در نظر گرفتن سه قرارداد زیر می‌توان قوانین کیرشهف را برای هر مدار نوشت:

۱- هرگاه مقاومتی در جهت جریان طی شود تغییر پتانسیل آن IR- و در جهت مخالف IR+ است.
۲- اگر یک منبع نیرو محرکه در جهت نیروی محرکه طی شود (از قطب منفی به مثبت) تغییر پتانسیل آنE+ و در جهت مخالف E- است.
۳- چنانچه جهت جریان مجهول باشد، آن را دلخواه انتخاب می‌کنیم در صورتی که پس از حل معادلات مقدار جریان منفی به دست آید، جهت انتخابی درست نبوده و باید آن را معکوس کرد.

روش انجام آزمایش:

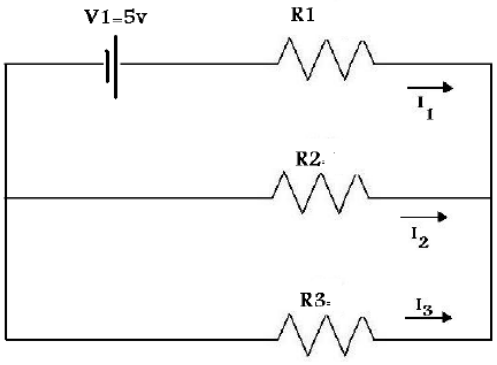
الف و ب) مداری شامل منبع تغذیه، مقاومت و آمپرمتر و ولتمتر مطابق شکل فوق ببندید. ولتاژهای مختلفی را از ۱ تا ۵ ولت توسط منبع تغذیه به دو سر مقاومت اعمال کنید. به ازای مقادیر مختلف ولتاژ، جریان عبوری از مدار را اندازه گیری کنید و در جدول زیر یادداشت نمایید.

مقاومت با اهم‌متر	V_1	I_1	R_1	V_2	I_2	R_2	V_3	I_3	R_3	V_4	I_4	R_4	V_5	I_5	R_5
$R_1 =$															
$R_2 =$															
$R_3 =$															

میانگین مقاومت‌ها و خطای مطلق هر یک از مقاومت‌ها را به‌دست آورید.

مقاومت با اهم‌متر	$\bar{R} = \frac{\sum V_i}{\sum I_i}$	مقاومت از روی رنگ ها	خطای مطلق
$R_1 =$			
$R_2 =$			
$R_3 =$			

ج) برای تحقیق قوانین کیرشهف مدار زیر را بسته ولتاژ منبع تغذیه را روی عددی مناسب قرار داده و با اندازه‌گیری و نیز از روی روابط مقادیر مجهول را بیابید.



	R_1	R_2	R_3
مقاومت از روی رنگ ها			
مقاومت با اهم‌متر			

	I_1	I_2	I_3	V_1	V_2	V_3
اندازه گیری						
حل‌معادلات کیرشهف						

خطای ولتاژ و جریان را بیابید.

پرسش ها

۱- نمودار (V-I) را برای هر یک از مقاومت‌ها در کاغذ میلیمتری یا با استفاده از نرم‌افزارهای رسم نمودار، رسم نموده و با محاسبهء شیب نمودار برای هر یک، مقدار مقاومت را از روی نمودار نیز به‌دست آورید و با میانگین آن مقایسه نمایید.

۲- با استفاده از فرمول اهم خطای نسبی $\frac{\Delta R}{R}$ و درصد خطای نسبی را برای هر یک از مقاومت‌ها محاسبه کنید.

۳- خطای آزمایش اهم را با روش Ln گیری به‌دست آورید.

آزمایش چهارم---------- به‌هم‌بستن مقاومت‌ها به شکل: الف) سری ب) موازی ج) مختلط

هدف آزمایش: هدف از این آزمایش تحقیق روابط $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ و $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ است.

وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه- ولت‌متر- آمپرمتر- مقاومت- سیم‌های رابط

الف) تئوری آزمایش:

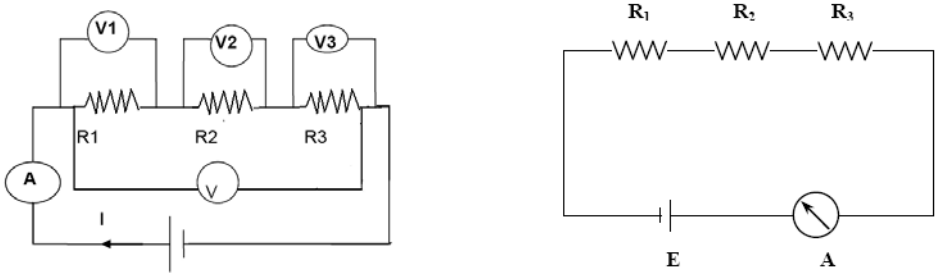
دو مقاومت را سری گوییم اگر اولاً از یک سر به هم وصل باشند، ثانیاً هر جریانی که از مقاومت اول می‌گذرد از مقاومت دوم نیز عبور کند. به‌طور کلی $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots$. بنابر قانون اهم افت پتانسیل در هر یک از مقاومت‌ها برابر است با: $V_n = R_n \times I$ در نتیجه اختلاف پتانسیل کل برابر می‌شود با:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \cdots = (R_1 + R_2 + R_3)I$$

در عمل می‌توان به جای سه مقاومت R_1 و R_2 R_3 مقاومت معادل R_T را در مدار قرار دهیم. لذا داریم:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

در شکل سمت راست زیر مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 به‌طور سری بسته شده‌اند.



روش انجام آزمایش: سه مقاومت در اختیار شما قرار داده می‌شود. ابتدا با مولتی‌متر مقدار این مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کرده و نیز با نوارهای رنگی روی مقاومت‌ها مقدار آن‌ها را به‌دست آورده و درجدول زیر ثبت نمایید. سپس مدار فوق (سمت چپ) را برای بررسی حالت سری ببندید. به این صورت که مقاومت اول را روی برد بورد قرار داده و سپس یک سر مقاومت دوم را در سوراخ هم ردیف سر مقاومت اول قرار داده و سر دیگر مقاومت دوم را در سوراخ دیگری قرار دهید. به همین ترتیب مقاومت سوم را نیز روی برد بورد قرار دهید.

R	اندازه مقاومت با مولتی‌متر	اندازه مقاومت با نوارهای رنگی
۱		
۲		
۳		

با روشن کردن منبع تغذیه، جریان را در مدار برقرار نمایید. ولتاژ را روی عدد دلخواه بین ۳ تا ۵ ولت قرار داده و سر مثبت مولد را به آمپرمتر وصل کرده و سر دیگر آمپرمتر را به مدار مقاومت اول وصل کرده و جریان را از آمپرسنج بخوانید. هم‌چنین دو سر یک ولت‌متر را از یک سر به مقاومت اول و از سر دیگر به مقاومت سوم وصل کرده و ولتاژ کل مدار را اندازه بگیرید. ولتاژ تک تک مقاومت‌ها را سنجیده و از روی آن مقدار مقاومت هر یک را به‌دست آورده و با مقادیر به‌دست آمده در جدول فوق مقایسه کنید. هم‌چنین با آمپرسنج جریان گذرنده از هر یک از مقاومت‌ها را اندازه بگیرید. با محاسبهء مقاومت معادل از روی مقدار ولتاژها و نیز از روی ولتاژ کل، خطای مطلق و نسبی مقاومت معادل را محاسبه نمایید. آزمایش را با سه مقاومت دیگر تکرار نمایید.

	$I_T(A)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$
چیدمان اول				
چیدمان دوم				

	$V_1(v)$	$V_2(v)$	$V_3(v)$	$V_T(v)$	$V_1+V_2+V_3(v)$
چیدمان اول					
چیدمان‌دوم					

	$V_1/I\ (\Omega)$	$V_2/I\ (\Omega)$	$V_3/I\ (\Omega)$	$V_1/I + V_2/I + V_3/I\ (\Omega)$	$V_T/I\ (\Omega)$
چیدمان اول					
چیدمان دوم					

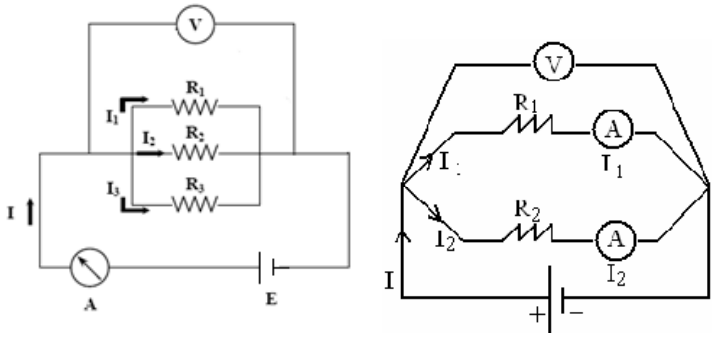
ب) تئوری آزمایش: در سیم کشی برق خانه ها درست نیست که با خاموش کردن یک لامپ تمام لامپ‌های دیگر خاموش شوند و وسایل برقی از کار بیفتد. برای رفع این مشکل باید ترتیبی بدهیم که مدار هر لامپ جدا باشد و به همین جهت لامپ‌ها را به‌طور موازی می‌بندیم. ولتاژ دو سر همه مقاومت‌ها در اتصال موازی یکسان است. ولی جریان منبع در شاخه‌های مدار تقسیم می‌شود و هر مقاومت طبق قانون اهم شدت جریان خاص خود را دارد ولی جمع جبری شدت جریان‌ها برابر با شدت جریان کلی است که منبع تغذیه در مدار ایجاد می‌کند. زمانی دو مقاومت را موازی می‌گوییم که دوسر آنها با سیم و بدون واسطه به هم وصل شده باشد. در مورد یک مدار موازی و اجزای تشکیل دهندهء آن داریم:

۱) اختلاف پتانسیل میان دو سر تمام شاخه‌های مدار موازی یکسان است. $V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \cdots$

۲) مجموع جریان‌های شاخه های مدار موازی با جریان کل برابر است. $I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots$

۳) مجموع عکس مقاومت‌های موازی با عکس مقاومت معادل برابر است. $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

مقاومت معادل در مدار موازی مقاومتی است که اگر به جای مقاومت‌های موازی قرار گیرد شدت جریان و ولتاژ کل مدار را تغییر ندهد. در شکل سمت چپ زیر مقاومت‌های R_1 و R_2 به‌طور موازی بسته شده‌اند.



روش انجام آزمایش: این بار نیز ابتدا با مولتی‌متر مقدار مقاومت‌ها را اندازه‌گیری کرده و نیز با نوارهای رنگی روی مقاومت‌ها مقدار آن‌ها را به‌دست آورده و در جدول زیر ثبت نمایید. مقاومت‌های معلوم را به‌طور موازی مطابق شکل فوق (سمت چپ) ببندید. آمپرمتر را به طور سری در شاخه‌های R_1 و R_2 و R_3 قرار داده جریانهای مربوط به هریک از مقاومت‌ها را اندازه بگیرید. مثلا برای اندازه‌گیری جریان گذرنده از مقاومت R_1 آن سر مقاومت را که به قطب منفی مولد وصل است از برد بورد درآورده و به یک سر آمپرمتر وصل نموده و سر دیگر آمپرمتر را به محل اتصال دو مقاومت دیگر وصل کنید. جریان کل مدار را با وصل کردن سری آمپرمتر به مجموعه به دست آورید یعنی سر مثبت مولد را به آمپرمتر وصل نموده و سر دیگر آمپرمتر را به مقاومت‌ها وصل کنید. سپس ولت‌متر را به طور موازی با هر یک از مقاومت‌ها قرار داده و ولتاژ هر یک از مقاومت‌ها را بیابید. ولتاژ کل مدار را نیز اندازه بگیرید. مقدار مقاومت هر شاخه را با داشتن ولتاژ و جریان مربوط به آن با استفاده از قانون اهم به دست آورده نتایج را در جدول زیر ثبت کرده و مقدار مقاومت معادل را از راه تئوری نیز به دست آورده و نتایج را با هم مقایسه نمایید. خطای مطلق، نسبی و درصد آن را برای مقاومت معادل حساب کنید.

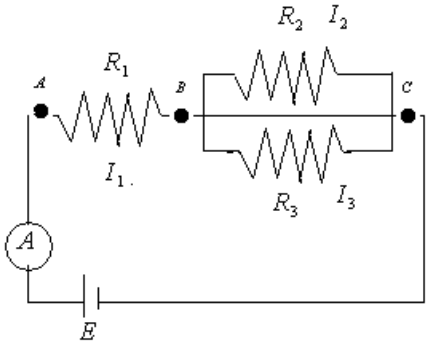
R	اندازه مقاومت با مولتی‌متر	اندازه مقاومت با نوارهای رنگی
۱		
۲		
۳		

	$I_T(A)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$
چیدمان اول				
چیدمان دوم				

	$V_1(V)$	$V_2(V)$	$V_3(V)$	$V_T(V)$	$V_1+V_2+V_3(V)$
چیدمان اول					
چیدمان دوم					

	$V_1/I\ (\Omega)$	$V_2/I\ (\Omega)$	$V_3/I\ (\Omega)$	$V_1/I+V_2/I+V_3/I\ (\Omega)$	$V_T/I\ (\Omega)$
چیدمان اول					
چیدمان دوم					

ج) روش انجام آزمایش: مدار شکل زیر را ترتیب دهید. ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌ها و جریان گذرنده از هر یک را اندازه بگیرید. جریان و ولتاژ کل مدار را نیز اندازه بگیرید. مقاومت هر یک از مقاومت‌ها را اندازه گرفته و مقاومت معادل مدار را (۱) با قانون اهم (۲) با استفاده از قوانین مقاومت‌های سری و موازی محاسبه کنید و نتایج را با هم مقایسه کنید.



	R_1	R_2	R_3	مقاومت معادل	مقاومت معادل با قانون اهم	خطا
چیدمان اول						
چیدمان دوم						

	I_1	I_2	I_3	$I_1 \overset{?}{=} I_2 + I_3$
چیدمان اول				
چیدمان دوم				

	V_{AC}	V_{AB}	V_{BC}	V_{R_1}	V_{R_2}	$V_{AC} \overset{?}{=} V_{AB} + V_{BC}$
چیدمان اول						
چیدمان دوم						

پرسش‌ها

۱- مزیت مدارهای سری و موازی چیست؟

آزمایش پنجم---------- تعیین مقاومت مجهول با استفاده از پل وتستون

هدف آزمایش: بررسی قوانین کیرشهف و استفاده از این قوانین برای تعیین مقاومت مجهول

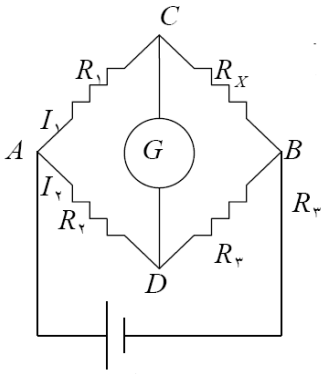
وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه، بردبورد ،ولت‌متر، آمپرمتر، گالوانومتر، رئوستا یا پتانسیومتر، مقاومت‌های الکتریکی، سیم رابط.

تئوری آزمایش: برای آشنایی با تئوری آزمایش ابتدا نگاهی گذرا به قوانین کیرشهف خواهیم داشت. مدارهای الکتریکی از مولدهای الکتریکی و مقاومت‌های الکتریکی تشکیل می‌شوند. برای تعیین شدت جریان در هر شاخه از مدار و پارامترهای مجهول دیگر از قوانین کیرشهف که بر اساس قانون بقای بار و انرژی در مدار به‌دست می‌آیند، استفاده می‌کنیم.

قانون اول کیرشهف (قضیه گره): جمع جبری شدت جریان‌هایی که به یک نقطه می‌رسند، برابر با صفراست. به‌عبارت دیگر بار الکتریکی با همان آهنگی که به یک نقطه از مدار وارد می‌شود، از آن خارج می‌شود. $\sum_i I_i = 0$

قانون دوم کیرشهف (قضیه حلقه): مجموع تغییرات پتانسیل در هر مسیر بسته برابر با صفر است. این قضیه روشی برا ی بیان قانون بقای انرژی در مدارهای الکتریکی است. $\sum_i V_i = 0$

یکی از روش‌هایی که برای تعیین مقاومت مجهول به‌کار می‌رود روش پل وتستون است که معادله آن از قوانین کیرشهف به‌دست می‌آید. به‌طور کلی، اندازه‌گیری‌های صفر را می‌توان با دقتی بیش از اندازه‌گیری مستقیم جریان یا ولتاژ انجام داد. در اندازه‌گیری‌های صفر، کمیت مجهول را با استانداردی معلوم مقایسه می‌کنند و مدار را چنان تنظیم می‌کنند که اگر استاندارد و مجهول از مرتبه بزرگی یکسانی باشند و با هم رابطه معین داشته باشند، وسیله اندازه‌گیری صفر را نشان می‌دهد. علت اینکه اندازه‌گیری‌های صفر دقیق‌ترند آن است که برای تعیین حالت صفر می‌توان حساس‌ترین ابزارهای سنجش را، بدون واهمه از خراب شدن آنها به‌کار گرفت. مدارهای سنجش صفر را معمولاً مدار پل یاصرفاً پل می‌نامند. برای نخستین بار چارلز وتستون فیزیکدان انگلیسی در سال ۱۸۴۳ طرحی را برای تعیین یک مقاومت مجهول داد که امروزه به مدار پل وتستون مشهور است. مدار پل وتستون مانند شکل زیر است.



در این آزمایش هدف، تعیین مقاومت مجهول R_X است. برای این منظور یک ولتاژ ثابت بین نقاط A,B برقرار می‌شود. جریانی که به نقطه A می‌رسد به دو قسمت تقسیم می‌شود. دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 به‌هم وصل است، بنابراین پتانسیل دو سر آنها برابر است. (نقطه A) و هم‌چنین مقاومت‌های R_3 و R_x در نقطه B دارای پتانسیل یکسانی هستند. در این مدار مقاومت‌های R_1 و R_2 دارای مقادیر معین و معلوم و مقاومت R_3 یک مقاومت متغیر و مقاومت R_x یک مقاومت مجهول است. اکنون اگر با کم و زیاد کردن مقاومت R_3 ، جریانی را که از گالوانومتر می‌گذرد صفر کنیم در این حالت چون جریانی از گالوانومتر عبور نمی‌کند می‌گویند مدار در حال تعادل است و نتیجه می‌گیریم که پتانسیل نقاط C,D یکسان است و در نتیجه اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه صفر است و R_1 و R_x متوالی و هم‌چنین R_2 و R_3 متوالی می‌شوند. توجه کنید که در مقاومت‌های متوالی جریان یکسانی از هریک از مقاومت‌ها عبور می‌کند. از $V_C = V_D$ و اینکه پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 یکسان است نتیجه می‌گیریم که اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 برابر است یعنی $V_{AC} = V_{AD}$. هم‌چنین از $V_C = V_D$ و اینکه پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_3 و R_X یکسان است نتیجه می‌شود $V_{BC} = V_{BD}$. از طرفی $V_{AC} = I_1 \times R_1$ و $V_{AD} = I_2 \times R_2$ و $V_{BC} = I_1 \times R_X$ و $V_{BD} = I_2 \times R_3$. با توجه به روابط زیر می‌توان اندازه ء مقاومت مجهول را به‌دست آورد.

$$V_{AC} = V_{AD} = I_1 \times R_1 = I_2 \times R_2 \qquad (1)$$

$$V_{BC} = V_{BD} = I_1 \times R_X = I_2 \times R_3 \qquad (2)$$

$$\frac{(2)}{(1)} \rightarrow \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_X}{R_1} \rightarrow R_X = \frac{R_3}{R_2} \times R_1 \qquad (3)$$

بنابراین کافیست که با تغییر مقاومت متغیر، جریان گذرنده از گالوانومتر را صفر کنیم و مقدار مقاومت متغیر را اندازه بگیریم.

روش انجام آزمایش: مدار شکل را پس از آماده کردن عناصر موجود در آن به یکدیگر وصل می‌کنیم. برای مقاومت متغیر از پتانسیومتر استفاده می‌کنیم. (باید توجه داشت که هنگام برقرار کردن اتصالات منبع تغذیه خاموش است و پس از کامل شدن تمام اتصالات منبع تغذیه روشن می‌شود.هم‌چنین ما دراین آزمایشگاه از ولت سنج به جای گالوانومتر استفاده می‌کنیم.) منبع تغذیه را روشن کرده و ولتاژ آن را بر روی ۵ ولت تنظیم می‌کنیم. حال می‌خواهیم پل را به تعادل برسانیم. بدین منظور به‌ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

آمپرمتر را در بیشترین رنج قرار می‌دهیم و منبع تغذیه را روشن کرده آنگاه با تغییر مقاومت متغیر R_3 شدت جریان گذرنده از آمپرمتر را به صفر می‌رسانیم. (می‌توان از ولت‌سنج به جای آمپرمتر استفاده کرد.) هنگامی‌که در دقیق‌ترین رنج موفق به صفر کردن جریان آمپرمتر شدیم، منبع تغذیه را خاموش می‌کنیم، و مقاومت متغیر R_3 را از مدار جدا کرده و مقدار آن را به کمک یک اهم‌متر در بهترین رنج اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس R_x را با استفاده از رابطه (3) به‌دست می‌آوریم.

R_1	R_2	R_3	R_X با اهم‌متر	$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$

مرحله چهارم: آزمایش را برای مقاومت‌های دیگری تکرار می‌کنیم. درنهایت خطای مقاومت‌ها را محاسبه می‌کنیم.

آزمایش ششم---------- نیروی محرکه و مقاومت داخلی منبع تغذیه

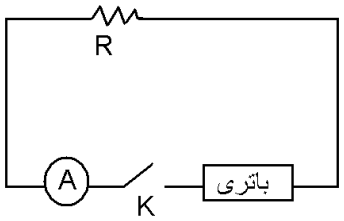
هدف آزمایش: به‌دست آوردن نیروی محرکه و مقاومت داخلی مولد

وسایل مورد نیاز: منبع تغذیه- آمپرسنج- ولت سنج- مقاومت- سیم رابط

تئوری آزمایش: می‌دانیم که بارهای مثبت همواره تمایل دارند از محلی که پتانسیل آنجا بیشتر است به محلی که پتانسیل کمتری دارد حرکت کنند. (در مورد بارهای منفی عکس این مطلب صادق است.) کار منبع تغذیه این است که بارهای مثبت را از پتانسیل کمتر به پتانسیل بیشتر به‌حرکت درآورد. درست شبیه به یک تلمبهء آب که باعث می شود آب از اعماق زمین به سطح آن حرکت کند. مقدار کاری که یک منبع نیروی محرکه انجام می‌دهد تا واحد بار را از پتانسیل کمتر به پتانسیل بیشتر حرکت دهد نیروی محرکهء منبع نامیده شده و با ε نمایش داده می‌شود.

$$\varepsilon = \frac{dw}{dq}$$

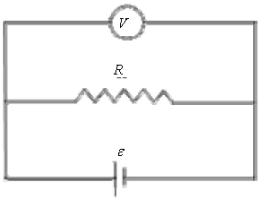
منبع نیروی محرکهء الکتریکی که آن را نیروی الکتروموتوری یا emf می‌نامند به‌عنوان وسیله‌ای تعریف می‌شود که در آن انرژی شیمیایی، مکانیکی یا شکل‌های دیگر انرژی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود. هنگام گرفتن جریان از یک مدار، جریان از خود مدار نیز می گذرد. هر مولد دارای مقاومت درونی ای است که به اجزای تشکیل دهنده اش بستگی دارد. بنابراین وقتی از یک مولد جریان بگیریم،مقداری از انرژی الکتریکی در مولد تلف می شود و سبب کاهش پتانسیل دو سر مدار می گردد. وجود مقاومت داخلی مدار مانع بازگشت پذیر بودن فرآیند می‌شود. قسمتی از انرژی الکتریکی تولید شده در داخل خود منبع به شکل گرما هدر می‌رود و بقیه در مدار جریان می‌یابد. هرچه مقاومت داخلی یک منبع کمتر باشد بازده آن بیشتر است. مقاومت داخلی باتری را معمولا با r نمایش می‌دهیم. باتری واقعی را می توان با اتصال سری یک باتری آرمانی و مقاومت داخلی r شبیه‌سازی کرد. ولتاژ مدار باز بین قطب های باتری، با نیروی محرکهء الکتریکی باتری برابر است. ($V_0 = \varepsilon$) در مدار بسته، ولتاژ قطب‌های منبع تغذیه از نیروی محرکه الکتروموتوری به اندازهء افت ولتاژ دو سر مقاومت داخلی منبع تغذیه کمتر است یعنی $V = \varepsilon - Ir$. هنگام استفاده از منبع تغذیه مثلا در شکل زیر می‌توانیم بنویسیم:



$$V = \varepsilon - Ir \rightarrow r = \frac{\varepsilon - V}{I}$$

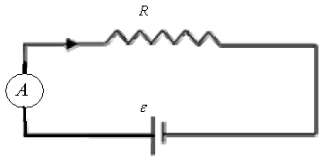
که در آن ε نیروی محرکهء منبع، r مقاومت داخلی منبع و V اختلاف پتانسیل دو سر مولد است.

روش انجام آزمایش: برای این که نیروی محرکه منبع را اندازه بگیریم کافی است دو قطب آن را مستقیم به ولت‌متر وصل کرده و ε را اندازه بگیریم. چون مقاومت درونی ولت متر زیاد است و اجازه عبور جریان را از منبع نمی‌دهد آنگاه $V \approx \varepsilon$ خواهد بود. سپس مدار شکل زیر را سوار می‌نماییم. با استفاده از رابطه $r = \frac{\varepsilon - V}{I}$ و جایگزینی رابطه $I = V/R$ در آن در نهایت رابطه $r = \frac{(\varepsilon - V)R}{V}$ به‌دست می‌آید. مقاومت‌های مختلف زیر ۱۰۰ اهم در مدار قرار داده هر بار V مربوطه را اندازه می‌گیریم و جدول زیر را پر کرده و r را برای هر مورد به‌دست آورده و میانگین می‌گیریم و بدین ترتیب مقاومت درونی منبع برای ولتاژ حاصل می‌شود.



	۱	۲	۳	۴	۵
R					
V					
r					

برای به‌دست آوردن نیروی محرکه مولد و مقاومت داخلی ، می‌توان بدین ترتیب نیز عمل نمود: باتری، مقاومت و آمپرسنج را مطابق شکل زیر به‌طور متوالی بسته و شدت جریان را اندازه بگیرید و سپس آزمایش را برای مقاومتی دیگر تکرار نموده و دوباره شدت جریان را اندازه بگیرید. باتوجه به روابط $\varepsilon = I_1(R_1 + r)$ و $\varepsilon = I_2(R_2 + r)$ و حل دستگاه دو معادله دو مجهول، ε و r را بیابید.



پرسش‌ها

۱- با روش فوق مقادیر مقاومت داخلی و نیروی محرکه را بیابید و با نتایج قسمت قبل مقایسه کنید.

۲- تحقیق کنید مقاومت داخلی ولت‌متر را چگونه می‌توان یافت.

آزمایش هفتم---------- آشنایی با اسیلوسکوپ

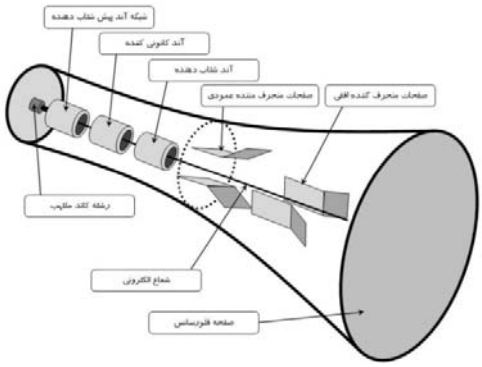
هدف آزمایش: مشاهدهء امواج سینوسی و مربعی، اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل، اندازه‌گیری فرکانس

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ، منبع ولتاژ متناوب(*Function Generator*)، سیم‌های رابط، پروب اسیلوسکوپ

تئوری آزمایش:

اصولاً کلمه اسیلوسکوپ به معنی نوسان‌نما یا نوسان‌سنج است و به‌منظور نمایش دو بعدی سیگنال‌های متغیر با زمان به‌کار می‌رود. به کمک اسیلوسکوپ می‌توان کمیت‌هایی همچون دامنه و فرکانس یک سیگنال و اختلاف فاز آن با یک سیگنال را اندازه‌گیری نمود. اسیلوسکوپ در حقیقت رسامهای بسیار سریع هستند که سیگنال ورودی را در برابر زمان یا در برابر سیگنال دیگر نمایش می‌دهند. قلم این رسام یک لکه نورانی است که در اثر برخورد یک باریکه الکترون به پرده‌ای فلوئورسان بوجود می‌آید. به علت لختی بسیار کم باریکه الکترون می‌توان این باریکه را برای دنبال کردن تغییرات لحظه‌ای (ولتاژهایی که بسیار سریع تغییر می‌کنند، یا فرکانس‌های بسیار بالا) به‌کار برد.

آشنایی با ساختمان داخلی اسیلوسکوپ:



لامپ پرتو کاتدی: اسیلوسکوپ از یک لامپ پرتو کاتدی که قلب دستگاه است و تعدادی مدار برای کار کردن لامپ پرتو کاتدی تشکیل شده است. قسمتهای مختلف لامپ پرتو کاتدی عبارتند از:

تفنگ الکترونی: تفنگ الکترونی باریکه متمرکزی از الکترون‌ها را بوجود می‌آورد که شتاب زیادی کسب کرده‌اند. این باریکه الکترون با انرژی کافی به صفحه فلوئورسان برخورد می‌کند و بر روی آن یک لکه نورانی

تولید می‌کند. تفنگ الکترونی از رشته گرمکن ، کاتد ، شبکه آند پیش شتاب دهنده ، آند کانونی کننده و آند شتاب دهنده تشکیل شده است. الکترونها از کاتدی که به‌طور غیر مستقیم گرم می‌شود، گسیل می‌شوند. این الکترونها از روزنه کوچکی در شبکه کنترل می‌گردند. شبکه کنترل معمولا یک استوانه هم محور با لامپ است و دارای سوراخی است که در مرکز آن قرار دارد. الکترونهای گسیل شده از کاتد که از روزنه می‌گذرند (به دلیل پتانسیل مثبت زیادی که به آندهای پیش شتاب دهنده و شتاب دهنده اعمال می‌شود)، شتاب می‌گیرند. باریکه الکترونی را آند کانونی کننده ، کانونی می‌کند.

صفحات انحراف دهنده: صفحات انحراف دهنده شامل دو دسته صفحه است. صفحات انحراف قائم که به‌طور افقی نصب می‌شوند و یک میدان الکتریکی در صفحه قائم ایجاد می‌کنند و صفحات y نامیده می‌شوند. صفحات انحراف افقی به‌طور قائم نصب می‌شوند و انحراف افقی ایجاد می‌کنند و صفحات x نامیده می‌شوند. فاصله صفحات به اندازه کافی زیاد است که باریکه بتواند بدون برخورد با آنها عبور کند.

صفحه فلوئورسان: جنس این پرده که در داخل لامپ پرتو کاتدی قرار دارد، از جنس فسفر است. این ماده دارای این خاصیت است که انرژی جنبشی الکترونهای برخورد کننده را جذب می‌کند و آنها را به صورت یک لکه نورانی ظاهر می‌سازد. قسمتهای دیگر لامپ پرتو کاتدی شامل پوشش شیشه‌ای و پایه که از طریق آن اتصالات برقرار می‌شود است .

مولد مبنای زمان: اسیلوسکوپ‌ها بیشتر برای اندازه‌گیری و نمایش کمیات وابسته به زمان به‌کار می‌روند. برای این کار لازم است که لکهء نورانی لامپ روی پرده با سرعت ثابت از چپ به راست حرکت کند. بدین منظور یک ولتاژ مثبت به صفحات انحراف افقی اعمال می‌شود. مداری که این ولتاژ مثبت را تولید می‌کند، مولد مبنای زمان یا مولد رویش نامیده می‌شود.

مدارهای اصلی اسیلوسکوپ:

سیستم انحراف قائم : چون سیگنال‌ها برای ایجاد انحراف قابل اندازه‌گیری بر روی صفحه لامپ به اندازه کافی قوی نیستند، لذا معمولاً تقویت قائم لازم است. هنگام اندازه‌گیری سیگنال‌های با ولتاژ بالا باید آنها را تضعیف کرد تا در محدوده تقویت کننده‌های قائم قرار گیرند. خروجی تقویت کننده قائم ، از طریق انتخاب همزمانی در وضعیت داخلی، به تقویت کنندهء هم‌زمان نیز اعمال می‌شود .

سیستم انحراف افقی: صفحات انحراف افقی را ولتاژ رویش که مولد مبنای زمان تولید می‌کند، تغذیه می‌کند. این سیگنال از طریق یک تقویت کننده اعمال می‌شود، ولی اگر دامنه سیگنال‌ها به اندازه کافی باشد، می‌توان آن را مستقیماً اعمال کرد. هنگامی که به سیستم انحراف افقی ، سیگنال خارجی اعمال می‌شود، باز هم از طریق تقویت کننده افقی و کلید انتخاب رویش در وضعیت خارجی اعمال خواهد شد. اگر کلید انتخاب رویش در وضعیت داخلی باشد، تقویت کننده افقی ، سیگنال ورودی خود را از مولد رویش دندانه‌داری که با تقویت کننده همزمان راه اندازی می‌شود، می‌گیرد .

همزمانی: هر نوع رویشی که به‌کار می‌رود، باید با سیگنال مورد بررسی همزمان باشد. تا یک تصویر بی‌حرکت به‌وجود آید. برای این کار باید فرکانس سیگنال مبنای زمان مقسوم علیه‌ای از فرکانس سیگنال مورد بررسی باشد.

مواد محو کننده: در طی زمان رویش ، ولتاژ دندانه‌دار رویش اعمال شده به صفحات x ، لکه نورانی را بر یک خط افقی از چپ به راست روی صفحه لامپ حرکت می‌دهد. اگر سرعت حرکت کم باشد، یک لکه دیده می‌شود و اگر سرعت زیاد باشد، لکه به صورت یک خط دیده می‌شود. در سرعتهای خیلی زیاد ، ضخامت خط کم شده و تار به نظر می‌رسد و یا حتی دیده نمی‌شود .

کنترل وضعیت: وسیله‌ای برای کنترل حرکت مسیر باریکه بر روی صفحه لازم است. با این کار شکل موج ظاهر شده بر روی صفحه را می‌توان بالا یا پائین یا به چپ یا راست حرکت داد. این کار را می‌توان با اعمال یک ولتاژ کوچک سیستم داخلی (که مستقل است) به صفحات انحراف دهنده انجام داد. این ولتاژ را می‌توان با یک پتانسیومتر تغییر داد .

کنترل کانونی بودن : الکترود کانونی کننده مثل یک عدسی با فاصله کانونی تغییر می‌کند. این تغییر با تغییر پتانسیل آند کانونی کننده صورت می‌گیرد .

کنترل شدت: شدت باریکه با پتانسیومتر کنترل کننده شدت که پتانسیل شبکه را نسبت به کاتد تغییر می‌دهد، تنظیم می‌شود.

مدار کالیبره‌سازی: در اسیلوسکوپ‌های آزمایشگاهی معمولاً یک ولتاژ پایدار داخلی تولید می‌شود که دامنه مشخصی دارد. این ولتاژ که برای کالیبره سازی مورد استفاده قرار می‌گیرد، معمولا یک موج مربعی است.

آشنایی با اسیلوسکوپ (نمای ظاهری)

الف) صفحه نمایشگر(پردهء CRT **)**: هر اسیلوسکوپ دارای یک صفحه نمایش‌گر است که از دو قسمت اصلی تشکیل شده است: الف) محور زمان , ب) محور ولتاژ. شکل موج خواسته شده بر روی این صفحه نشان داده می‌شود. این صفحه دارای ۱۰ قسمت در جهت افق و ۸ قسمت در جهت عمود است. محور افقی نمایش زمان و محور عمودی محور اختلاف ولتاژ بین دو نقطه از مدار است. در اسیلوسکوپ درجه‌بندی بر حسب سانتی‌متر و میلی‌متر است. برای دقت بیشتر در اندازه‌گیری، در راستاهای افقی و عمودی، خطوط وسط دارای تقسیمات ریزتری نیز می‌باشند، به‌طوری که هر خانه به ۵ قسمت تقسیم شده و هر قسمت معادل ۰.۲ خانه است.

ب) کلیدهای زیر صفحه نمایش‌گر:

جک مولد مربعی: پین تنظیمات یا کالیبراسیون، این قسمت برای تست و تنظیم سلکتورهای Volt/Div و Time/Divو نیز برای بررسی سالم و 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 تحقیق 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 و یا به عبارتی ولتاژ صفر ، روی صفحه اسیلوسکوپ ظاهر شود پروب سالم است .

ولوم INTEN (مخفف INTENSITY): این ولوم شدت نور سیگنال نمایش داده شده 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 .

ولوم FOCUS: کلمه FOCUS به معنای کانونی و یا تمرکز است و این ولوم ضخامت موج رسم شده 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.

دکمه POWER : در هر اسیلوسکوپ کلیدی برای روشن و خاموش کردن اسیلوسکوپ وجود دارد که آن را با کلمه POWER و یا ON/OFF نمایش می دهند . در نزدیکی این کلید ، معمولاً یک LED جهت نمایش روشن و یا خاموش بودن اسیلوسکوپ وجود دارد .

ج) کلیدهای سمت راست صفحه نمایشگر: کلیدهای سمت راست صفحه نمایش را می‌توان به سه دسته تقسیم بندی کرد: بخش HORISONTAL - بخش TRIGGER - بخش VERTICAL

۱- قسمت VERTICAL :

۱-۱ CH1 ورودی شماره یک اسیلوسکوپ. ورودی هر اسیلوسکوپ کانال نامیده می‌شود که هر اسیلوسکوپ بر اساس تعداد کانال‌هایی که می‌توان به آن اعمال کرد تقسیم‌بندی می‌شود : یک کاناله , دو کاناله , سه کاناله و چهار کاناله که اسیلوسکوپ‌های ۳و۴ کاناله دیجیتال می‌باشند.

۱-۲ CH2 ورودی شماره دو اسیلوسکوپ

۱-۳ کلید (AC-GND-DC)

۱-۳-۱ مد AC : اگر کلید روی این قسمت قرار گیرد فقط سیگنال جریان متناوب وارد اسیلوسکوپ می‌شود و از نمایش ولتا ژ DC جلوگیری می‌شود.

۱-۳-۲ مد DC : اگر کلید روی این حالت تنظیم شود سیگنال ورودی هر چه باشد (اعم از DC یا AC یا ترکیبی از هر دو) روی صفحه نمایش داده می‌شود .

۱-۳-۳ مد GND : اگر این حالت انتخاب شود , ورودی اسیلوسکوپ به زمین وصل می‌شود و ارتباط الکتریکی بین پروپ و اسیلوسکوپ قطع می‌شود. این حالت برای تنظیم صفر اسیلوسکوپ کاربرد دارد.

۱-۴ ولوم VARIABLE : که بر روی سلکتور VOLT/DIV قرار دارد و برای کالیبره کردن دستگاه به‌کار می‌رود که باید همیشه در منتها علیه سمت راست قرار گیرد (جهت عقربه‌های ساعت بچرخانیم) تا ضریب ۱ داشته باشد. (برای صفر کردن خطای ولتاژ)

۱- ۵ ولوم POSITION : با این ولوم می‌توان شکل موج روی صفحه نمایش را عمودی حرکت داد. ▼ و ▲

۱-۶ کلید mode : این کلید چهار وضعیت دارد: الف) CH1 ب) CH2 ج) DUAL د) ADD

بسته به این که بخواهیم از کدام یک از ورودی‌های اسکوپ استفاده کنیم می توانیم کلید mode را تنظیم کنیم که به ترتیب از بالا به پایین اسکوپ، روی صفحه نمایش، کانال یک، کانال دو، دو موج را هم‌زمان و در وضعیت ADD، جمع ریاضی دو موج را نشان خواهد داد.

۱-۷ ولوم VOLT/DIV : با تغییر این پتانسیومتر دامنه‌ی موجی که در صفحه نمایش ظاهر می‌شود , تغییر میکند. کنترل دامنه یا روش خواندن دامنه‌ی موج دقیقا مثل روش خواندن زمان است با این تفاوت که باید واحدهای عمودی در Volt/Div (بخوانید ولت دیویژن) ضرب شود . مثلاً اگر بخواهیم ولتاژ P-P (پیک تو پیک یا از قله تا قله) را اندازه بگیریم با فرض اینکه Volt/Div بر روی عدد ۱ باشد اگر از قله تا قله‌ی موج ما ۴ خانه را اشغال کرده که ضرب‌در عدد یک، ۴ ولت را نشان میدهد. این تنظیمات برای هر کانال ورودی باید به طور جداگانه انجام شود و موج هر کانال باید بر اساس مقیاس خودش خوانده شود .

نکته: با تغییر مقیاس(مقدار VOLT/DIV) می‌توان هر شکل موجی را بر روی صفحه نمایش نشان داد. اسیلوسکوپ هیچ نوع دخل و تصرفی در (مقدار دامنه یا پریود) موج نمی‌کند وتنها مقیاس را تغییر می‌دهد.

(صحیح ترین انتخاب مقیاس برای نشان دادن موج این است که شکل موج در ماکزیمم دامنه قابل دید (بزرگترین حالت پیک تو پیک) و ۱یا ۲ پریود داشته باشد.

۱-۸ دکمه فشاری ALT : با فشار دادن این دکمه هر دو کانال با هم موج به اسیلوسکوپ داده وموج هر دو کانال با هم رسم می شود ولی شکل موج های آن در تمام لحظات با هم در صفحه اسیلوسکوپ دیده نمی‌شود . بلکه یک در میان روی صفحه حساس ظاهر می‌شوند.

۱-۹ دکمه فشاری CHOP : با فشار دادن این دکمه کانال ۱و۲ هر دو روشن شده و می‌توان دو موج جداگانه را توسط ورودی‌های این دو کانال به طور مجزا در صفحه سیلوسکوپ مشاهده نمود.

نکته: یک دوره تناوب از یک موج رو به‌طور کامل و بسیار سریع نمایش می‌دهد و بعد موج کانال دیگر را. اما این تغییر آنقدر سریع انجام می‌شود که آن را حس نمی‌کنیم. اما وضعیت CHOP به صورت انتخابی بریده‌هایی از یک موج و بریده‌هایی ازیک موج دیگر را هم زمان نشان می‌دهد که ممکن است شکل موج در فرکانس‌های پایین با نقطه‌هایی خالی نشان داده شود. اگر فرکانس سیگنال‌های ورودی بیشتر از ۱ KHZ باشد با استفاده از حالت ALT می‌توانیم دو شکل موج را به‌طور هم‌زمان در صفحه نمایش اسیلوسکوپ مشاهده کنیم . در این حالت در یک دوره تناوب موج Ramp ، سیگنال اعمال شده به کانال ۱ و در دوره تناوب بعدی این موج ، سیگنال اعمال شده به کانال ۲ روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، نمایش داده می‌شود اما به دلیل فرکانس بالای موج Ramp و سیگنال‌های ورودی ، سیگنال‌های هر دو کانال به طور هم‌زمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند . 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 به صورت چشمک زن روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شوند . برای نمایش سیگنال‌های با فرکانس کم از حالت CHOP استفاده می‌کنیم . در این حالت یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۱ و سپس یک نقطه کوچک از سیگنال کانال ۲ و به‌همین ترتیب تا آخر نمایش داده می‌شود . در این روش لحظه‌ای که سیگنال کانال ۱ نمایش داده می‌شود کانال ۲ قطع است و برعکس در لحظه‌ای که سیگنال کانال ۲ نمایش داده می‌شود کانال ۱ قطع است اما چون این نقاط فوق‌العاده کوچک هستند ما آن‌ها را کنار هم و به‌صورت پیوسته مشاهده می‌کنیم و در نتیجه دو شکل موج به طور هم‌زمان بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ قابل مشاهده هستند.

۱-۱۰ پیچ بالانسDC : به دلیل استفاده از اسیلوسکوپ در مناطق و حرارت‌های متفاوت می‌بایست سلکتورهای Volt/Div هر یک از دو کانال ، از نظر DC بالانس شوند . با تنظیم این پیچ‌ها باید حالتی را انتخاب نمود که در آن حالت با تغییر سلکتور Volt/Div ، خط افقی هیچ تغییر مکانی در جهت عمودی نداشته باشد . این پیچ ها معمولاً با DC–Bal مشخص می‌شوند.

۲- قسمت TRIGGER: منظور از تریگر چیست ؟ برای پاسخ به این سؤال باید مطالبی را در مورد ساختمان داخلی اسیلوسکوپ بدانید . در اسیلوسکوپ در ابتدا یک اشعه الکترونی تولید می‌شود . منظور از اشعه الکترونی تعداد زیادی الکترون می‌باشد که به صورت یک اشعه فوق العاده باریک درآمده و با سرعت بسیار زیاد (چند هزار کیلومتر در ثانیه) در حرکت است . زمانی که این اشعه الکترونی با سرعت زیاد با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش اسیلوسکوپ برخورد می‌کند مواد فسفرسانس از خود نور تولید می‌کنند . برای اینکه این اشعه الکترونی شکل موج ها را روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش دهد لازم است در دو جهت عمودی و افقی حرکت کند و بر این اساس دو سری صفحه به نام‌های صفحات انحراف عمودی و صفحات انحراف افقی را در مسیر حرکت اشعه الکترونی قرار می‌دهند . هر سری از این صفحات ، خود شامل دو صفحه موازی می‌باشد . در اثر ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو صفحه موازی ، اشعه الکترونی به سمت صفحه دارای پتانسیل بیشتر متمایل می‌شود و به‌این ترتیب محل برخورد اشعه الکترونی با مواد فسفرسانس پشت صفحه نمایش تغییر می‌کند و در نتیجه محل تولید نور روی صفحه نمایش تغییر می‌کند . سیگنالی که ما می‌خواهیم روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود به صفحات انحراف عمودی اعمال می‌شود و متناسب با تغییرات دامنه این سیگنال ، اشعه الکترونی در راستای عمودی جابه‌جا می‌شود . اما برای اینکه شکل موج به‌طور صحیح روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود باید همزمان با جابه‌جا شدن اشعه در راستای عمودی ، اشعه در راستای افقی نیز جابه‌جا شود . مثلاً اگر هدف ، نمایش یک موج سینوسی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد با رسیدن موج سینوسی به صفحات انحراف عمودی ، اشعه الکترونی متناسب با دامنه موج سینوسی در راستای عمودی جابه‌جا می‌شود و اگر هیچ موجی به صفحات انحراف افقی اعمال نشود ، روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ به جای یک موج سینوسی فقط یک خط عمودی دیده می‌شود . بنابراین همیشه باید همزمان با سیگنال ورودی ، یک موج به صفحات انحراف افقی اعمال شود تا شکل موج ورودی به درستی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده شود . این موج را موج Ramp می‌گویند که یک موج دندانه اره‌ای است . اگر فرکانس موج Ramp با فرکانس سیگنال ورودی یکی باشد یک سیکل کامل از موج ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود و اگر فرکانس موج Ramp بیش از فرکانس سیگنال ورودی باشد چند

سیکل از سیگنال ورودی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ نمایش داده می‌شود . برای اینکه شکل موج ساکنی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ داشته باشیم لازم است تا حرکت افقی اشعه الکترونی هر بار از محل مشخصی از سیگنال ورودی شروع شود که این وظیفه بر عهده قسمت تریگر اسیلوسکوپ می‌باشد . اگر عمل تریگر انجام نشود ممکن است سیگنال ورودی در صفحه نمایش اسیلوسکوپ حرکت کند . برای عمل تریگر روش‌های مختلفی وجود دارد و بر این اساس کلیدهایی بر روی پانل اسیلوسکوپ تعبیه شده است که به‌وسیله آن‌ها می‌توان نوع تریگر را انتخاب نمود.

۱-۲ SOURSE : برای نمایش یک شکل موج پایدار در صفحه اسیلوسکوپ لازم است شکل موج جاروب کننده (SWEEPR) با شکل موج ورودی سنکرون(همزمانی) داشته باشد لذا برای سنکرون کردن لازم است یک شکل موج به آن اعمال شود که نوع این سیکنال سنکرون کننده در محل SOURSE به‌صورت زیر تعیین می‌شود.

این کلید ممکن است دارای حالت‌های زیر باشد:

الف : AC در این حالت عمل تریگر با مؤلفه AC انجام می شود.

ب : DC در این حالت عمل تریگر با خود موج به اضافه مؤلفه DC انجام می‌شود.

پ : CH1 در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال ۱ انجام می‌شود. (CH1 وCH2 : اگر در یکی از این دو وضعیت باشد, باید برای پایدار بودن موج هر کانال در قسمت vertical در وضعیت مشابه sourse باشد یعنی اگر CH1 بود, SOURSE هم CH1 و اگر CH2 بود, SOURSE هم باید CH2 باشد ،در این صورت اگر موج ثابت نشد از کلید LEVEL برای نگه داشتن موج استفاده می‌کنیم) .

ت : CH2 در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال اعمال شده به کانال ۲ انجام می شود .

ث : Line در این حالت عمل تریگر با فرکانس برق شهر انجام می شود

ج : Ext در این حالت باید موجی را که می خواهیم توسط آن عمل تریگر انجام شود از خارج اسیلوسکوپ و توسط ترمینال مخصوص آن به اسیلوسکوپ اعمال کنیم.

چ : TV در این حالت یک فیلتر پایین گذر مؤلفه های فرکانس بالای موج ورودی را حذف نموده و سپس عمل تریگر انجام می شود . این کلید در حالتی استفاده می شود که یک موج مزاحم بر روی موج اصلی ، مانع عمل تریگر شود .

ح : TV–H در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال‌های افقی تلویزیون انجام می‌شود.
خ : TV–L در این حالت عمل تریگر توسط سیگنال‌های عمودی تلویزیون انجام می‌شود.

۲-۲ ولوم HEVEL : برای نگه داشتن موج به‌کار می‌رود . این ولوم نقطه شروع موج نشان داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را معین می‌کند . هم‌چنین اگر موج نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ، در جهت افقی حرکت کند و ثابت نباشد باید به کمک این ولوم شکل موج را ثابت نگه‌داشت .
۲-۳ **کلید** Slope : نمودار را نسبت به محور V قرینه می‌کند. این کلید مشخص کننده این است که اولین نیم سیکل موج نشان داده شده مثبت و یا منفی می‌باشد . 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.

۲-۴ کلید TRIC: تحریک کننده مدار می‌باشد.

۲-۵ کلید Auto–Normal : اگر این کلید در حالت Auto باشد حتی اگر به ورودی اسیلوسکوپ سیگنالی اعمال نشود مدار داخلی اسیلوسکوپ یک موج دندانه اره‌ای به صفحات انحراف افقی اعمال می‌کند و بنابراین خطی افقی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود که نشان دهنده آماده به کار بودن اسیلوسکوپ است . 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 هیچ گونه خطی و یا موجی بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر نخواهد شد . این کلید در حالت عادی باید بر روی Auto باشد.

۳- قسمت HORISONTAL :

۳-۱ ولوم POSITION : با این ولوم می‌توان شکل موج روی صفحه نمایش‌گر را در جهت افقی حرکت داد. ◄ ►

۲-۳ سلکتور TIME/DIV : با تغییر این کلید پریود موج تغییر می‌کند . در نتیجه واحد زمان بر روی محور T ها عوض می‌شود . این کلید دارای ضرایبی بر حسب ثانیه ، میلی‌ثانیه و میکروثانیه است و این ضرایب نشان دهندهء این هستند که چقدر زمان لازم است تا اشعه در راستای افقی به اندازه یک خانه جابه‌جا شود. برای خواندن مقدار پریود واقعی یک موج تعداد واحدهای دیده شده را در عدد TIM/DIV می‌کنیم. روی این سلکتور سه دسته تنظیمات بر حسب ثانیه (S) میلی ثانیه(mS) و میکرو ثانیه (us) وجود دارد که در موقع تبدیل باید به این واحدها توجه نمود. برای مشاهدهء منحنی‌های لیساژو حالت X-Y انتخاب می‌شود. در این حالت کانال ۱ به عنوان ورودی Y و کانال ۲ به عنوان ورودی X مورد استفاده قرار می‌گیرد.

فرض کنیم یک موج به ورودی اسکوپ وارد شده (منبع‌اش می‌تواند مثلا یک سیگنال ژنراتور یا یک ترانسفورماتور باشد) و ما می‌خواهیم فرکانس ان را پیدا کنیم. اول باید سوییچ Sweep time/Div را به صورتی تنظیم کنیم که یک موج ثابت با حداقل یک دوره‌ی تناوب بر روی صفحه مشخص شود ، بعد از آن عددی را که سوییچ روی آن است در واحد آن قسمت ضرب کنیم و به‌این ترتیب دوره ی تناوب یا پریود موج به دست می‌آید که با معکوس کردن آن می‌توانیم فرکانسش را به‌دست بیاوریم. مثلا فرض کنیم اگر سوییچ time/div (بخوانید تایم دیویژن) روی عدد ۵ در قسمت ms باشد ، نشان می‌دهد که هر واحد افقی ما ۵ میلی‌ثانیه را نشان داده و از آن جایی که (مثلاً) موج ما در یک دوره‌ی تناوب در امتداد ۴ خانه قرار گرفته ، پس ۴ تا ۵ میلی ثانیه که ۲۰ میلی ثانیه (یا ۰.۰۲ ثانیه) است دوره‌ی تناوب این موج است و در نتیجه فرکانس آن ۱/۰.۰۲ یا پنجاه هرتز است که مثلا می‌تواند خروجی یک ترانس از برق شهری باشد .

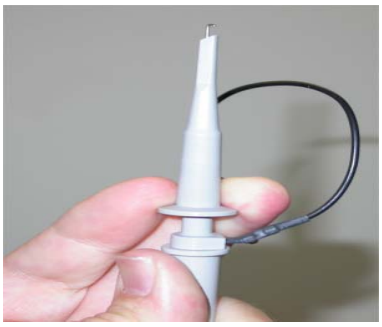
توجه: در بعضی از اسکوپ‌ها دکمه‌ی تغییر وضعیت به X-Y در کنار دکمه‌های Vertical mode قرار دارد و در بعضی در قسمت تریگر و برخی در قسمت های دیگر. اما چیزی که مهم است اینست که این وضعیت برای حذف بین دو کانال استفاده می‌شود و در واقع آن‌چه بر روی اسکوپ نشان داده می‌شود ، مشخصه‌ی انتقالی بین دو نقطه است که محور عمودی معرف تغییرات کانال A و محور افقی نمایش تغییرات کانال B است.

۳-۳ ولوم : Time Variable 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 مثل زمانی که می‌خواهیم اختلاف فاز دو موج هم فرکانس را محاسبه کنیم.

۳-۴ ولوم SWPVAR : با این ولوم می‌توان تعداد بیشتری شکل موج را روی صفحه منعکس کرد. (برای صفرکردن خطای فرکانس)

۳- ۵ کلید فشاری MAG10 : با فشار دادن این کلید موج ۱۰ برابر می‌شود.

پروب(PROBE) : برای مشاهده‌ی شکل موج اعمال به اسیلوسکوپ در ابتدا با پروب سیگنال الکتریکی را به ورودی اسیلوسکوپ وصل می‌کنیم. سیم رابط اسیلوسکوپ از سه قسمت تشکیل شده است ۱)مغزی فلزی که به کانال اسیلوسکوپ وصل می‌شود وB.N.C نامیده می‌شود ۲)پروب که به مدار متصل می شود ۳) وسیم shild که پروب را به b.n.c متصل کرده است. در روی پروب کلید (۱×) و(۱۰×) وجود دارد . چنانچه دامنه سیگنال ورودی کم باشد از حالت ۱× وچنانچه دامنه سیگنال ورودی بزرگ باشد از حالت ۱۰× استفاده می‌شود. (در حالت ورودی ۱۰× سیگنال ورودی ۱۰ برابر تضعیف می‌شود).

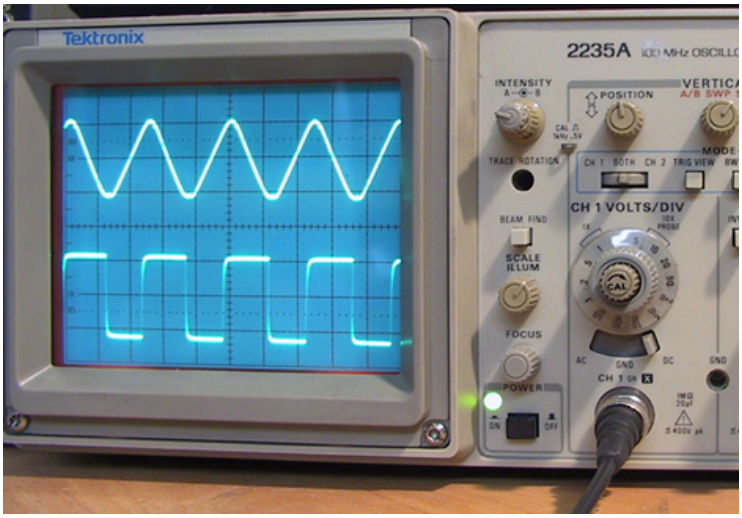


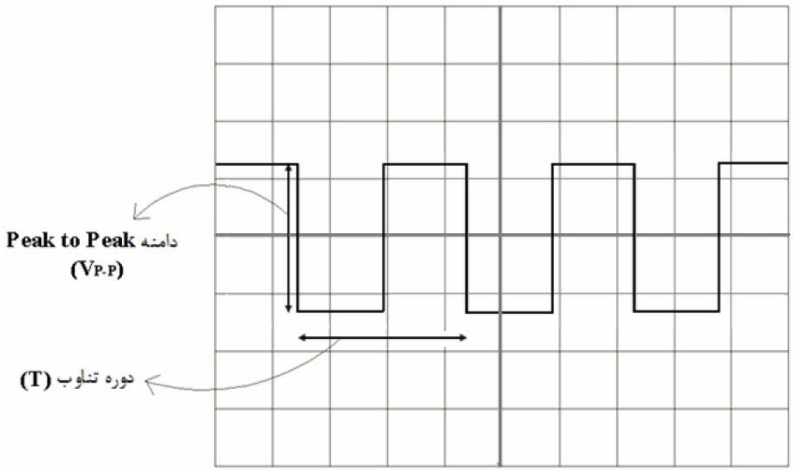
سیم رابط پروب معمولاً از جنس کابل کواکسیال می‌باشد تا میزان نویز به حداقل برسد. نوک پروب به‌صورت گیره‌ای فنری است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد. اگر پوشش پلاستیکی نوک پروب را برداریم ، نوک آن به‌صورت سوزنی می‌شود که در بعضی مواقع از آن استفاده می‌گردد . انتهای فلزی سیم رابط که به ورودی اسیلوسکوپ وصل می شود BNC نام دارد. 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 هیچ گونه تضعیفی از طریق پروب به اسیلوسکوپ اعمال می‌گردد 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 قرائت شده دامنه را باید در عدد ۱۰ ضرب نمود تا مقدار واقعی دامنه سیگنال به‌دست آید . موارد کاربرد ۱۰× برای سیگنال‌های با دامنه زیاد می‌باشد.

قبل از شروع آزمایش به یاد داشته باشید که کلیه دستگاه‌های اندازه‌گیری از جمله اسیلوسکوپ بسیار حساس هستند، لذا هنگام کارکردن با :

۱- توجه کنید که شدت نور در روی صفحهء اسیلوسکوپ نباید خیلی زیاد باشد زیرا به دستگاه آسیب می‌رساند.
۲- لکهء نورانی را هرگز برای مدت طولانی روی صفحه نیندازید.
۳- برای اندازه‌گیری‌های خود از نوک خودکار یا مداد استفاده نکنید.
۴- کلیدهای فشاری روی پانل اسیلوسکوپ را هنگام تغییر حالت به‌آرامی فشار دهید.

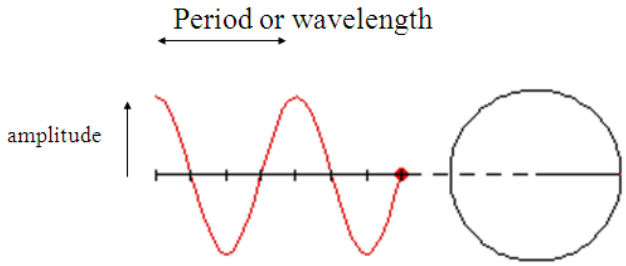
روشن کردن اسیلوسکوپ: اسیلوسکوپ را روشن نمایید. قبل از استفاده از اسیلوسکوپ دو تنظیم را انجام دهید. تنظیم صفر اسیلوسکوپ و تنظیم زمین اسیلوسکوپ. همیشه در ابتدای کار باید از تنظیم بودن وضعیت صفر اسکوپ مطمئن شویم. این‌کار را باید برای هر کانال به‌طور جداگانه باید انجام دهیم و برای تغییر وضعیت از یک کانال به کانال دیگر می‌توانیم از کلید MODE استفاده کنیم. کلید سه حالته AC/GND/DC را برای یک کانال دلخواه در حالت GND قرار دهید. با ولوم POSITION محور افقی را روی صفر قرار دهید. به وسیله کلیدهای INTENSITY و FOCUS شدت و ضخامت موج را تنظیم کنید و بعد از تنظیم زمین، کلید را در حالت AC قرار دهید. برای اطمینان از کالیبره بودن اسیلوسکوپ پروب آن را به کانال دلخواه وصل کنید و قسمت قرمز رنگ پروب را به جک مولد موج مربعی وصل کنید. اگر پروب و اسیلوسکوپ سالم باشند یک شکل موج مربعی روی صفحه نمایان می‌شود. دوره و دامنهء این موج را بیابید.





برای به‌دست آوردن دامنهء سیگنال، تعداد خانه‌های عمودی را ازقله تا پایین‌ترین نقطهء موج بشمارید و در واحد VOLTS/DIV آن کانال ضرب کنید. عدد به‌دست آمده اندازه دامنه موج (V_{p-p}) را نشان می‌دهد.

برای به‌دست آوردن فرکانس، تعداد خانه‌های افقی را که در امتداد یک دورهء تناوب قرار گرفته‌اند در واحد TIME/DIV ضرب کنید و عدد به‌دست آمده را معکوس کنید تا فرکانس موج به‌دست آید. $T = \frac{1}{f}$



وصل مدار به اسکوپ: اگر از یک کانال می‌خواهید استفاده کنید با یک پروب و اگر از دو کانال با دو پروب باید مدار را به اسکوپ وصل کنید. به این صورت که سوکت پروب را به ورودی کانال مورد نظر وصل کنید و سر دیگر آن را به دو سر المان یا قسمتی از مدار که می‌خواهید تغییرات ولتاژ آن را بررسی کنید، وصل کنید.

(مطالعهء آزاد) اندزه‌گیری اختلاف فاز :با توجه به این‌که اسیلوسکوپ‌های دو کاناله می‌توانند هم‌زمان دو شکل موج را نمایش دهند امکان اندازه‌گیری اختلاف فاز بین دو موج متناوب هم‌فرکانس توسط این نوع اسیلوسکوپ‌ها امکان پذیر است . برای این منظور دو روش وجود دارد . در روش اول ابتدا توسط کلید Time/Div و ولوم Volt Variable سعی می‌کنیم یک سیکل از سیگنال متناوب ، تعداد خانه‌های زیادی را در برگیرد (در اندازه‌گیری اختلاف فاز چون کاری با ضرایب Time/Div نداریم می‌توانیم ولوم Volt Variableرا از حالت Cal خارج کنیم.) سپس 360° را بر تعداد خانه‌های در بر گرفته شده توسط یک سیکل تقسیم می‌کنیم تا مقدار اختلاف فاز به ازای هر خانه مشخص شود . سپس تعداد خانه‌های قرار گرفته بین دو شکل موج در راستای افقی را در مقدار اختلاف فاز به ازای هر خانه ضرب می‌کنیم تا اختلاف فاز بین دو شکل موج به‌دست آید . اختلاف فاز را با Φ(فی) نمایش می‌دهند .

دومین روش برای اندازه‌گیری اختلاف فاز بین دو شکل موج ، استفاده از اشکال لیساژور است . برای این منظور اسیلوسکوپ را در حالت X–Y قرار داده و پس از اعمال شکل موج‌ها به کانال‌های X و Y ، توسط کلید Volt/Div و ولوم Volt Variable هر یک از دو کانال ، شکل موج ایجاد شده بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ را طوری تنظیم می‌کنیم که تا حد امکان بزرگ و تماماً داخل صفحه نمایش اسیلوسکوپ باشد . در این صورت یکی از پنج تصویر نشان داده شده در شکل بر روی صفحه نمایش اسیلوسکوپ ظاهر می‌شود.

تصویر (۱)
تصویر (۲)
تصویر (۳)
تصویر (۴)
تصویر (۵)
Φ = 0°
0° < Φ < 90°
Φ = 90°
90° < Φ < 180°
Φ =180°

آزمایش هشتم: کار با اسیلوسکوپ

هدف آزمایش: اندازه‌گیری دوره، فرکانس و ولتاژ موج‌ها

وسایل مورد نیاز: اسیلوسکوپ و پروب‌های آن، سیگنال ژنراتور

روش انجام آزمایش: با تئوری کار با اسیلوسکوپ در آزمایش قبل آشنا شدیم. در این آزمایش با استفاده از اسیلوسکوپ به مشاهده سیگنال‌های مختلف، محاسبه فرکانس و ولتاژ آنها و ... می‌پردازیم. با استفاده از مولد سیگنالی که در دست دارید سیگنال‌های مختلفی از لحاظ شکل، فرکانس و دامنه به یکی از ورودی‌های اسیلوسکوپ بدهید.

اندازه گیری مشخصات موج:

الف) تعیین ولتاژ V_{p-p}: برای اندازه‌گیری ولتاژ پیک‌تاپیک ، یک موج سینوسی را به یکی از کانال‌های اسیلوسکوپ بدهید. کلید $VOLTS/DIV$ را در حالت مناسب قرار دهید. فاصله عمودی قله تا دره نمودار موج سینوسی را تعیین کنید و عدد آن را به دست آورید. آزمایش را برای ۳ موج دیگر تکرار نمایید. با استفاده از مولتی‌متر، ولتاژ سیگنال ژنراتور را اندازه بگیرید. مولتی متر ولتاژ موثر را اندازه می‌گیرد. از روی آن ولتاژ را از رابطهء $V_e = V_{p-p}/2\sqrt{2}$ محاسبه کرده و خطای آن را به‌دست آورید.

خطا	ولتاژ با مولتی متر	ولتاژ موثر $V_e = V_{p-p}/2\sqrt{2}$	V_{p-p}	رنج $VOLTS/DIV$	تعداد درجات عمودی از قله تا دره

ب)تعیین دوره موج سینوسی: برای اندازه‌گیری T ، در طول یک دوره تعداد خانه‌های افقی را شمرده و عدد آن را تعیین کرده و دورهء موج را بیابید.

ج) تعیین فرکانس موج سینوسی: با استفاده از رابطهء دوره و فرکانس، فرکانس موج را بیابید. این کار را برای ۳ موج دیگر انجام دهید و خطای مطلق و نسبی هر یک را بیابید.

خطای مطلق و نسبی	مقدار واقعی فرکانس (فرکانس سیگنال ژنراتور)	$f = 1/T$	T	رنج $TIME / DIV$	تعداد درجات افقی در یک دوره کامل