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 به‌وسیله 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 یک‌رشته سیم را به اختلاف‌پتانسیل 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[1] قطعه‌ای است که در موارد مختلف از قبیل محدودکردن 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 به‌وسیله دستگاهی به نام اهم‌سنج اندازه‌گیری می‌شود.

[1] Resistor

خواندن مقاومت از روی رنگ‌های روی آن:

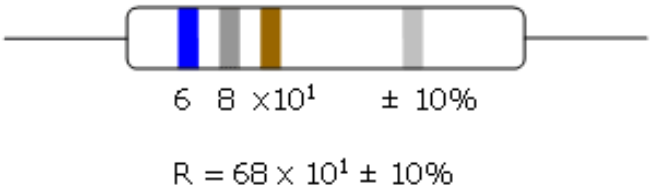
رایج‌ترین و ارزان‌ترین مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های کربنی هستند و چون دارای ابعاد کوچکی هستند، مقدار آنها را به‌وسیله رنگ مشخص می‌کنند. به‌این‌ترتیب که از سه‌رنگ برای مشخص‌کردن مقدار و یک‌رنگ برای مشخص‌کردن تلورانس یا درصد خطا بکار می‌رود. رنگ‌های روی مقاومت‌ها را از طرفی می‌خوانیم که فاصله کمتری با پایه 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 1 معنی رنگ های موجود روی مقاومت ها

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	----------

٪۵	----------	----------	---------	طلائی
٪۱۰	----------	----------	---------	نقره‌ای
٪۲۰	----------	----------	---------	بی‌رنگ

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 (به‌عنوان‌مثال ۶۸۰ اهم در شکل زیر).



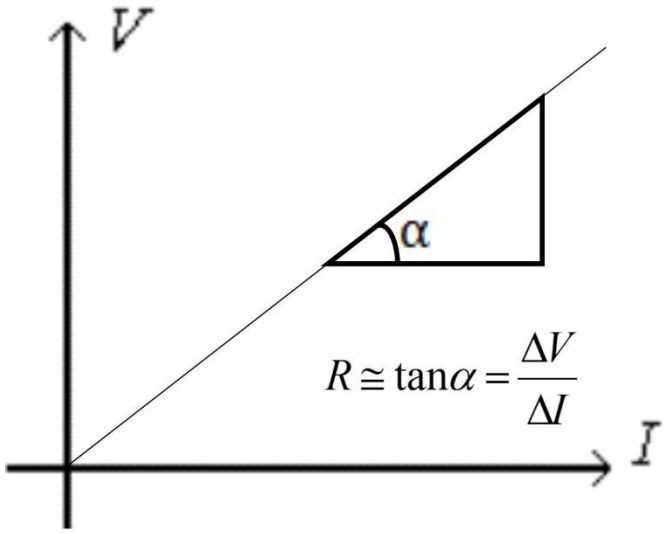
شکل 1 نحوه محاسبه مقاومت از روی رنگ های موجود روی مقاومت ها

قانون اهم:

اگر اختلاف‌پتانسیل متغیر V به دو سر یک مقاومت اعمال کنیم و به‌ازای هر اختلاف‌پتانسیل 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 اختلاف‌پتانسیل رسانا به‌شدت جریانی که از آن می‌گذرد. اهم بیان کرد که اگر دمای رسانا تغییر نکند، این نسبت همواره ثابت است.

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

شکل مقابل نمایش تغییرات اختلاف‌پتانسیل 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 اختلاف‌پتانسیل دو سر مجموعه مقاومت‌های متوالی برابر با مجموع تک‌تک اختلاف‌پتانسیل‌های دو سر هر کدام از مقاومت‌ها است. اگر R_T مقاومت معادل باشد، می‌توان نوشت:

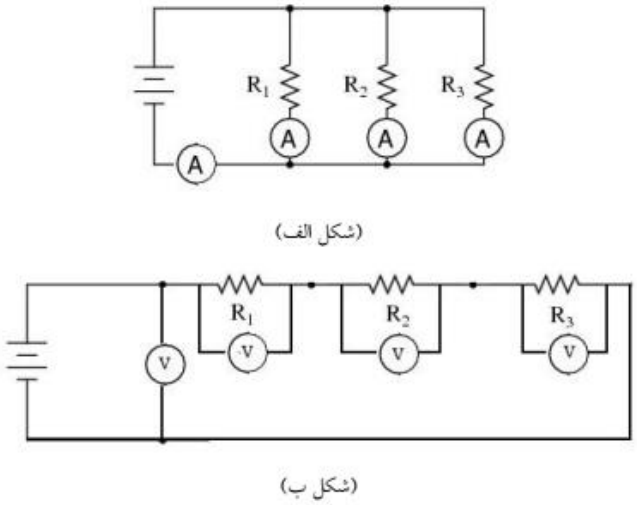
$$V = V_1 + V_2 + \ldots + V_n \qquad (2)$$

$$R_n \times R_2 + \ldots + I \times R_1 + I \times R_T = I \times I \qquad (3)$$

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

$$R_T = R_1 + R_2 + \ldots + R_n \qquad (4)$$

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



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

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

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

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n} \qquad (6)$$

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

اجزای مدار الکتریکی:

۱) ولت‌سنج وسیله‌ای برای اندازه‌گیری ولتاژ و یا اختلاف‌پتانسیل الکتریکی بین دو پایانه منبع تغذیه و یا دونقطه از یک مدار الکتریکی است. اختلاف‌پتانسیل الکتریکی میان دونقطه A و B در میدان الکتریکی برابر با کار انجام‌گرفته برای جابه‌جایی بار آزمون q_0 بین دونقطه موردنظر است.

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

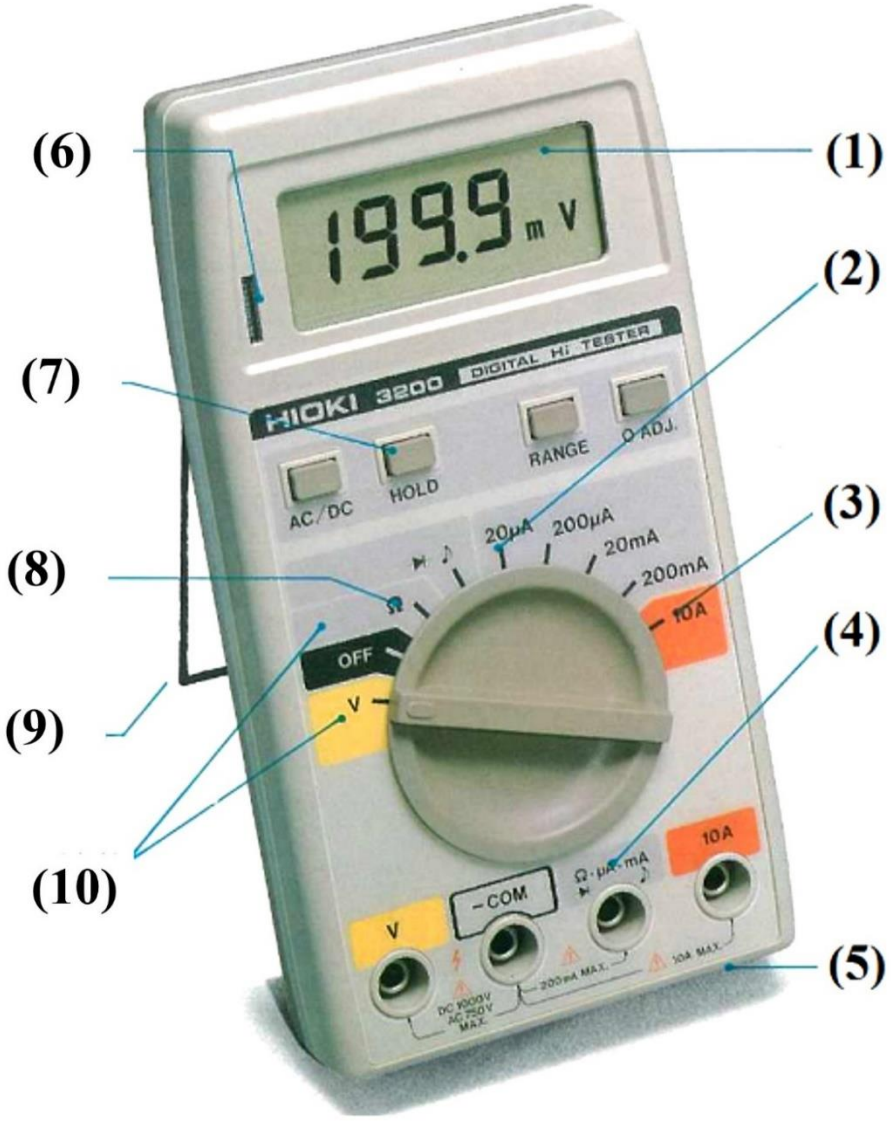
ولت‌سنج به‌صورت موازی بین دونقطه وصل می‌شود و اختلاف پتانسیل دونقطه را نمایش خواهد داد.

۲) آمپرسنج برای اندازه‌گیری شدت‌جریان یک منبع تغذیه و یا شدت‌جریان 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 مداربسته 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 Ampere، Volt و Ohm گرفته شده است. از این دستگاه می‌توان برای اندازه‌گیری مقاومت، شدت‌جریان 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 مولتی‌متر دیجیتال Hioki 3200 Digital HiTester استفاده می‌کنیم. برای آشنایی بیشتر توضیحی در مورد این دستگاه ارائه می‌کنیم. شکل (۴) تصویری از این مولتی‌متر را نشان می‌دهد.



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

عملکرد هر بخش بر اساس شماره‌گذاری در زیر ارائه شده است:

(۱) صفحه‌نمایش LCD بزرگ 13 میلیمتری

با این صفحه‌نمایش 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 μA ۱۰ 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 روشن‌شدن 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 علایم V برای اختلاف‌پتانسیل و A برای شدت‌جریان و Ω برای مقاومت بکار می‌رود. پایانه COM– برای قطب منفی و پایانه‌های دیگر برای اندازه‌گیری ولتاژ و شدت‌جریان 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 μA را اندازه‌گیری کنیم، باید سلکتور مولتی‌متر را در قسمت جریان بر روی 20 μA قرار دهیم تا بتوانیم جریان‌های زیر 20 μA را بادقت 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 دونقطه که به آنها وصل می‌شوند اختلاف‌پتانسیل ایجاد کنند؛ چنین وسایلی را منبع نیروی محرکه الکتریکی emf (با نماد ε) می‌نامند.

برد بورد[۲] برای متصل‌کردن قطعات الکترونیکی و انجام آزمایش‌ها الکترونیکی از آن استفاده می‌شود. برد بورد صفحه‌ای است که پایه‌های عناصر الکترونیکی به‌راحتی 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 2 اندازه‌گیری مقدار مقاومت‌های کربنی

مقاومت	مقدار خوانده شده از روی رنگ	مقدار به‌دست‌آمده با اهم‌متر	اختلاف بین دو عدد (٪)
۱			
۲			
۳			
۴			
۵			

[2] Breadboard

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 - شدت‌جریان (V–I) را برای هر مقاومت رسم می‌کنیم. مقاومت، برابر شیب تقریبی خط عبورکننده از نقاط برخورد اختلاف‌پتانسیل‌ها و شدت‌جریان‌ها 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، اختلاف‌پتانسیل دوسر مقاومت، و با استفاده از آمپرسنج مقدار شدت‌جریان عبوری را به‌ازای ولتاژهای اعمالی متفاوت بخوانید. جدول شماره ۴ را کامل کنید. تغییرات ولتاژ را برحسب شدت‌جریان برای مقاومت مجهول در نمودار رسم کنید.

جدول 4 تعیین مقاومت مجهول

آزمایش	ولتاژ خوانده شده	شدت‌جریان خوانده شده	مقاومت از رابطه اهم
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 شدت‌جریان 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 اختلاف‌پتانسیل دو سر مقاومت‌ها و مقدار شدت‌جریان 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.