



آزمایش شماره ۱۲

بررسی قانون اهم و به هم بستن سری و موازی مقاومت‌ها



۱۲-۱ هدف آزمایش:

بررسی رابطه اهم و تأثیر نحوه به هم بستن مقاومت‌ها در مقدار نهایی مقاومت مدار
آشنایی با اندازه‌گیری مقاومت به وسیله مولتی‌متر و مقایسه با کدهای رنگی
آشنایی با اندازه‌گیری ولتاژ و جریان مستقیم با مولتی‌متر و تحقیق قانون اهم
تعیین مقدار مقاومت مجهول با قانون اهم

۱۲-۲ وسایل لازم نیاز:

مقاومت، مولتی‌متر، سیم‌های رابط

۱۲-۳ تئوری آزمایش:

اگر دو سر یک رشته سیم را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، از سیم جریان الکتریکی عبور می‌کند، مقدار این جریان به مقاومت سیم بستگی دارد. این مقاومت الکتریکی سرعت الکترون را کم کرده و انرژی جنبشی آن را می‌گیرد. به این مقاومتی که الکترون‌ها در مسیر حرکت خود در جسمی رسانا با آن مواجه می‌شوند، مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.

مقاومت^۱ قطعه‌ای است که در موارد مختلف از قبیل محدود کردن جریان، تقسیم جریان و تقسیم ولتاژ به کار می‌رود. مقاومت الکتریکی را با R نشان داده و واحد یا یکای آن اهم نام دارد و به وسیله دستگاهی به نام اهم‌سنج اندازه‌گیری می‌شود.

خواندن مقاومت از روی رنگ‌های روی آن:

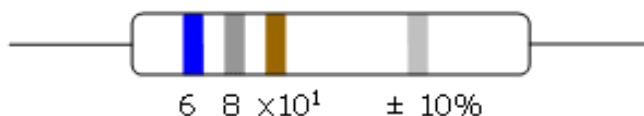
رایج‌ترین و ارزان‌ترین مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های کربنی هستند و چون دارای ابعاد کوچکی هستند، مقدار آنها را به وسیله رنگ مشخص می‌کنند. به این ترتیب که از سه رنگ برای مشخص کردن مقدار و یک رنگ برای مشخص کردن تلورانس یا درصد خطا بکار می‌رود. رنگ‌های روی مقاومت‌ها را از طرفی می‌خوانیم که فاصله کمتری با پایه مقاومت داشته باشند یا به عبارتی دیگر حلقه‌های به رنگ نقره‌ای یا طلایی را که مشخص‌کننده تلورانس هستند در سمت راست قرار می‌دهیم. هر رنگ معرف یک عدد است. در جدول شماره ۱ معنی رنگ‌ها آمده است.

جدول ۱ معنی رنگ‌های موجود روی مقاومت‌ها

رنگ	نوار اول عدد اول	نوار دوم عدد دوم	نوار سوم تعداد صفرها	نوار چهارم درصد خطا
سیاه	۰	۰	-----	-----
قهوه‌ای	۱	۱	۱	٪۱
قرمز	۲	۲	۲	٪۲
نارنجی	۳	۳	۳	-----
زرد	۴	۴	۴	-----
سبز	۵	۵	۵	-----
آبی	۶	۶	۶	-----
بنفش	۷	۷	۷	-----
خاکستری	۸	۸	۸	-----
سفید	۹	۹	۹	-----

طلایی	-----	-----	-----	٪۵
نقره‌ای	-----	-----	-----	٪۱۰
بی‌رنگ	-----	-----	-----	٪۲۰

برای خواندن مقدار مقاومت، عدد رنگ اول را بر روی کاغذ نوشته سپس عدد رنگ دوم را در کنار آن سمت راست قرار می‌دهیم. هنگامی که به رنگ سوم رسیدیم دو عدد قبلی را در ۱۰ به توان عدد رنگ سوم ضرب می‌کنیم. توجه کنید رنگ اول و رنگ دوم از هم جدا نبوده و یک عدد ۲ رقمی را تشکیل می‌دهند (به‌عنوان مثال ۶۸۰ اهم در شکل زیر).



$$R = 68 \times 10^1 \pm 10\%$$

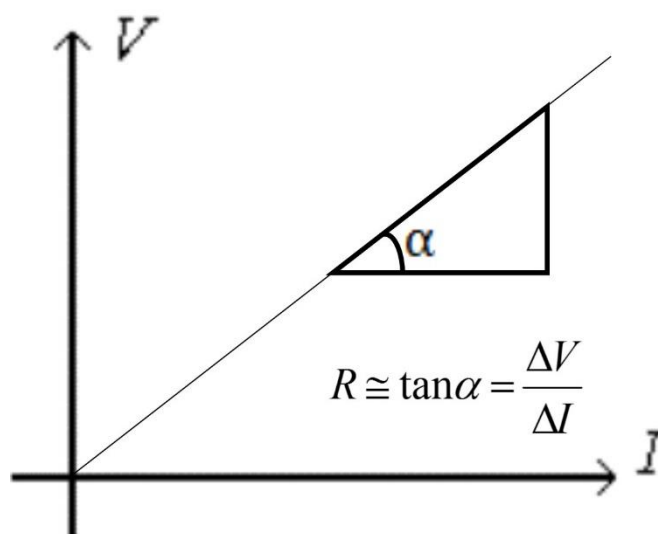
شکل ۱ نحوه محاسبه مقاومت از روی رنگ های موجود روی مقاومت ها

قانون اهم:

اگر اختلاف پتانسیل متغیر V به دو سر یک مقاومت اعمال کنیم و به‌ازای هر اختلاف پتانسیل اعمال شده، جریان I را اندازه‌گیری کرده و نمایش تغییرات V را بر حسب I رسم کنیم، خط راستی به دست می‌آید که مبین مقاومت الکتریکی است و به ولتاژی که به آن اعمال می‌کنیم بستگی ندارد. این نتیجه مهم در مورد رساناهای فلزی به قانون اهم معروف است. بر اساس قانون اهم، مقاومت الکتریکی برابر است با نسبت اختلاف پتانسیل رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد. اهم بیان کرد که اگر دمای رسانا تغییر نکند، این نسبت همواره ثابت است.

$$V = IR \quad (1)$$

شکل مقابل نمایش تغییرات اختلاف پتانسیل بر حسب جریان در یک رسانای مسی است که از قانون اهم پیروی می‌کند. شیب نمودار نشان‌دهنده اندازه مقاومت است.



شکل 2 نحوه محاسبه مقاومت از روی رنگ های موجود روی مقاومت ها

به هم بستن سری و موازی مقاومت‌ها:

در **مقاومت‌های متوالی** که یک سر مقاومت، بدون واسطه و تنها توسط سیم به مقاومت دیگر وصل می‌شود، جریان یکسانی از تمام مقاومت‌ها عبور می‌کند و اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه مقاومت‌های متوالی برابر با مجموع تک تک اختلاف پتانسیل‌های دو سر هر کدام از مقاومت‌ها است. اگر R_T مقاومت معادل باشد، می‌توان نوشت:

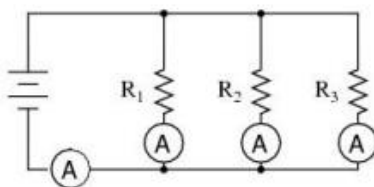
$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (2)$$

$$R_n \times R_2 + \dots + I \times R_1 + I \times R_T = I \times I \quad (3)$$

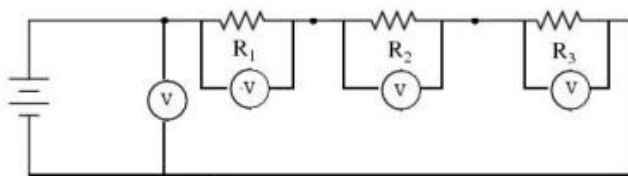
پس حذف I از دو طرف معادله، رابطه نهایی برای مقاومت معادل ترکیب متوالی مقاومت‌ها به دست می‌آید:

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (4)$$

بنابراین، به هم بستن سری مقاومت‌ها، باعث افزایش مقاومت معادل مدار می‌شود.



(شکل الف)



(شکل ب)

شکل 3 نحوه بهم بستن (الف) سری مقاومت‌ها و (ب) موازی مقاومت‌ها در مدار.

در **مقاومت‌های موازی** که دو سر مقاومت‌ها، بدون واسطه توسط سیم به دو سر مقاومت دیگر وصل می‌شود، اختلاف پتانسیل یکسانی در دو طرف هر یک از مقاومت‌ها وجود دارد و شدت جریان عبوری از دو سر مجموعه مقاومت‌های موازی برابر با مجموع تک تک شدت جریان‌های عبوری از دو سر هر کدام از مقاومت‌ها است. اگر R_T مقاومت معادل باشد، می‌توان نوشت:

$$I_T = I_1 + I_2 + \dots + I_n \Rightarrow \frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \dots + \frac{V}{R_n} \quad (5)$$

پس از حذف V از دو طرف معادله، رابطه نهایی برای مقاومت معادل ترکیب موازی مقاومت‌ها به دست می‌آید:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (6)$$

بنابراین، به هم بستن موازی مقاومت‌ها باعث کاهش مقاومت نهایی مدار می‌شود.

اجزای مدار الکتریکی:

(۱) **ولت سنج** وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ولتاژ و یا اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو پایانه منبع تغذیه و یا دونقطه از یک مدار الکتریکی است. اختلاف پتانسیل الکتریکی میان دونقطه A و B در میدان الکتریکی برابر با کار انجام گرفته برای جابه‌جایی بار آزمون q_0 بین دونقطه موردنظر است.

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \quad (۱)$$

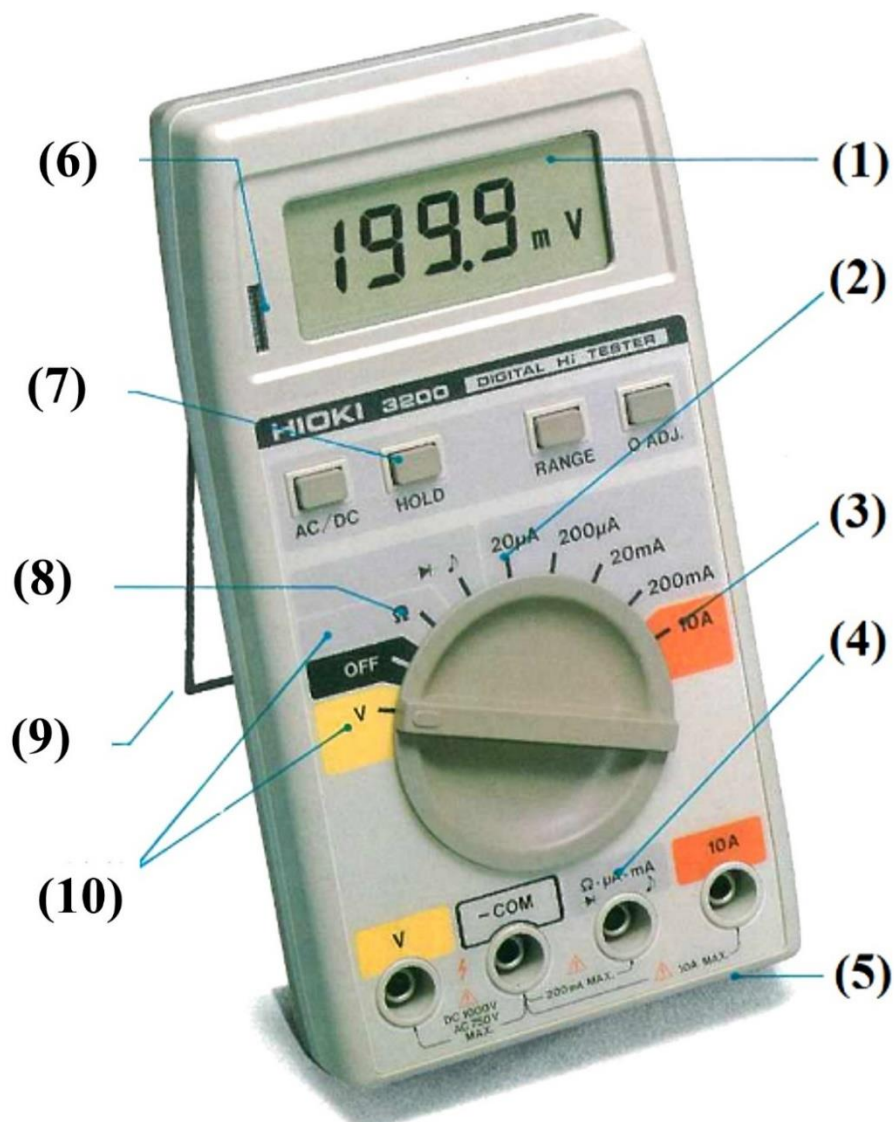
ولت‌سنج به‌صورت موازی بین دونقطه وصل می‌شود و اختلاف پتانسیل دونقطه را نمایش خواهد داد.

(۲) **آمپرسنج** برای اندازه‌گیری شدت جریان یک منبع تغذیه و یا شدت جریان عبوری از یک شاخه از مدار بکار می‌رود. آمپرسنج هنگام اندازه‌گیری جریان عبوری از شاخه مدار، به‌صورت سری در آن شاخه قرار می‌گیرد و جریان از آن عبور می‌کند و چون مقاومت سیم‌پیچ داخلی آمپرسنج ناچیز است، بنابراین تأثیر بسیار کمی در جریان شاخه مدار خواهد داشت.

(۳) **اهم‌سنج** وسیله‌ای برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی است. با بستن دو سر یک اهم‌سنج به دو سر یک مقاومت مجهول یک مدار بسته می‌شود و مقدار مقاومت مجهول به دست می‌آید. در اندازه‌گیری مقاومت باید جریان را از مدار قطع کرد.

(۴) **آوومتر یا مولتی‌متر** دستگاهی است که می‌تواند چند کمیت مختلف فیزیکی را اندازه‌گیری کند و نام آن از حروف اول کلمات Volt، Ampere و Ohm گرفته شده است. از این دستگاه می‌توان برای اندازه‌گیری مقاومت، شدت جریان الکتریکی (مستقیم و متناوب) و ولتاژ (مستقیم و متناوب) استفاده کرد. مولتی‌متر دیجیتال مقدار کمیت‌های اندازه‌گیری شده را به‌صورت رقم (به همراه واحد آن) بر روی صفحه‌نمایش نشان می‌دهد. در

آزمایشگاه از مولتی متر دیجیتال Hioki 3200 Digital HiTester استفاده می کنیم. برای آشنایی بیشتر توضیحی در مورد این دستگاه ارائه می کنیم. شکل (۴) تصویری از این مولتی متر را نشان می دهد.



شکل 4 آوومتر Hioki 3200 و معرفی عملکرد قسمت های مهم آن

عملکرد هر بخش بر اساس شماره گذاری در زیر ارائه شده است:

(۱) صفحه نمایش LCD بزرگ 13 میلیمتری

با این صفحه نمایش خواندن اعداد واضح و آسان است.

(۲) قدرت تفکیک در بازه جریان

کمترین بازه جریان AC و DC، $20\ \mu A$ است. قدرت تفکیک در این بازه به مقدار $10\ \mu A$ است.

(۳) قابلیت جریان بالا

اندازه‌گیری جریان تا ۱۰ آمپر امکان‌پذیر است.

(۴) محافظت ولتاژ تا ۲۵۰ ولت متناوب در گستره‌های جریان و مقاومت

فیوز این دستگاه محافظت کامل را در وقایع تصادفی ورودی ولتاژ به گستره جریان و اهم (به جز ۱۰ آمپر) فراهم می‌نماید.

(۵) ساختاری مقاوم در مقابل افتادن از سطح

مولتی‌متر در مقابل افتادن بر روی سطحی از بتن از ارتفاع یک متر مقاوم است.

(۶) لامپ گزارش ولتاژ اضافی در گستره اهم

ولتاژ اضافی اعمالی بر گستره اهم با روشن شدن لامپ نئون گزارش داده شده و شارش جریان در مدار برای ایمنی محدود می‌شود.

(۷) تثبیت صفحه‌نمایش

قرائت صفحه‌نمایش می‌تواند با فشار ساده این دکمه متوقف شود. برای اندازه‌گیری در شرایطی که رسیدن به موقعیت مربوطه و ثبت آن سخت است، مناسب است.

(۸) اهم توان پایین

این بخش امکان اندازه‌گیری مقاومت مدار بدون روشن نمودن اتصالات نیمه‌هادی را فراهم می‌کند.

(۹) پایه نگه‌دار مناسب

به شما امکان تنظیم موقعیت صفحه‌نمایش در بهترین حالت را فراهم می‌کند.

(۱۰) تنظیم بازه خودکار

تنظیم کاملاً خودکار (به جز گستره جریان) دستگاه را در گستره صحیح برای ورودی اعمالی نگه می‌دارد. تنظیم دستی بازه نیز امکان‌پذیر است.

عموماً روی صفحه آوومتر سه قسمت زیر مشاهده می‌شود:

1- صفحه‌نمایش دیجیتالی

2- کلید انتخابگر روی سلکتور دایره‌ای

3- پایانه‌های ورودی و دکمه‌های تنظیم‌کننده

در روی سلکتور دایره‌ای کلید انتخابگر علائم V برای اختلاف پتانسیل و A برای شدت جریان و Ω برای مقاومت بکار می‌رود. پایانه COM- برای قطب منفی و پایانه‌های دیگر برای اندازه‌گیری ولتاژ و شدت جریان با محدوده‌های مختلف بکار می‌رود. ابتدا کمیت مورد بررسی توسط آوومتر با کلید انتخابگر انتخاب می‌شوند. دستگاه مذکور جریان مستقیم و متناوب را به‌صورت خودکار تمایز می‌دهد. سپس برای اندازه‌گیری هر پارامتر، محدوده موردنظر را بر روی مولتی‌متر انتخاب می‌کنیم. مثلاً اگر می‌خواهیم جریان $10 \mu A$ را اندازه‌گیری کنیم، باید سلکتور مولتی‌متر را در قسمت جریان بر روی $20 \mu A$ قرار دهیم تا بتوانیم جریان‌های زیر $20 \mu A$ را با دقت خوبی اندازه‌گیری کنیم.

۵) منبع تغذیه الکتریکی به‌عنوان منبع انرژی الکتریکی برای تأمین انرژی لازم برای برقراری جریان در مدارات استفاده می‌شود. در طبیعت وسایلی چون باتری‌ها و مولدهای الکتریکی وجود دارند که قادرند میان هر دو نقطه که به آنها وصل می‌شوند اختلاف پتانسیل ایجاد کنند؛ چنین وسایلی را منبع نیروی محرکه الکتریکی emf (با نماد $\mathcal{E}$) می‌نامند.

برد برد^۲ برای متصل کردن قطعات الکترونیکی و انجام آزمایش‌ها الکترونیکی از آن استفاده می‌شود. برد برد صفحه‌ای است که پایه‌های عناصر الکترونیکی به راحتی در روزنه‌های آن فرورفته و محکم می‌شود و یک مدار الکتریکی برای عبور جریان فراهم می‌شود.

قسمت اول آزمایش:

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با استفاده از مولتی‌متر و خواندن رنگ‌های روی مقاومت

روش انجام آزمایش: پنج مقاومت کربنی شماره‌گذاری شده را با استفاده از کد رنگ‌ها و جدول داده شده بخوانید و سپس با اتصال آنها به دو سر اهم‌متر و تشکیل یک مدار، مقدار مقاومت را دوباره خوانده و با قسمت قبل مقایسه کنید و جدول ۲ را کامل کنید.

جدول ۲ اندازه‌گیری مقدار مقاومت‌های کربنی

اختلاف بین دو عدد (/.)	مقدار به دست آمده با اهم‌متر	مقدار خوانده شده از روی رنگ	مقاومت
			۱
			۲
			۳
			۴
			۵

قسمت دوم آزمایش:

بررسی قانون اهم

روش انجام آزمایش: سه مقاومت را به ترتیب انتخاب کرده و با بستن هر کدام از آن‌ها در مدار، به‌ازای سه مقدار متفاوت از ولتاژ (1 V ، 2 V و 3 V)، با استفاده از خروجی آمپرسنج، جریان را در جدول ۳ ثبت می‌کنیم. نمودار ولتاژ - شدت جریان ($V-I$) را برای هر مقاومت رسم می‌کنیم. مقاومت، برابر شیب تقریبی خط عبورکننده از نقاط برخورد اختلاف پتانسیل‌ها و شدت جریان‌ها است. مقدار مقاومت به‌دست‌آمده با استفاده از قانون اهم را با مقادیر به‌دست‌آمده در قسمت‌های قبلی مقایسه کنید.

جدول 3 تعیین مقاومت با توجه به شیب نمودار

مقاومت	مقاومت 1			مقاومت 2			مقاومت 3		
ولتاژ	1 V	2 V	3 V	1 V	2 V	3 V	1 V	2 V	3 V
جریان									
اندازه مقاومت (شیب نمودار)									

قسمت سوم آزمایش:

تعیین مقاومت مجهول

روش انجام آزمایش: یکی از مقاومت‌های مکعبی شکل که مجهول است را در مدار گذاشته و با استفاده از ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت، و با استفاده از آمپرسنج مقدار شدت جریان عبوری را به‌ازای ولتاژهای اعمالی متفاوت بخوانید. جدول شماره ۴ را کامل کنید. تغییرات ولتاژ را برحسب شدت جریان برای مقاومت مجهول در نمودار رسم کنید.

جدول 4 تعیین مقاومت مجهول

مقاومت از رابطه اهم	شدت جریان خوانده شده	ولتاژ خوانده شده	آزمایش
			۱
			۲
			۳
			۴
			۵
مقاومت میانگین:			

قسمت چهارم آزمایش:

به هم بستن مقاومت‌ها به طور متوالی و موازی

روش انجام آزمایش: سه مقاومت معلوم را به طور متوالی به یکدیگر متصل کرده و شدت جریان کل عبوری و ولتاژ کل مجموعه مقاومت‌ها را با استفاده از ولت‌متر و آمپر‌متر بخوانید. با استفاده از رابطه اهم مقدار مقاومت کل را به دست آورید. سپس، مقدار به‌دست‌آمده را با عدد پیش‌بینی شده توسط رابطه مقاومت معادل مقایسه کنید. همچنین، برای بررسی به هم بستن موازی مقاومت‌ها، سه مقاومت معلوم را به طور موازی مطابق شکل (۳) به یکدیگر ببندید. دو سر مجموعه را به طور متوالی به یک آمپر‌سنج وصل کنید و ولت‌سنج را به طور موازی به دو سر مجموعه ببندید. مقادیر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها و مقدار شدت جریان عبوری را برای مجموعه بخوانید و با قانون اهم مقدار مقاومت کل (معادل) را به دست آورید. سپس، مقدار به‌دست‌آمده را با عدد پیش‌بینی شده توسط رابطه مقاومت معادل مقایسه کنید.

سؤالات:

- 1) نحوه قرارگیری (موازی یا سری) اهم‌سنج در مدار را توضیح دهید.
- 2) چند مورد از کاربرد مدارات مقاومتی صنعت و یا پزشکی را بیان کنید.