فصل دوم

شناخت قطعات الکتریکی و کار با آن‌ها

هدف کلی: انواع مقاومت‌ها و کاربرد آن‌ها در مدارهای الکتریکی

پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- مقاومت الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.

۲- انواع مقاومت‌های الکتریکی را نام ببرد.

۳- طرز کار هر یک از مقاومت‌های متغیر وابسته به عوامل فیزیکی را به طور مختصر شرح دهد.

۴- نحوه‌ی تقسیم‌بندی مقاومت‌ها را از نظر ساختمان آن‌ها شرح دهد.

۵- مشخصه‌های مقاومت را نام ببرد و هر یک را به اختصار توضیح دهد.

۶- مدار سری را شرح دهد.

۷- مقاومت معادل در یک مدار سری را محاسبه کند.

۸- افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در یک مدار سری را محاسبه کند.

۹- مدار موازی را شرح دهد.

۱۰- نحوه‌ی محاسبه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را محاسبه کند.

۱۱- جریان و ولتاژ در یک مدار موازی را محاسبه کند.

۱۲- نحوه‌ی اندازه‌گیری ولتاژ را شرح دهد.

۱۳- دستگاه اندازه‌گیری و چگونگی اندازه‌گیری جریان را شرح دهد.

۱۴- کاربرد اهم‌متر و طرز کار آن را شرح دهد.

۱۵- مقاومت، ولتاژ و جریان را در مدارهای سری و موازی به طور عملی اندازه بگیرد.

۱۶- قانون KVL را در مدارهای سری شرح دهد.

۱۷- قانون KVL را در مدارهای سری به طور عملی تحقیق کند.

۱۸- قانون KCL را در مدارهای موازی شرح دهد.

۱۹- قانون KCL را در مدارهای موازی عملاً تحقیق کند.

۲۰- انواع پیل‌ها را مختصراً شرح دهد.

۲۱- اتصال سری پیل‌ها را توضیح دهد.

۲۲- اتصال متقابل پیل‌ها را توضیح دهد.

۲۳- اتصال موازی پیل‌ها را توضیح دهد.

۲۴- انواع اتصال پیل‌ها را به طور عملی تجربه کند.

۲۵- کلیه‌ی اهداف رفتاری در حیطه‌ی عاطفی که در فصل اول به آن‌ها اشاره شده‌است را در این فصل نیز اجرا کند.

توانایی شماره	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
۲	۱۷	۱۸	۳۵

پیش آزمون فصل (۲)

۱- واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است.

صحیح ❐ غلط ❐

۲- تولرانس مقاومت‌های سری E۱۲ برابر ۱۰٪± است.

صحیح ❐ غلط ❐

۳- ترمیستوری را که تغییر مقاومت آن با افزایش دما نسبت مستقیم دارد ..... می‌گویند.

۴- واریستور مقاومتی وابسته به ..... است.

الف) حرارت ب) نور ج) ولتاژ د) دما

۵- مقاومت معادل در یک مدار سری، از همه‌ی مقاومت‌های موجود در مدار (بزرگ‌تر- کوچک‌تر) است.

۶- کدام‌یک از جملات زیر صحیح نیست؟

الف) در مدار موازی، جریان شاخه‌ها مساوی است.

ب) در مدار موازی، توان کل مدار برابر مجموع توان‌های مصرف کننده‌ها است.

ج) در مدار سری، ولتاژ کلیه‌ی مصرف کننده‌ها برابربا ولتاژ منبع است .

د) در مدار سری، توان کل مدار برابر مجموع توان‌های مصرف کننده‌ها است.

۷- ساختمان داخلی ولت‌متر DC را شرح دهید.

۸- برای اندازه‌گیری جریان در مدارهای الکتریکی از ..... استفاده می‌شود، که با سایر قطعات .... قرار می‌گیرد.

الف) ولت‌متر- سری ب) ولت‌متر- موازی

ج) آمپرمتر- سری د) آمپرمتر- موازی

۹- پیل‌های اولیه قابل شارژ نیستند.

صحیح ❐ غلط ❐

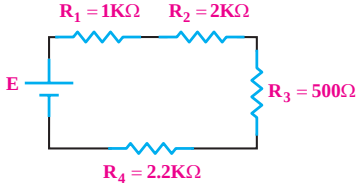
۱۰- پیل‌های قلیایی..... و نیکل- کادمیوم..... هستند .

الف) اولیه- ثانویه ب) ثانویه- اولیه

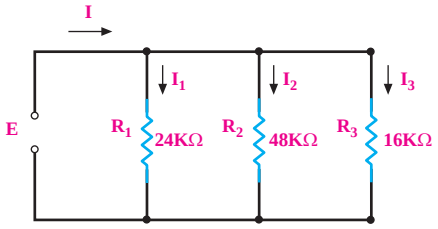
ج) اولیه- اولیه د)ثانویه- ثانویه

۱۱- پیل‌ها را سری می‌کنند تا ولتاژ کل مدار را ..... دهند.

۱۲- مقاومت معادل شکل زیر را محاسبه کنید.

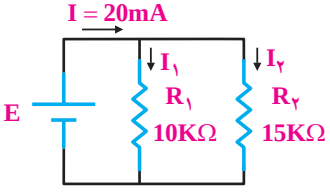


۱۳- مقاومت معادل را در شکل زیر محاسبه کنید.



۱۴- در مدار شکل زیر مطلوب است:

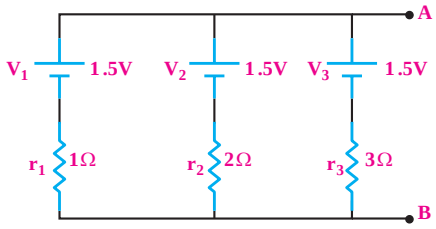
محاسبه‌ی جریان I_1 و I_2.



۱۵- در مدار شکل زیر، مطلوب است:

الف- کاربرد مدار

ب- مقاومت داخلی کل پیل‌ها از دو نقطه A و B.

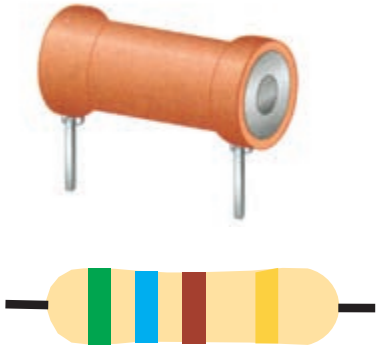


۱-۲ آشنایی با مقاومت و انواع آن

«مقاومت الکتریکی» خاصیتی است که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان می‌دهد. این مخالفت گاهی مانند مقاومت الکتریکی سیم‌های رابط ، به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی وجود دارد و گاهی به عنوان عاملی از پیش تعیین شده به صورت یک مصرف کننده در مدارهای الکتریکی قرار می‌گیرد.

۱-۱-۲ انواع مقاومت‌ها

به طور کلی مقاومت‌ها را می‌توان از نظر مقدار اهمی به دو دسته ثابت و متغیر تقسیم بندی کرد. منظور از مقاومت ثابت مقاومتی است که مقدار آن در اثر حرارت، نور، میدان‌های مغناطیسی و یا سایر عوامل فیزیکی تغییر نمی‌کند. در شکل ۱-۲ دو نمونه مقاومت ثابت نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ دو نمونه مقاومت اهمی (R)

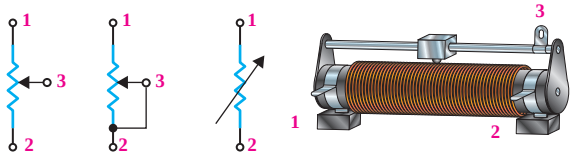
مقاومت متغیر مقاومتی است که می‌توان مقدار اهم آن را با عواملی مانند تغییر مکان یک اهرم، نور، حرارت و ولتاژ تغییر داد.

در شکل ۲-۲ یک نمونه مقاومت متغیر که مقدار آن با تغییر اهرم تغییر می‌کند را مشاهده می‌کنید. به این نوع مقاومت پتانسیومتر می‌گویند.

شکل ۲-۲ یک نمونه مقاومت متغیر

۲-۱-۲ رئوستا و پتانسیومتر

رئوستا و پتانسیومتر، هر دو مقاومت متغیر هستند که می‌توان با جابه‌جا کردن یا چرخاندن یک اهرم مکانیکی، مقدار مقاومت اهمی آن‌ها را تغییر داد. به مقاومت‌های متغیر سیمی بزرگ اصطلاحاً رئوستا گفته می‌شود. از این مقاومت‌ها در جریان‌های زیاد استفاده می‌کنند. در شکل ۳-۲ یک نمونه مقاومت متغیر سیمی نشان داده شده است.

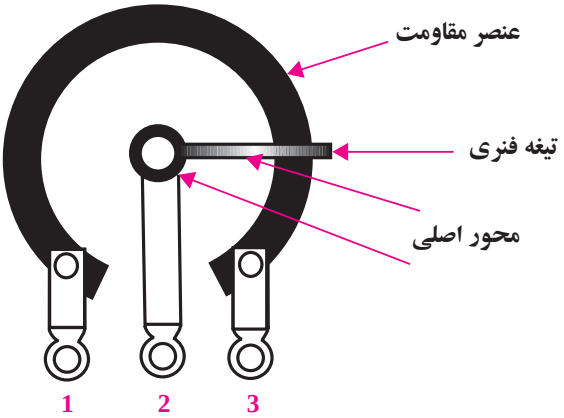


شکل۳-۲یک نمونه مقاومت متغیر سیمی و نمادهای آن

در اصطلاح به مقاومت‌های متغیر کوچک‌تر، پتانسیومتر می‌گویند. مقدار مقاومت اهمی این نوع مقاومت‌های متغیر را می‌توان با اهرمی که روی آن‌ها قرار دارد، تغییر داد. در شکل ۴-۲ نمونه‌هایی از پتانسیومتر نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۴-۲ دیده می‌شود، مقاومت‌های متغیر از نظر ابعاد و شکل ظاهری از تنوع نسبتاً زیادی برخوردارند و با مقدار مقاومت اهمی مختلف ساخته می‌شوند.

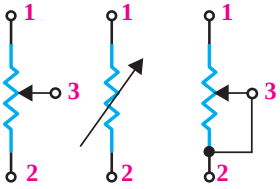
شکل۴-۲ چند نمونه پتانسیومتر پر کاربرد در الکترونیک

مقاومت متغیر سه سر دارد که مقاومت اهمی بین دو سر آن همیشه ثابت است و مقاومت اهمی سر سوم و یکی از دو سر دیگر را می‌توان با تغییر اهرم مکانیکی تغییر داد. ساختمان داخلی یک نمونه مقاومت متغیر در شکل ۵-۲ نشان داده شده است. در این شکل مقاومت اهمی بین پایه ۱ و ۳ ثابت و مقاومت بین پایه ۲ و ۱ و یا ۲ و ۳ با تغییر اهرم قابل تغییر است.



شکل۵-۲ ساختمان داخلی مقاومت متغیر

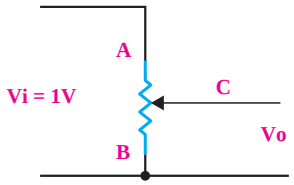
علامت قرار دادی برای نمایش یک مقاومت متغیر را در شکل ۶-۲ ملاحظه می کنید.



شکل۶-۲علامت قراردادی مقاومت متغیر

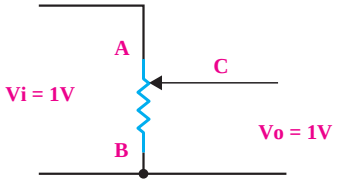
بیشترین کاربرد مقاومت‌های متغیر در تقسیم ولتاژ است.

این روش اتصال در شکل ۶-۲ را پتانسیومتر می گویند. پتانسیومتر را برای تغییر حجم صدای یک وسیله‌ی صوتی به کار می‌برند. در شکل ۷-۲ با تغییر سر وسط مقاومت متغیر، می‌توان ولتاژ خروجی را از صفر تا یک ولت تغییر داد.



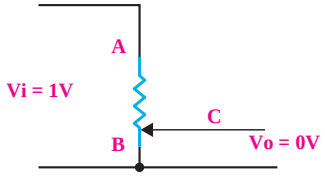
شکل۷-۲ اتصال مقاومت متغیر به صورت پتانسیومتر

اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A قرار داشته‌باشد، ولتاژ خروجی برابر با یک ولت می‌شود، شکل ۸-۲.



شکل ۸-۲ سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A

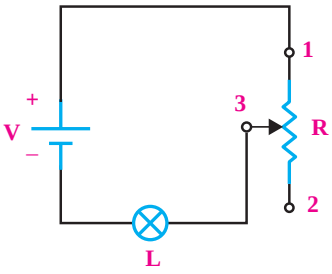
اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B قرار گیرد، ولتاژ خروجی برابر با صفر ولت می‌شود، شکل ۹-۲.



شکل ۹-۲ سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B

اگر سر وسط پتانسیومتر بین A و B حرکت کند، ولتاژ خروجی بین صفر تا یک ولت تغییر می‌کند.

روش دیگر اتصال مقاومت متغیر به مدار، اتصال به صورت رئوستا است. **در حالت رئوستایی جریان مدار قابل تنظیم است.** در این حالت تنها از دو پایهٔ مقاومت متغیر استفاده می‌شود، شکل ۱۰-۲.



شکل ۱۰-۲ اتصال مقاومت متغیر به صورت رئوستا

هر گاه از یک پایهٔ ثابت و پایهٔ متغیر مقاومت متغیر استفاده شود، در اصطلاح گفته‌می‌شود که مقاومت متغیر در حالت رئوستایی قرار گرفته است.

۳-۱-۲ مقاومت وابسته به حرارت «ترمیستور»

(Thermistor – Thermally sensitive Resistor)

این مقاومت‌ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آن‌ها اثر می‌گذارد.

ترمیستورها در دو نوع:

NTC (Negative Temperature Coefficient) و

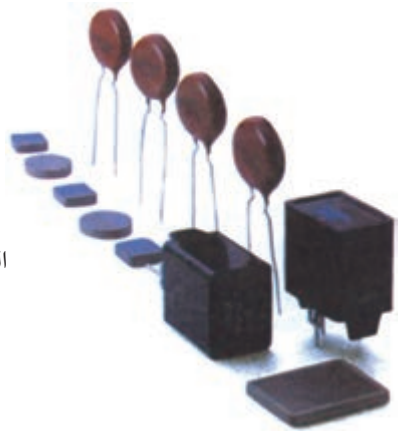
PTC (Positive Temperature Coefficient) وجود دارند.

• **مقاومت حرارتی NTC:** NTC ترمیستوری است که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت آن کاهش می‌یابد. در شکل ۱۱-۲ چند نمونه مقاومت NTC و علامت اختصاری آن را مشاهده می‌کنید.

شکل ۱۱-۲ چند نمونه از مقاومت های NTC و علامت اختصاری آن

• **مقاومت حرارتی PTC:** PTC ترمیستوری است که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت آن افزایش می یابد. در شکل ۱۲-۲ چند نمونه از مقاومت‌های PTC و علامت اختصاری آن‌ها را مشاهده می‌کنید.

الف - علامت اختصاری



ب- شکل ظاهری

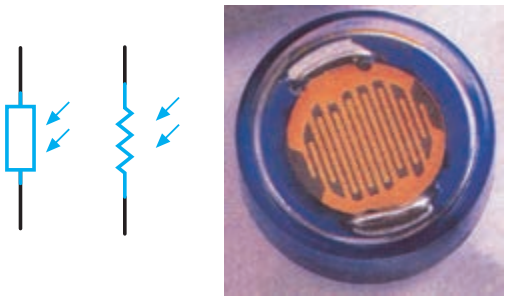
شکل ۱۲-۲ چند نمونه مقاومت های PTC همراه علامت اختصاری

۴-۱-۲ مقاومت وابسته به نور «فتو رزیستور»

(Photo Resistor)

مقدار مقاومت تابع نور (LDR) وابسته به شدت نور تابیده شده به آن است. هر قدر شدت نور بیشتر شود، مقدار مقاومت فتو رزیستور کاهش می‌یابد.

در شکل ۱۳-۲ شکل ظاهری و علامت اختصاری این مقاومت‌ها نشان داده شده است.

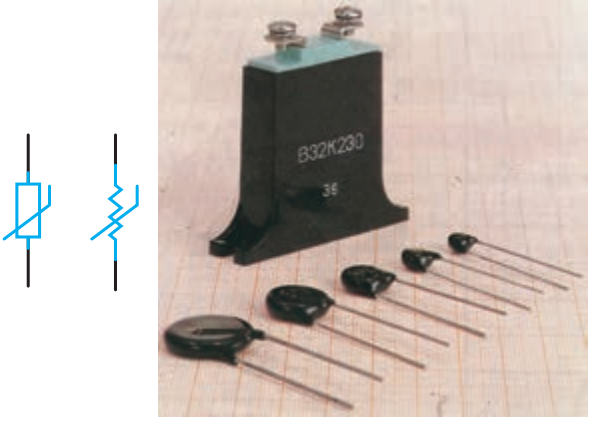


الف- شکل ظاهری ب- علامت اختصاری

شکل ۱۳-۲ تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

۵-۱-۲ مقاومت وابسته به ولتاژ «واریستور» (Voltage Dependent Resistor)

مقاومت‌های متغیری هستند که مقدار مقاومت آن‌ها، در برابر ولتاژهای مختلف ثابت نیست و تغییر می‌کند. در این مقاومت‌ها که به VDR معروف هستند، هر قدر ولتاژ داده شده بیشتر شود، مقدار مقاومت کاهش می‌یابد، شکل ۱۴-۲.



شکل ۱۴-۲ شکل ظاهری واریستور و نماد آن

۲-۲ مشخصه‌های مقاومت

هر مقاومت ثابت یا متغیر، دارای مشخصه‌هایی است که به شرح تعدادی از آن‌ها می‌پردازیم.

۱-۲-۲ مقدار مقاومت و تولرانس

هر مقاومت، دارای یک مقدار ثابت همراه با تولرانس است. درصد خطایی که مقدار یک مقاومت دارد را تولرانس می‌نامند. تولرانس قابل قبول در مقاومت به نوع کاربرد مقاومت‌ها در مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی بستگی دارد.

مقاومت‌ها را در عمل با تولرانس‌های ۲۰٪، ۱۰٪ و ۵٪ می‌سازند. برای دستگاه‌های اندازه‌گیری حساس، مقاومت‌هایی با تولرانس ۲/۵٪، ۲٪، ۱٪ و ۰/۵٪ نیز وجود دارد. یک مقاومت ۱۰Ω با تولرانس ۱۰ ٪ مقاومتی بین ۹Ω تا ۱۱Ω دارد. اگر فرض کنیم که در مدارهای الکترونیکی تولرانس ۲۰٪ (درصد خطا) قابل قبول است و ما نیاز به یک مقاومت ۹/۵Ω داشته‌باشیم، می‌توانیم از یک مقاومت ۱۰Ω ±۱۰٪ استفاده کنیم. اگر قرار باشد هر مقاومت با هر مقدار دلخواه که ما نیاز داشته باشیم را بسازند، تعداد مقاومت‌های ساخته شده بی‌نهایت زیاد می‌شوند که در عمل امکان‌پذیر نیست. ولی با پذیرش درصد خطای مجاز معینی، تعداد مقاومت‌ها از نظر مقدار به شدت کاهش می‌یابد. برای مثال اگر تولرانس ۲۰٪ را بپذیریم، در یک فاصلهٔ ده‌تایی (۱Ω تا ۱۰Ω) تعداد مقاومت‌ها به ۶ عدد کاهش می‌یابد. این ۶ مقاومت می‌توانند تمام محدودهٔ یک تا ده اهم را با ۲۰٪ خطا پوشش دهند،(جدول ۱-۲).

جدول ۱-۲

۱	۱/۵	۲/۲	۳/۳	۴/۷	۶/۸

در جدول ۱-۲ هر مقاومتی که لازم داشته باشیم را می‌توانیم حداکثر با ۲۰٪ کمتر یا ۲۰٪ بیشتر از یکی از اعداد جدول انتخاب کنیم. به مقاومت‌های جدول ۱-۲ مقاومت‌های سری E۶ می‌گویند. یا به عبارت دیگر در سری مقاومت‌های E۶ تولرانس مقاومت‌ها ۲۰٪ است.

اگر تولرانس را ۱۰٪ در نظر بگیریم، تعداد مقاومت‌ها مطابق سطر دوم جدول ۲-۲ در فاصله یک ده تایی(۱Ω تا

۱۰Ω) برابر با ۱۲ عدد می‌شود. در جدول ۲-۲ هر مقاومتی را که در یک دهه لازم داشته باشیم می‌توانیم حداکثر با ۱۰٪ کمتر یا ۱۰٪ بیشتر انتخاب کنیم. به مقاومت‌های سطر دوم جدول ۲-۲ سری E۱۲ می‌گویند.

به عبارت دیگر در سری مقاومت‌های E۱۲، تولرانس ۱۰٪ است. این سری مقاومت‌ها پرکاربردترین مقاومت‌ها در الکترونیک هستند. اگر تولرانس را ۵٪ در نظر بگیریم تعداد مقاومت‌ها در فاصله یک ده‌تایی (۱Ω تا ۱۰Ω) مطابق سطر سوم جدول ۲-۲ برابر با ۲۴ عدد می شود. به اعداد سطر سوم جدول ۲-۲ مقاومت‌های سری E۲۴ می‌گویند.

جدول ۲-۲ جدول سری های استانداردی مقاومت

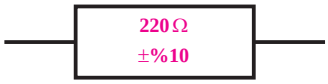
IEC-Series	E6	1.0				1.5				2.2				3.3				4.7				6.8			
	E12	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.8		6.8		8.2	
	E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

اعداد جدول ۱-۲ و ۲-۲ را اعداد پایه می گویند.

با تقسیم کردن این اعداد بر ۱۰، ۱۰۰ یا ضرب کردن آن‌ها در ۱۰، ۱۰۰، ۱K، ۱۰K، ۱۰۰K و یا ۱M مقاومت‌های جدیدی به دست می‌آید. مثلا برای عدد ۲/۲ مقاومت‌هایی مانند ۰/۰۲۲Ω، ۰/۲۲ Ω، ۲/۲ Ω، ۲۲Ω، ۲۲۰Ω، ۲/۲K، ۲۲K، ۲۲۰K، ۲/۲M و ۲۲M ساخته می‌شود.

مقدار اهمی و تولرانس یک مقاومت را معمولا به سه صورت مشخص می کنند.

الف: مقدار مقاومت و تولرانس را مستقیما روی مقاومت می‌نویسند. شکل ۱۵-۲ یک نمونه این نوع مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۵-۲ مقدار مقاومت و تولرانس آن مستقیماً روی مقاومت نوشته می‌شود .

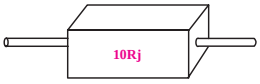
ب: مقدار مقاومت را مستقیماً می‌نویسند و به جای واحد اهم از حرف Rو به جای تولرانس طبق جدول ۳-۲ از حروف J، K، M استفاده می کنند. در ضمن حروف R اهم، K(کیلو اهم) و M(مگا اهم)، علاوه بر نمایش مقدار مقاومت، به جای ممیز نیز به کار می‌رود.

جدول ۳-۲ حروف اختصاری تولرانس برای مقاومت‌های سیمی

حروف اختصاری	J	K	M
مقدار تولرانس	±٪۵	±٪۱۰	±٪۲۰

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می‌پردازیم.

مثال ۱: مقدار مقاومت و تولرانس مقاومت‌های نشان داده شده در شکل ۱۶-۲ چه قدر است؟



الف ۱۰Rj = ۱۰Ω ± %۵

ب ۳۳KK = ۳۳KΩ ± %۱۰

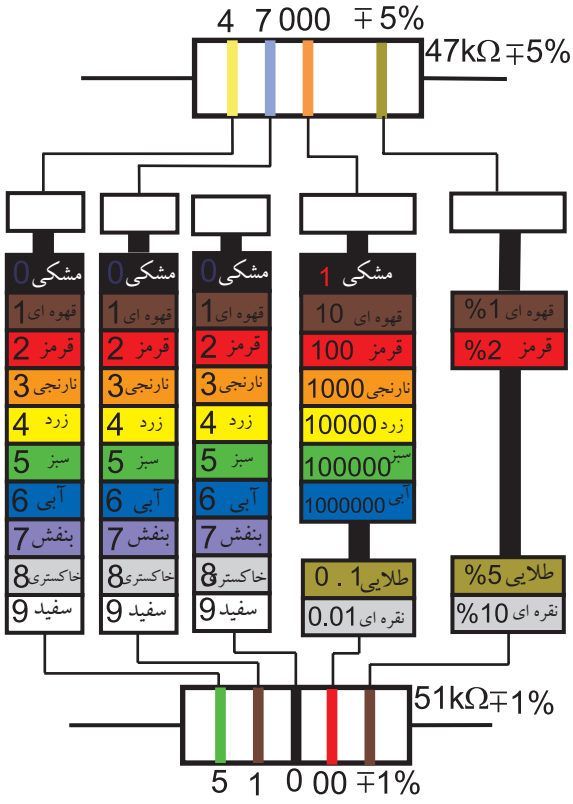
ج ۴K۷M = ۴/۷KΩ ± %۲۰

شکل ۱۶-۲ سه نمونه مقاومت

ج: مقدار مقاومت و تولرانس آن را با استفاده از نوارهای رنگی روی بدنهٔ مقاومت مشخص می کنند. نوارهای رنگی

را معمولاً برای مقاومت‌های کوچک که امکان نوشتن و خواندن مقاومت به طور مستقیم بر روی آن وجود ندارد به کار می‌برند. تعداد نوارهای رنگی چهار یا پنج عدد است. در مقاومت‌های با چهار نوار رنگی ، مطابق شکل ۱۷-۲، رنگ نوار اول و دوم نماد اعداد صحیح و رنگ نوار سوم نماد ضریب و رنگ نوار چهارم نماد تولرانس مقاومت است. در مقاومت‌های با ۵ نوار رنگی، رنگ نوار اول و دوم و سوم نماد اعداد صحیح، رنگ نوار چهارم نماد ضریب و رنگ نوار پنجم نماد تولرانس است.

در شکل ۱۷-۲ چگونگی خواندن مقاومت‌های با چهار نوار رنگی و پنج نوار رنگی نشان داده شده است.



شکل۱۷-۲ تعیین مقدار و تولرانس مقاومت ها با کد ۴ نوار رنگی و ۵ نوار رنگی

توجه

در مقاومت‌هایی که دارای چهار نوار رنگی هستند:

۱- اگر حلقه‌ی رنگی چهارم وجود نداشته باشد(بدون رنگ)، مقدار تولرانس ۲۰٪ است.

۲- نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه‌ی اول و حلقه‌ی چهارم به‌کار نمی‌رود.

توجه

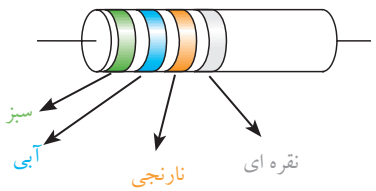
در مقاومت‌هایی که دارای پنج نوار رنگی هستند:

۱- اگر حلقه‌ی رنگی پنجم وجود نداشته باشد(بدون رنگ)، مقدار تولرانس ۲۰٪ است.

۲- نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه‌ی اول و حلقه‌ی پنجم به کار نمی‌رود.

برای آشنایی بیشتر با روش خواندن کد رنگی مقاومت‌ها به ذکر چند مثال می پردازیم.

مثال ۲: در شکل ۱۸-۲ مقدار مقاومت و تولرانس آن چقدر است؟



شکل ۱۸-۲

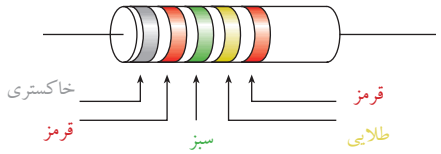
حل:

نقره ای – نارنجی – آبی – سبز

R= ۵ ۶ ۰۰۰ ٪۱۰

R= ۵۶۰۰۰ Ω±٪۱۰

مثال۳: در شکل ۱۹-۲ مقدار مقاومت اهمی و تولرانس آن چقدر است؟



شکل ۱۹-۲

حل:

قرمز– طلایی –سبز – قرمز – خاکستری

R= ۸ ۲ ۵ ۰/۱ ٪۲

R= ۸۲۵×۰/۱=۸۲/۵ Ω±٪۲

۲-۲-۲ توان مجاز مقاومت

وقتی از یک مقاومت جریانی عبور می کند ، مقاومت گرم می‌شود . به عبارت دیگر مقداری توان در آن تلف می‌شود. هر مقاومت با توجه به ابعاد فیزیکی خود می‌تواند توان معینی را تحمل کند. به عبارت دیگر یک مقاومت را برای تحمل توان معینی می‌سازند. بنابر این توان تلف شده در یک مقاومت نباید از مقدار تعیین شده توسط کارخانهٔ سازنده بیشتر شود. در غیر این صورت ممکن است مقاومت آسیب ببیند. مقاومت‌ها را با توان‌های($\frac{۱}{۴}$W) ، ۰/۲۵W ($\frac{۱}{۲}$W) ، ۰/۵W، ۱W، ۲W ، ۵W و ۱۰W و بالاتر می‌سازند.

ماکزیمم مقدار توان مجاز به عوامل گوناگونی مانندولتاژ، جریان و دمای محیط بستگی دارد.

۲-۲-۳ ضریب حرارتی

آن چه که در مورد مشخصات مقاومت گفته شد، در دمای اتاق صادق است. اما در دماهای کم‌تر یا بیش‌تر، معمولاً مقدار مقاومت کلیهٔ اجسام تغییر می کند. تغییر مقاومت بر اثر حرارت اجسام مختلف متفاوت است.

بنابراین باید برای هر جسم ضریبی را تعریف کرد که آن را «ضریب حرارتی» می‌نامند. تغییرات مقاومت در برابر تغییر یک درجه سانتی گراد را ، **ضریب حرارتی** می‌نامند و آن را با «α» نمایش می‌دهند.

برای مثال اگر α =۰/۰۰۴ باشد، یعنی این که مقاومت این جسم در برابر تغییر یک درجه سانتی گراد، ۰/۰۰۴ اهم افزایش یا کاهش می یابد.

اگر مقاومت الکتریکی جسمی بر اثر حرارت افزایش یابد، ضریب حرارتی «α» مثبت است. در صورتی که در اثر حرارت مقدار مقاومت کاهش یابد، ضریب حرارتی «α» منفی است.

۲-۳ اهم‌متر

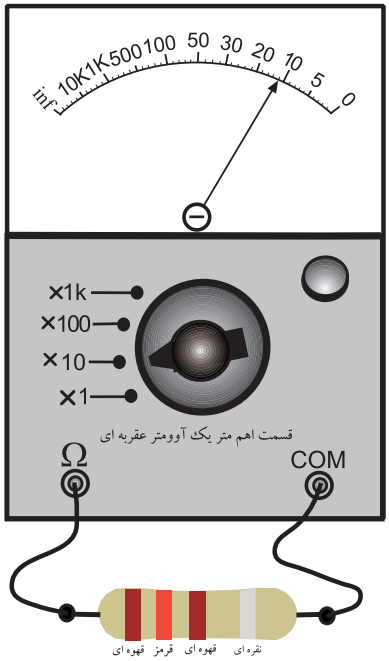
برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی، از دستگاهی به نام اهم‌متر (مقاومت سنج) استفاده می‌شود. در شکل ۲۰-۲ یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی نشان داده شده است. این نوع اهم‌مترها، معمولا در دسترس همگان قرار ندارد و بیش‌تر به صورت آزمایشگاهی ساخته می‌شود.

برای اندازه‌گیری مقاومت با اهم‌متر، کافی است که ابتدا به کمک سیم رابط، دو پایانهٔ (ترمینال) محل اتصال مقاومت اهمی را به هم اتصال کوتاه کنیم و ولوم تنظیم صفر را طوری تنظیم کنیم که عقربه روی عدد صفر قرار گیرد. سپس سیم‌های رابط را جدا و مقاومت اهمی را به دو سر آن وصل

کنیم. عقربه مقداری را نشـان می‌دهـد، آن مقدار را در عدد کلید رنـج حوزهٔ کار ضرب می‌کنیم و مقـدار مقاومت را به دست می‌آوریم.

شکل ۲۰-۲ یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی

در شـکل ۲۱-۲ کلید رنج اهم‌متر روی ۱۰× قرار دارد و عقربه عدد ۱۲ را نشان می‌دهد. بنابراین مقدار مقاومت برابر با ۱۲۰Ω است. ۱۲×۱۰=۱۲۰Ω



شکل ۲۱-۲ اهم‌متر مقدار مقاومت را ۱۲۰Ω نشان می دهد.

اهم‌مترهایی که در دسـترس همگان قرار دارد به صورت فقط اهم‌متر نیسـت بلکه ترکیبی از میلی‌آمپرمتر و ولت‌متر و اهم‌متر اسـت. به این دسـتگاه مولتی‌متر یا آوومتر می‌گویند. بعضـی از مولتی‌مترها علاوه بر اندازه‌گیـری ولتاژ، جریان و مقاومت اهمی، کمیت‌هـای دیگری مانند فرکانس و ظرفیت خازن را نیز اندازه می‌گیرند.

در شکل ۲۲-۲ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای نشان داده شده است.

شکل ۲۲-۲ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای (آنالوگ)

هـر مولتی‌متـر دارای تعـدادی کلید سـلکتور دورانی یا کشویی است. با تنظیم این کلیدها می‌توان از دستگاه به عنوان ولت‌متر، آمپرمتر یا اهم‌متر مستقل استفاده کرد.

بـرای خواندن مقادیر ولتاژ و جریـان می‌توانیم از ضریب ثابـت سـنجش اسـتفاده کنیم. در شـکل ۲۳-۲ یـک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۳-۲ یک نمونه مولتی‌متر عقربه‌ای (آنالوگ)

نوع دیگری از مولتی‌مترها که امروزه به فراوانی در دسترس عموم قرار دارد، مولتی‌متر دیجیتالی است. در مولتی‌متر دیجیتالی به جای حرکت عقربه، مقادیر به صورت رقم و عدد روی صفحهٔ نمایش نوشته می‌شود و علاوه بر عدد معمولاً واحد کمیت نیز قابل مشاهده است. در شکل ۲۴-۲ دو نمونه مولتی‌متر دیجیتالی نشان داده شده است.

شکل ۲۴-۲ دو نمونه مولتی متر دیجیتالی

اکثر مولتی‌مترهای دیجیتالی دارای حوزه کار(رنج خودکار اتوماتیک) برای ولتاژ و مقاومت اهمی هستند. به این معنی که برای اندازه‌گیری ولتاژ یا مقاومت اهمی ، نیاز به انتخاب رنج ندارند. برای اندازه‌گیری ولتاژ، کلید سلکتور اصلی را روی رنج ولتاژ (V) قرار می‌دهیم و ولتاژ را بدون توجه به مقدار آن به پایانه‌های مربوط به ولتاژ وصل می‌کنیم. برای اندازه‌گیری مقاومت، کلید سلکتور اصلی را روی حوزهٔ کار (رنج) اهم (Ω) قرار می‌دهیم و پایانه‌های مولتی‌متر را به مقاومت اتصال می‌دهیم. در این حالت، مقاومت همراه با واحد آن روی صفحه نمایش (Display) مولتی‌متر نشان داده می‌شود. در شکل ۲۵-۲ یک نمونه دیگر مولتی‌متر دیجیتالی را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۵-۲ یک نمونه دیگر از مولتی‌متر دیجیتالی

نکته : هنگام اندازه‌گیری ولتاژ توسط مولتی‌متر دیجیتالی باید به مقدار مجاز ولتاژ که توسط کارخانه‌ی سازنده داده می‌شود توجه کنید.
مثلاً چنان‌چه مقدار ماکزیمم قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه ۱۰۰۰ ولت است، نباید آن را به ولتاژ بیش‌تر از ۱۰۰۰ ولت متصل نمایید.

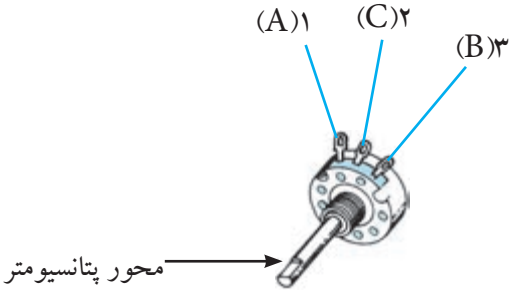
حفاظت از دستگاه‌های اندازه‌گیری و استفادهٔ بهینه از آن‌ها، عامل مؤثر در حفاظت از ثروت ملی است.

۲-۴ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۴ساعت آموزشی

۲-۴-۱ هدف آزمایش:

تحلیل عملی رفتار مقاومت‌های متغیر، وابسته به نور و وابسته به حرارت در فضای آزمایشگاهی



شکل۲۶-۲ یک نمونه مقاومت متغیر

۲-۴-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۲	مولتی متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	هویه قلمی	یک دستگاه
۴	مقاومت متغیر ۱۰kΩ	یک عدد
۵	مقاومت وابسته به نور (LDR)	یک عدد
۶	مقاومت وابسته به حرارت (NTC یا PTC)	یک عدد
۷	سیم رابط یک سر گیره دار	شش رشته
۸	سیم رابط تلفنی	دو رشته

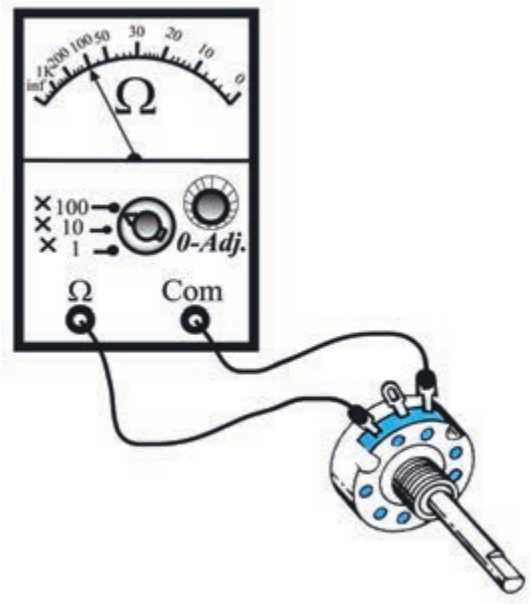
۲-۴-۳ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف- بررسی تغییرات مقاومت اهمی مقاومت متغیر

وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مقدار مقاومت بین دو پایه‌ی ۱ و ۳ را مطابق شکل ۲-۲۷ با اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

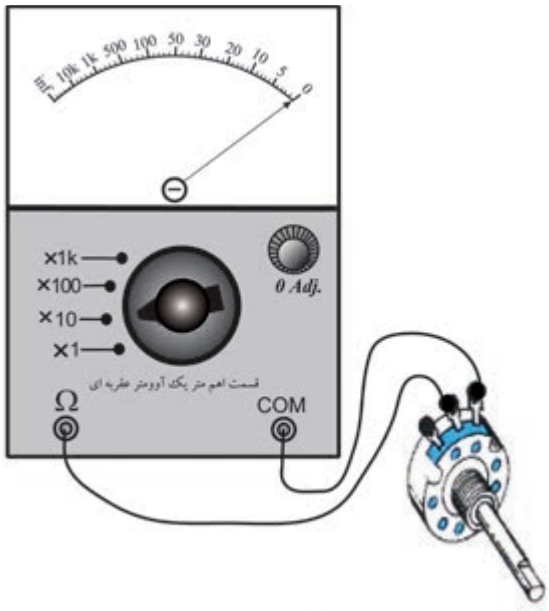
R_{AB} =.....KΩ



شکل ۲۷-۲ اندازه‌گیری مقاومت متغیر

سوال ۱ : هنگامی که مقاومت بین پایه‌ی ۱ و ۳ را با اهم‌متر اندازه می‌گیرید، محور مقاومت متغیر را بچرخانید؛ آیا مقاومت اهمی در این حالات تغییر می‌کند؟ چرا؟ توضیح دهید.

■ پایه‌ی ۲ و ۳ مقاومت متغیر را مطابق شکل ۲-۲۸ به اهم متر وصل کنید. محور مقاومت متغیر را در جهت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید. مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد، بخوانید و مقدار آن را یادداشت کنید.



شکل ۲۸-۲ اندازه‌گیری مقاومت پایه‌های ۲ و ۳ مقاومت متغیر

R= ..... Ω	مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ در حالتی که محور مقاومت متغیر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت به طور کامل چرخیده است .

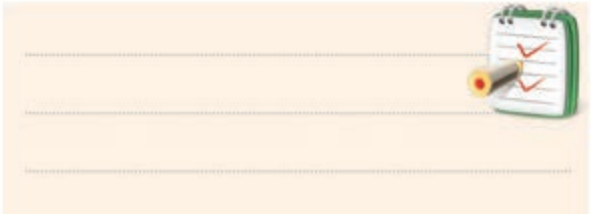
■ محور پتانسیومتر را تقریبا تا وسط بچرخانید و مقدار مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد، بخوانید و یادداشت کنید.

R= ..... Ω	مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ در حالتی که محور مقاومت متغیر تا وسط چرخیده است .

■ مقاومت متغیر را در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت تا آخر بچرخانید و مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید.

R= ..... Ω	مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ هنگامی که محور مقاومت متغیر در خلاف جهت عقربه‌های ساعت تا آخر چرخیده است .

سوال ۲ : آیا مقدار اهمی مقاومت متغیر با تغییر محور مقاومت متغیر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت و خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت تفاوت دارد؟ چرا؟ شرح دهید.



توجه

در این آزمایش نوع مقاومت‌های وابسته‌ی PTC، LDR ، VDRو NTC تعیین نشده است. نوع قطعات با توجه به امکانات هنرستان و بازار تعیین می‌شود.

موضوع ب- بررسی اثر تغییرات حرارت روی مقاومت اهمی وابسته به حرارت (PTC یا NTC)

■ یک هویه قلمی را در اختیار بگیرید.

■ مقاومت آن را در حالی که سرد است با استفاده از اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید .

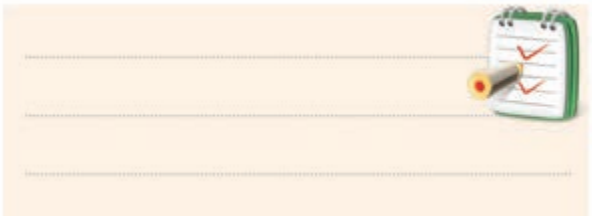
هویه سرد R= ..... Ω

■ هویه را به برق وصل کنیـد و مدتی صبر کنید تا گرم شود.

■ مقدار مقاومت هویه را در حالت گرم با کمک اهم‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R= ..... Ω هویه گرم

سوال ۳ : مقدار مقاومت‌ها را با هم مقایسه کنید . آیا در اثر گرما مقدار مقاومت زیاد شده است ؟ شرح دهید .



■ یک مقاومت NTC را انتخاب کنید .

■ اهم‌متر را به دو سر مقاومت NTC وصل کنید.

■ مقدار مقاومت اهمی NTC سـرد را انـدازه بگیرید و یادداشت کنید .

R_{NTC} (سرد) =..... Ω

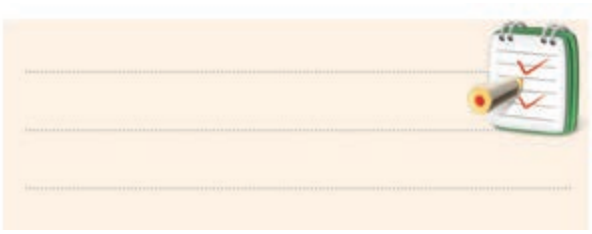
■ هویه را به برق وصل کنیـد و مدتی صبر کنید تا گرم شود.

■ هویـه را به مقاومت NTC نزدیـک نمایید ولی به آن نچسبانید.

■ با اسـتفاده از اهم‌متـر مقدار مقاومـت NTC را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R_{NTC} (گرم) =..... Ω

سوال ٤: مقادیر مقاومت NTC در دو حالت گرم و سرد را با هم مقایسه کنید و درباره‌ی آن توضیح دهید.



موضـوع ج- اثر تغییر نـور روی مقدار اهمی مقاومت وابسته به نور(LDR)

■ اهم‌متر را به دو سـر یک نمونه مقاومت وابسـته به نور (LDR) وصل کنید.

■ مقدار اهمی مقاومت را بخوانید و یادداشت کنید.

R_{LDR} =..... Ω در نور زیاد

■ سطح LDR را کمی بپوشانید و مقدار نور تابیده شده به LDR را کاهش دهید.

■ اهم متر را مجدداً به دو سـر LDR وصل کنید و مقدار مقاومت را بخوانید و یادداشت کنید.

R_{LDR}=..... Ω در نور کم

■ سطح LDR را کاملاً بپوشانید.

■ نور تابیده به LDR را کاملاً قطع کنید.

■ مقدار مقاومـت LDR را در حالـت تاریکی کامل با وصل کردن اهم متر به آن بخوانید و یادداشت کنید.

R_{LDR} =..... Ω در تاریکی

سوال ۵: مقدار مقاومت LDR با تغییر شرایط نوری چه تغییری می‌کند؟ شرح دهید.

۲-۴-۴ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف-

ب-

ج-

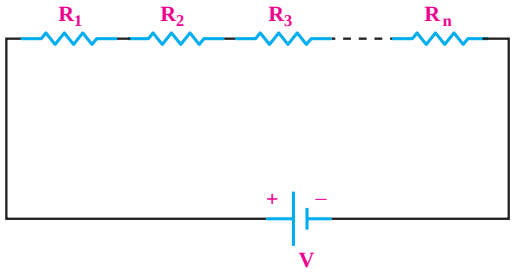
۲-۵ اتصال مقاومت‌ها به یکدیگر

۲-۵-۱ سری بستن مقاومت‌ها:

اگر در یک مدار الکتریکی دو یا چند مصرف کننده به گونه‌ای به هم بسته شوند که جریان عبوری از هر یک از آن‌ها یکسان باشد، می‌گوییم مصرف کننده‌ها با هم سری بسته شده‌اند. مصرف کننده‌ها می‌توانند مقاومت‌های مساوی یا غیر مساوی نیز باشند. در شکل ۲-۲۹ دو عدد لامپ با یکدیگر به صورت سری بسته شده‌اند.

شکل ۲-۲۹ مدار واقعی دو لامپ به صورت سری

در یک مدار سری، مقاومت‌ها (مصرف کننده‌ها) طوری به هم متصل می‌شوند که انتهای مقاومت اول به ابتدای مقاومت دوم و انتهای مقاومت دوم به ابتدای مقاومت سوم وصل می‌شود و به همین ترتیب تا آخرین مقاومت ادامه می‌یابد، شکل ۲-۳۰.

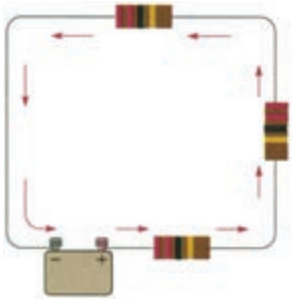


شکل ۲-۳۰ نقشه‌ی فنی مدار سری

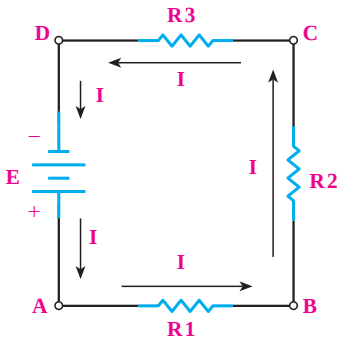
توجه

ابتدا و انتهـــای مقاومت انتخابی است و توسط ما انتخاب می‌شود.

در مدار سری فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد، شکل ۳۱-۲.



الف - شکل واقعی



ب- نقشه‌ی فنی مدار

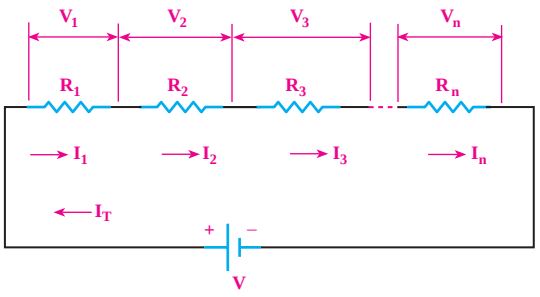
شکل ۳۱-۲

مقاومت معادل در مدار سری:

- مقاومت کل در مدار سری برابر با مجموع مقاومت‌های مدار است، شکل ۳۲-۲.

$$R_T=R_1+R_2+R_3+.....+R_n$$

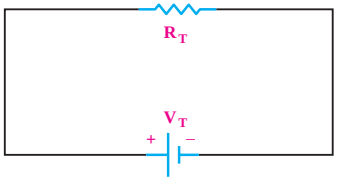
$$I_T=I_1=I_2=I_3=.....=I_n$$



شکل ۳۲-۲ جریان‌ها و ولتاژها در مدار سری

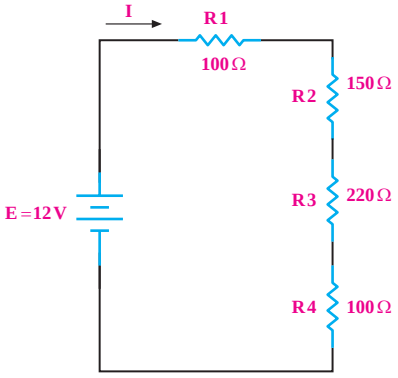
همیشـــه می‌توانیم مقاومت معادل R_T را جایگزین کلیه‌ی مقاومت‌های سری موجود در مدار نماییم.

شکل ۳۳-۲ مدار معادل شکل ۳۲-۲ را نشان می‌دهد.



شکل۳۳-۲ مدار معادل شکل ۳۲-۲

مثال٤: مقاومت معادل در شکل ۳۴-۲ چند اهم است؟



شکل۳۴-۲

حل:

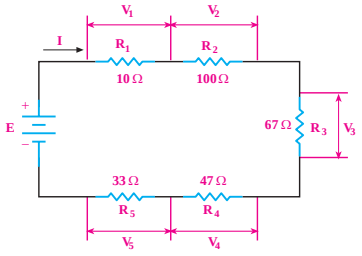
رابطهٔ مقاومت‌ها را می‌نویسیم:

$$R_T=R_1+R_2+R_3+R_4$$

اعداد را جایگزین می‌کنیم:

$$R_T=100+150+220+100 \qquad R_T=570\ \Omega$$

مثال ٥ : مقاومت معادل در شکل ۳۵-۲ چند اهم است؟



شکل ۳۵-۲

حل:

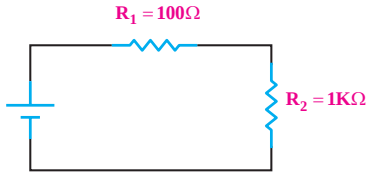
رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار سری را می‌نویسیم:

$R_T=R_1+R_2+R_3+R_4+R_5$

اعداد را جایگزین می‌کنیم:

$R_T=10+100+67+47+33$ $\qquad R_T=257\ \Omega$

مثال ٦: مقاومت معادل دو مقاومت سری شکل ۲-۳۶ چند اهم است؟



شکل ۲-۳۶

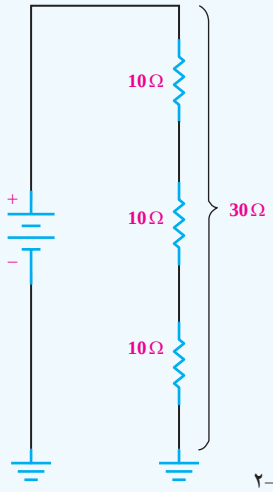
حل:

$R_T=R_1+R_2$

$R_T=100(\Omega)+(1\times1000)(\Omega)\Longrightarrow R_T=1100\ \Omega$

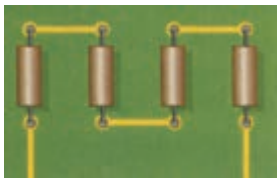
نکته: هرگاه چند مقاومت مساوی به صورت سری به یکدیگر اتصال یابند، مقدار مقاومت معادل از حاصل ضرب تعداد مقاومت‌ها در مقدار یک مقاومت به دست می‌آید، شکل ۲-۳۷.

$R_1=R_2=R_3=R\Longrightarrow R_T=n.R$



شکل ۲-۳۷

مثال ۷: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مانند شکل ۲-۳۸ به هم اتصال یابند، مقاومت معادل مدار چند اهم است؟



شکل ۲-۳۸ اتصال چهار مقاومت مساوی به صورت سری روی برد مدار چاپی

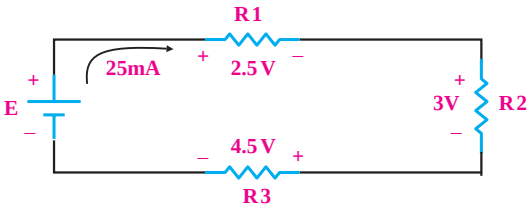
حل:

با توجه به شکل ۲-۳۸ مدار به صورت سری است و مقاومت‌ها از نظر مقدار با هم برابر هستند پس می‌توانیم بنویسیم:

$R_T=n.R$

$R_T=4\times33\Longrightarrow R_T=132\ \Omega$

مثال ۸: با توجه به شکل ۲-۳۹ مقدار مقاومت هر یک از مقاومت‌های R_1، R_2، R_3 را حساب کنید.



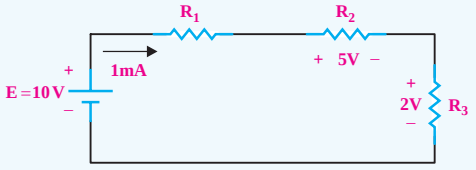
شکل ۲-۳۹ محاسبه مقادیر مجهول در مدار سری و تحقیق قانون اهم

حل:

در این مدار، جریان کل و ولتاژ دو سر هریک از مقاومت‌ها را داریم. با استفاده از قانون اهم، مقدار هر مقاومت را محاسبه می‌کنیم.

$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{2/5v}{25mA} \Rightarrow R_1 = 100\Omega$$
$$R_2 = \frac{V_2}{I} = \frac{3v}{25mA} \Rightarrow R_2 = 120\Omega$$
$$R_3 = \frac{V_3}{I} = \frac{4/5v}{25mA} \Rightarrow R_3 = 180\Omega$$

تمرین کلاسی ۱ : مقدار مقاومت هر یک از مقاومت‌های R_1، R_2، R_3 را در شکل ۲-۴۰ به دست آورید.

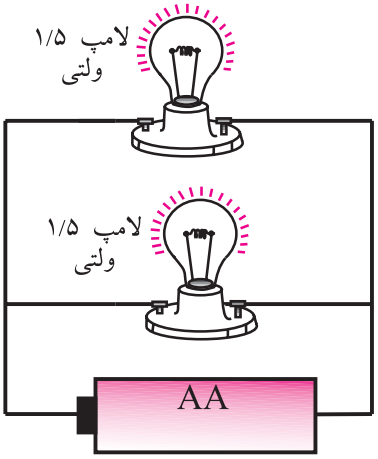


شکل ۲-۴۰

۲-۵- موازی بستن مقاومت‌ها

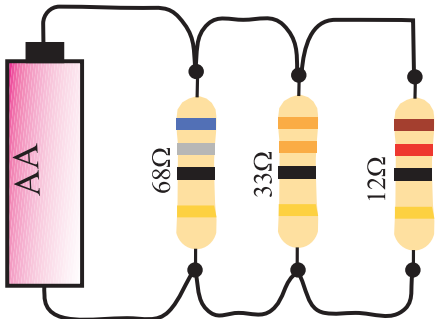
تعریف مدار موازی

اگر در یک مدار الکتریکی، دو یا چند مصرف‌کننده طوری به هم متصل شوند که ولتاژ دو سر آن‌ها با هم برابر باشد، می‌گوییم مصرف‌کننده‌ها با هم به صورت موازی بسته شده اند. شکل ۲-۴۱ دو عدد لامپ ۱/۵ ولتی را نشان می‌دهد که با یکدیگر موازی بسته شده‌اند.

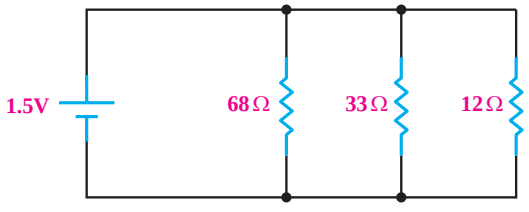


شکل ۲-۴۱ مدار موازی

شکل ۲-۴۲، سه عدد مقاومت را که به صورت موازی بسته شده اند نشان می‌دهد. برای بیان محاسبات مدار، به جای استفاده از تصاویر واقعی از نقشه‌ی فنی استفاده می‌کنند. در نقشه‌ی فنی به جای هر قطعه، از علامت قرار دادی یا نماد آن قطعه استفاده می‌کنند. در شکل ۲-۴۳ نقشه‌ی فنی مدار شکل ۲-۴۲ نشان داده شده است.



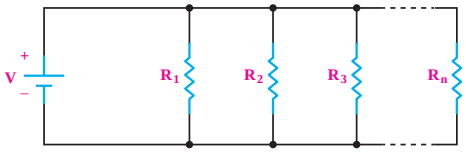
شکل ۲-۴۲ سه عدد مقاومت با یکدیگر موازی شده‌اند



شکل ۲-۴۳ نقشه‌ی فنی مدار شکل ۲-۴۲

مقاومت معادل در یک مدار موازی

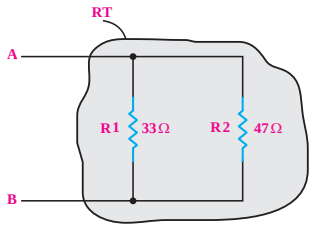
برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی نشان داده شده در شکل ۴۴-۲ از رابطه‌ی R_T که در زیر آمده است، استفاده می کنیم.



شکل ۴۴-۲ بررسی معادل در مدار موازی

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+....+\frac{۱}{R_n}$$

مثال ۹: مقاومت معادل R_T را در مدار شکل ۴۵-۲ به دست آورید.



شکل ۴۵-۲

حل:

رابطه‌ی مقاومت معادل موازی را می‌نویسیم:

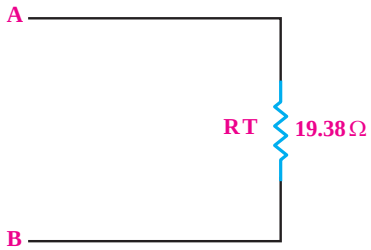
$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}$$

اعداد را جایگزین می کنیم و مقدار R_T را به دست می‌آوریم:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۳۳}+\frac{۱}{۴۷}=\frac{۴۷+۳۳}{۳۳\times۴۷}=\frac{۸۰}{۱۵۵۱}$$

$$R_T=\frac{۱۵۵۱}{۸۰}=۱۹/۳۸\Omega$$

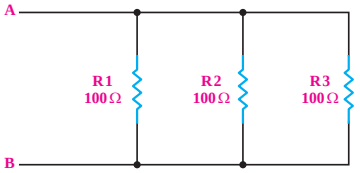
در شکل ۴۶-۲ مقاومت معادل $R_۱$ و $R_۲$ آمده است.



شکل ۴۶-۲

مقاومت‌های موازی را با «||» نشان می‌دهند، مثلاً مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ که موازی هستند را به صورت $R_۱||R_۲$ می‌نویسند.

مثال ۱۰: مقاومت کل R_T را از دو نقطه‌ی A و B در مدار شکل ۴۷-۲ به دست آورید.



شکل ۴۷-۲

حل:

رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را می‌نویسیم:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$$

اعداد را جایگزین می کنیم و مقدار R_T را به دست می‌آوریم:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۱۰۰}+\frac{۱}{۱۰۰}+\frac{۱}{۱۰۰}=\frac{۱+۱+۱}{۱۰۰}=\frac{۳}{۱۰۰}$$

$$R_T=\frac{۱۰۰}{۳}=۳۳/۳۳\Omega$$

توجه

اگر n مقاومت مساوی با یکدیگر به صورت موازی بسته شده باشند، برای به دست آوردن مقاومت معادل R_T، مقدار یک مقاومت را به n تقسیم می‌کنیم.

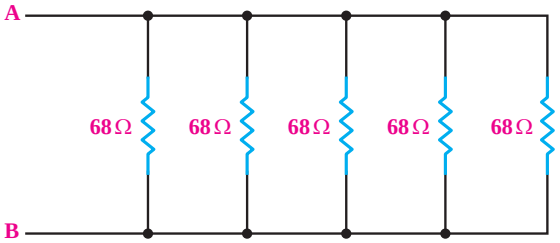
$$R_T = \frac{R}{n}$$

توجه

اگر در مدار موازی، فقط دو عدد مقاومت اهمی وجود داشته باشد، برای به دست آوردن مقاومت معادل آن، از رابطه‌ی زیر نیز می‌توانیم استفاده کنیم.

$$R_T = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

مثال ۱۱: در شکل ۴۸-۲، پنج عدد مقاومت ۶۸Ω با یکدیگر به صورت موازی بسته شده‌اند. مقاومت معادل را در این مدار به دست آورید.

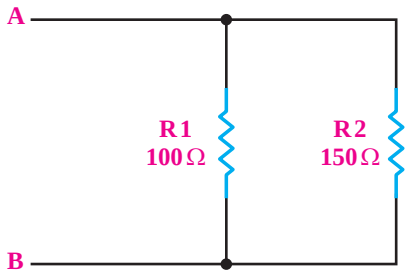


شکل ۴۸-۲

حل:

$$R_T = \frac{R}{n} = \frac{۶۸}{۵} = ۱۳/۶\Omega$$
$$R_T = ۱۳/۶\Omega$$

مثال ۱۲: مقاومت معادل R_T را در مدار شکل ۴۹-۲ به‌دست آورید.

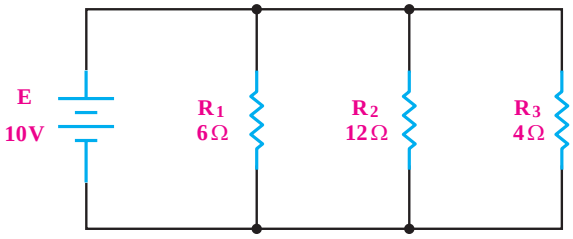


شکل ۴۹-۲

حل:

$$R_T = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۱۰۰ \times ۱۵۰}{۱۰۰ + ۱۵۰} = \frac{۱۵۰۰۰}{۲۵۰} = ۶۰\Omega$$

مثال ۱۳: مقاومت معادل را در مدار شکل ۵۰-۲ به دست آورید.



شکل ۵۰-۲

حل:

مقاومت‌ها موازی هستند، رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را می‌نویسیم:

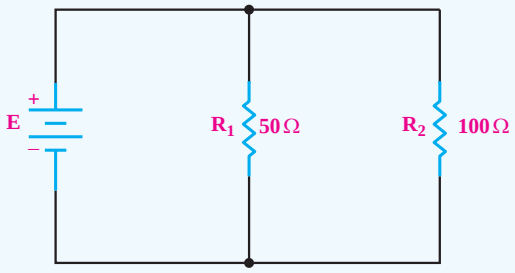
$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}$$

اعداد را جایگزین می کنیم و مقدار R_T را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{۱}{R_T}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۴}=\frac{۲+۱+۳}{۱۲}=\frac{۶}{۱۲}$$

$$R_T=\frac{۱۲}{۶}=۲\Omega$$

تمرین کلاسی ۲ : مقدار مقاومت معادل را در شکل ۵۱-۲ به دست آورید.



شکل ۵۱-۲

نکته : مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی از کوچک‌ترین مقاومت موجود در مدار، کوچک‌تر است.

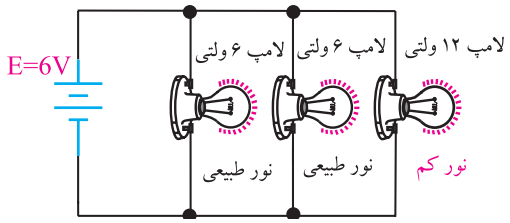
تحقیق کنید: اتصال مصرف کننده ها به برق در سیم‌کشی داخل خانه، سری است یا موازی؟ با ذکر دلیل نتایج را به کلاس ارائه دهید.

۳-۵-۲ به هم بستن مقاومت‌ها به صورت ترکیبی «سری- موازی»

تعریف مدار سری- موازی

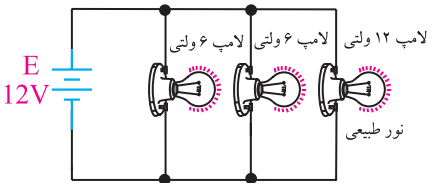
فرض کنید دو عدد لامپ ۶ ولتی یک وات و یک عدد لامپ ۱۲ ولتی یک واتی داریم، می‌خواهیم هر سه لامپ را با یک منبع تغذیه روشن کنیم.حالات زیر اتفاق می‌افتد:

- هر سه لامپ را به صورت موازی ببندیم و به منبع ۶ ولت وصل کنیم. در این صورت لامپ‌های ۶ ولتی نور طبیعی دارند ولی لامپ ۱۲ ولت، نور طبیعی ندارد زیرا ولتاژ تغذیه‌ی آن کم‌تر از ۱۲ ولت است، شکل ۵۲-۲.



شکل ۵۲-۲ نور لامپ ۱۲ ولتی کم است

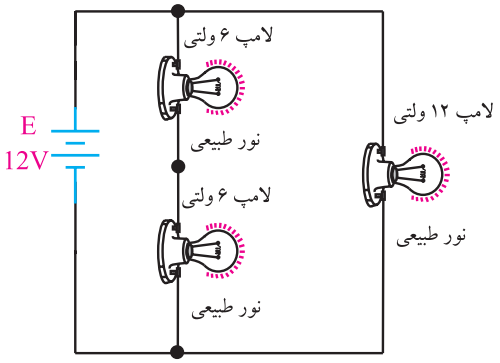
- هر سه لامپ را به صورت موازی ببندیم و به منبع ۱۲ ولت وصل کنیم. در این صورت لامپ ۱۲ ولتی دارای نور طبیعی است، ولی لامپ‌های ۶ ولتی هر دو می‌سوزند. زیرا به دو سر آن‌ها ولتاژ ۱۲ ولت، بیش‌تر از ولتاژ تغذیه وصل شده است، شکل ۵۳-۲.



شکل ۵۳-۲ در این مدار لامپ‌های ۶ ولتی می‌سوزند.

– دو لامپ ۶ ولتی یک وات را با یکدیگر سری می‌کنیم و به ولتاژ ۱۲ ولت اتصال می‌دهیم. در این صورت به هر لامپ ۶ ولتی، ولتاژی برابر با ۶ ولت می‌رسد و لامپ‌ها با نور طبیعی خود کار می‌کنند.

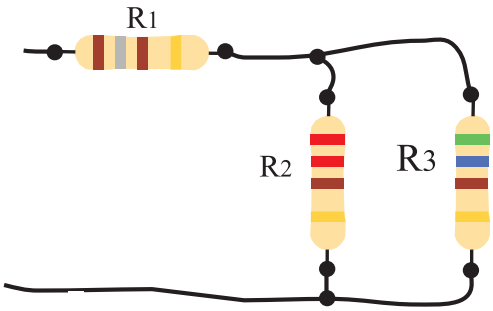
لامپ ۱۲ ولتی را نیز مطابق شکل ۵۴-۲ به مجموعه اضافه می‌کنیم. در این مدار، لامپ ۱۲ ولت نیز با نور طبیعی خود کار خواهد کرد.



شکل ۵۴-۲ هر سه لامپ نور طبیعی دارند.

به مدار الکتریکی شکل ۵۴-۲ مدار «**سری- موازی**» می‌گویند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید در مدارهای سری- موازی تعدادی از عناصر با یکدیگر سری و تعدادی دیگر با هم موازی یا با مجموعه‌های سری عناصر، موازی می‌شوند.

در شکل ۵۵-۲ مقاومت‌های R_2، R_3 با یکدیگر موازی هستند و مجموعهٔ این مقاومت‌ها با R_1 به‌صورت سری بسته‌شده‌است. برای تحلیل مقاومت‌ها «سری- موازی» معمولاً باید مدار را به صورت سری یا موازی درآورد. در مدارهای ترکیبی «سری- موازی» قسمت‌هایی از مدار که به صورت سری بسته شده‌اند تمام ویژگی‌های مدار سری را دارند و قسمت‌هایی از مدار که به‌صورت موازی است، تمام خواص مدار موازی را دارد.



شکل ۵۵-۲ یک نمونه مدار مقاومتی سری- موازی

برای محاسبهٔ مقاومت معادل این گونه مدارها به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

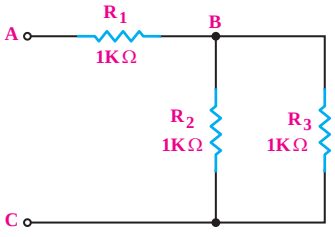
۱- برای ساده کردن مدار از قسمتی شروع می‌کنیم که منبع تغذیه وجود ندارد یا نقاط باز مشخص شده در مدار هستند.

۲- ابتدا مقاومت‌هایی که به صورت سری یا موازی بسته شده‌اند و در یک مجموعه قراردارند را باید با هم ترکیب و ساده کنیم.

۳- برای محاسبهٔ R_T (مجموع=Total) یا R_{eq} (معادل=equivalent) در هر قسمت، از روابط مقاومت معادل در مدارهای سری و موازی استفاده می‌کنیم.

۴- بهتر است از نقطه‌ای شروع کنیم که مدار به تدریج ساده شود و به یک مقاومت معادل برسیم. برای این منظور لازم است قبل از شروع کار، مدار را به‌طور دقیق بررسی کنیم.

مثال ۱۴: مقاومت معادل مدار شکل ۵۶-۲ را به‌دست آورید.



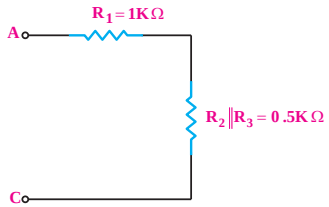
شکل ۵۶-۲

حل:

چون مقاومت‌های R_2، R_3 موازی هستند و منبع تغذیه‌ای به آن وصل نیست و در انتهای مدار قرار دارند از این مقاومت‌ها شروع می‌کنیم:

$$R_2 \parallel R_3 = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{1 \times 1}{1+1} = \frac{1}{2} = 0/5\,k\Omega$$

حال مدار ساده‌تر شده را رسم می‌کنیم و به جای دو مقاومت R_2، R_3 مقاومت معادل موازی آن یعنی $R_2 \| R_3$ را می‌گذاریم، شکل ۲-۵۷.

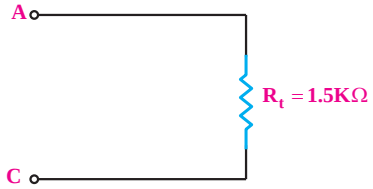


شکل ۲-۵۷

در مدار شکل ۲-۵۷ مقاومت ۰/۵ کیلو اهم و R_1 با هم سری هستند. مقاومت معادل R_T را به‌دست‌می‌آوریم.

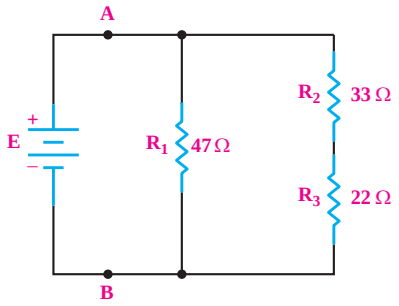
$$R_T = R_1 + (R_2 \parallel R_3)$$
$$R_T = 1 + 0/5 \Rightarrow R_T = 1/5\,k\Omega$$

مدار معادل شکل ۲-۵۷ به‌صورت شکل ۲-۵۸ درمی‌آید:



شکل ۲-۵۸

مثال ۱۵: مقاومت معادل از دو نقطه A و B در مدار شکل ۲-۵۹ را به‌دست‌آورید.



شکل ۲-۵۹

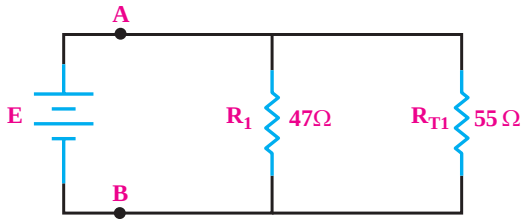
حل:

چون دو مقاومت R_2، R_3 به‌صورت مستقل با هم سری بسته‌شده‌اند و در بیرونی‌ترین نقطهٔ مدار قرار دارند از آن‌ها شروع می‌کنیم.

ابتدا دو مقاومت R_2، R_3 را تبدیل به یک مقاومت معادل $R_{2,3}$ (می‌خوانیم آرِ دو و سه) می‌کنیم:

$$R_{2,3} = R_2 + R_3 = 33 + 22 = 55\Omega$$

مدار ساده شده را ترسیم می‌کنیم:

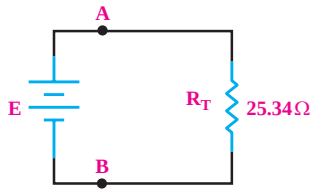


شکل ۲-۶۰

با توجه به شکل ۲-۶۰ مقاومت معادل $R_{2,3}$ با مقاومت R_1 به صورت موازی قرار دارند. مقاومت معادل را به‌دست‌می‌آوریم:

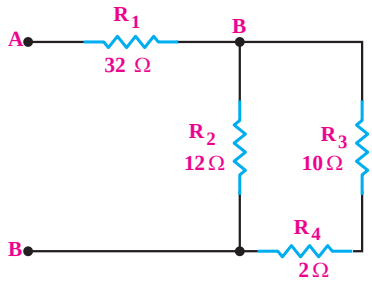
$$R_T = R_1 \parallel R_{2,3} = \frac{R_1 \times R_{2,3}}{R_1 + R_{2,3}} = \frac{47 \times 55}{47 + 55} = 25/34\Omega$$

مدار شکل ۵۹-۲ به صورت شکل ۶۱-۲ درمی‌آید:



شکل ۶۱-۲

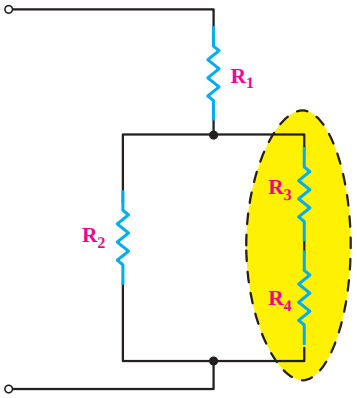
مثال ۱۶: مقدار مقاومت معادل شکل ۶۲-۲ را به دست آورید.



شکل ۶۲-۲

حل:

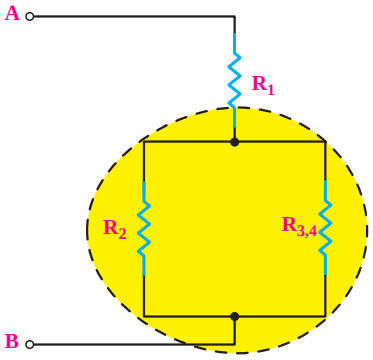
ابتدا مدار را به صورت شکل ساده شدهٔ ۶۳-۲ درمی‌آوریم و معادل دو مقاومت سری شده‌ی R_3 و R_4 را محاسبه می‌کنیم.



شکل ۶۳-۲

$$R_{3,4} = R_3 + R_4 = 10 + 2 = 12\Omega$$

به جای دو مقاومت R_3 و R_4 مقدار معادل آن‌ها را که $R_{3,4}$ (می‌خوانیم آرِ سه و چهار) می‌باشد، قرار می‌دهیم و به شکل ۶۴-۲ می‌رسیم:

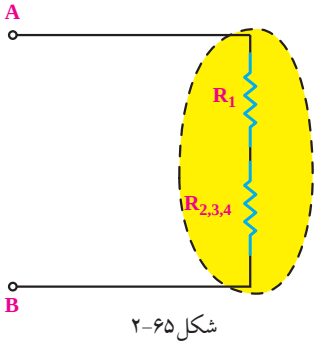


شکل ۶۴-۲

مقاومت معادل مقاومت‌های R_2 و $R_{3,4}$ را که به صورت موازی هستند و مقدار آن‌ها نیز مساوی است، به‌دست‌می‌آوریم. این مقاومت‌ها را $R_{2,3,4}$ (می‌خوانیم آرِ ۲ و ۳ و ۴) می‌نامیم:

$$R_{2,3,4} = R_2 \,||\, R_{3,4} = \frac{12}{2} = 6\Omega$$

با قرار دادن $R_{2,3,4}$ به جای مقاومت R_2 و $R_{3,4}$ به شکل ۶۵-۲ خواهیم رسید:

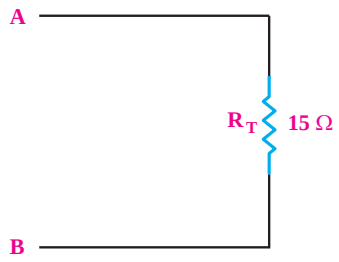


شکل ۶۵-۲

چون مقاومت معادل به‌دست‌آمده در مرحله‌ی قبل $R_{2,3,4}$ با مقاومت R_1 به‌صورت سری بسته شده است، مقاومت معادل R_T از مجموع آن‌ها به‌دست‌می‌آید.

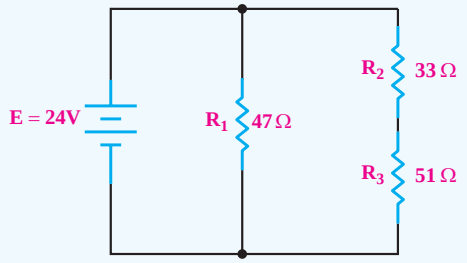
$$R_T = R_1 + R_{2,3,4} = 3 + 12 = 15\Omega$$

مقاومت به دســت‌آمده برابر با مقاومت کل مدار اســت و مدار معادل شکل ۲-۶۲ به‌صورت شکل ۲-۶۶ در می‌آید:



شکل ۲-۶۶

تمرین کلاســی ۳: مقاومت معادل مدار شکل ۲-۶۷ را به دست‌آورید.



شکل ۲-۶۷

۶-۲ آزمایش شمارهٔ (۲)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۶-۲ هدف آزمایش:

اندازه‌گیری مقاومت‌ها به‌صورت سری و موازی.

۲-۶-۲ تجهیزات، ابزار، قطعات و موارد مورد نیاز:

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات (برای هر گروه کلاسی)	تعداد / مقدار
۱	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۲	بِردبُرد	یک قطعه
۳	مقاومت یک کیلو اهم یک وات	پنج عدد
۴	مقاومت ۱۸۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۵	مقاومت ۵۶۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۶	سیم‌های رابط معمولی (تلفنی)	به مقدار کافی
۷	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	به مقدار کافی

۳-۶-۲ مراحل اجرای آزمایش:

الف – به دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار سری

■ مقدار و درصد خطای مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω و ۱KΩ را با توجه به نوارهای رنگی بخوانید و در جدول ۴-۲ بنویسید.

■ اگر نوع مولتی‌متر شما عقربه‌ای (آنالوگ) است، قبل از هر اندازه‌گیری ابتدا صفر آن را تنظیم کنید.

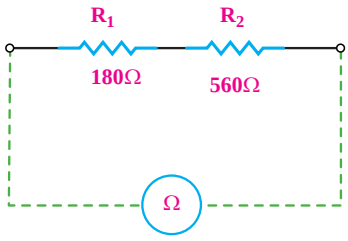
■ به کمک مولتی‌متر مقدار دقیق مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω و ۱KΩ را اندازه‌بگیرید. مقاومت ۱۸۰ اهم را با R_1 و مقاومت ۵۶۰Ω را با R_2 و مقاومت ۱KΩ را با R_3 نام‌گذاری و در جدول ۴-۲ یادداشت کنید.

جدول ۴-۲

مقدار اندازه‌گیری شده	مقدار اهم و تولرانس خوانده شود	نوارهای رنگی	مقاومت
			R_1
			R_2
			R_3

سؤال ٦: آیا مقادیر اندازه‌گیری شده با مقادیر خوانده شده انطباق دارد؟ شرح دهید.

■ مقاومت‌های R_1 و R_2 را به صورت سری ببندید و سپس مقاومت اهمی مجموعهٔ سری را به کمک اهم‌متر مطابق شکل ۶۸-۲ اندازه گرفته و یادداشت کنید.



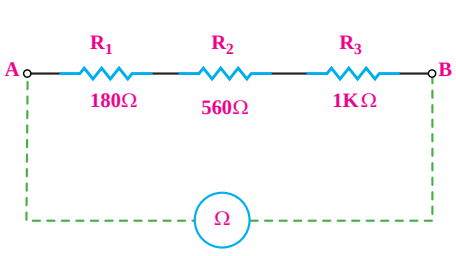
شکل ۶۸-۲

R_T= ..... Ω

سؤال ۷: آیا R_T اندازه‌گیری شده به کمک اهم‌متر با $R_T=R_1+R_2$ که از طریق محاسبه به‌دست می‌آید یکی است؟ توضیح دهید.

محاسبه: $R_T = R_1 + R_2$ =..... Ω

■ یک مقاومت یک کیلو اهم را مطابق شـکل ۲-۶۹ به مدار سری اضافه کنید.



شکل ۲-۶۹

■ مقدار R_T در مدار شـکل ۲-۶۹ را با استفاده از رابطهٔ $R_T=R_1+R_2+R_3$ به‌دست‌آورید و یادداشت کنید.

R_T=..... Ω

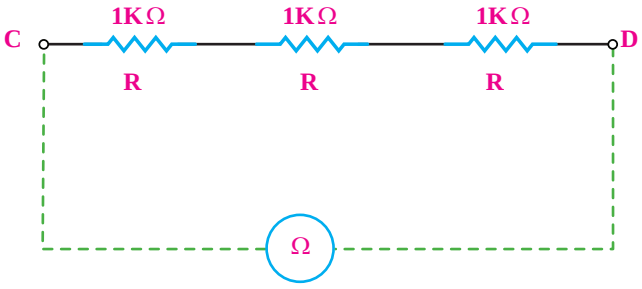
■ حوزهٔ کار مولتی‌متر را روی R × ۱KΩ قرار دهید.

■ مقاومـت بیـن دو نقطـهٔ A و B در شـکل ۲-۶۹ را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

R_T=.....Ω اندازه‌گیری

سؤال ۸: آیا R_T اندازه‌گیری شـده بـه کمک مولتی‌متر با R_T به‌دست‌آمده از طریق محاسبه برابر است؟ توضیح دهید.

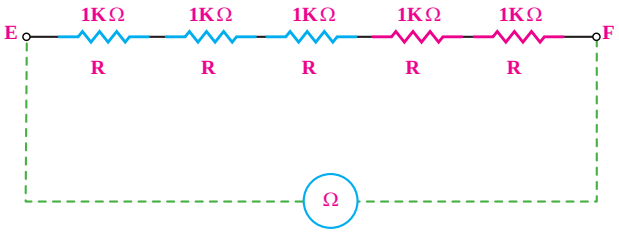
■ سـه مقاومت ۱KΩ را مطابق شـکل ۲-۷۰ به صورت سـری اتصال دهید و توسـط مولتی‌متر مقاومت معادل بین دو نقطهٔ C و D را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.



شکل ۲-۷۰

$R_T=R_{CD}$=..... Ω

■ دو مقاومت یک کیلواهم دیگر را مطابق شـکل ۲-۷۱ به صورت سری به مدار قبل اضافه کنید.



شکل ۲-۷۱

■ با اسـتفاده از مولتی‌متر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ E و F را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

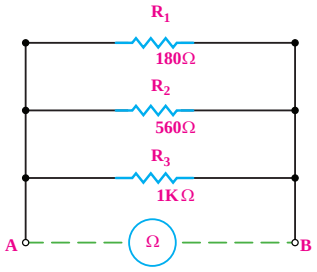
$R_T=R_{EF}$=..... KΩ

سـؤال ۹: آیـا می‌تـوان نتیجـه گرفـت که اگـر مقدار مقاومت‌های سـری مساوی باشـند، مقاومت معادل از رابطهٔ $R_T=n.R$ قابل محاسبه است؟

موضوع ب- به دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار موازی.

■ قبل از هر اندازه‌گیری، صفر اهم‌متر عقربه‌ای را تنظیم کنید.

■ مقاومت‌های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل ۷۲-۲ به صورت موازی روی بردبرد ببندید.



شکل ۷۲-۲

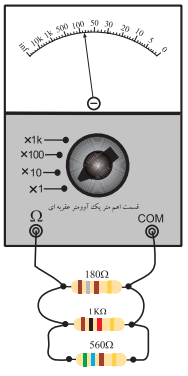
■ مقاومت معادل شکل ۷۲-۲ را از رابطه‌ی:

$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$ به دست‌آورید و یادداشت کنید.

R_T=.....Ω

■ با توجه به مقدار محاسبه شده، رنج مناسبی را برای اهم‌متر انتخاب کنید.

■ مقاومت اهمی مجموعه‌ی اتصال موازی را مطابق شکل ۷۳-۲ به کمک مولتی‌متر اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

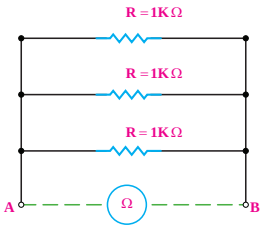


شکل ۷۳-۲

R_T=.....Ω

سوال ۱۰: آیا R_T اندازه‌گیری شده به کمک مولتی‌متر با R_T محاسبه شده یکی است؟ توضیح دهید.

■ سه مقاومت ۱KΩ را مطابق شکل ۷۴-۲ و به صورت موازی اتصال دهید.



شکل ۷۴-۲

■ مقاومت معادل را از رابطه‌ی $R_T=\frac{R}{n}$ به دست آورید.

R_T= ..... KΩ

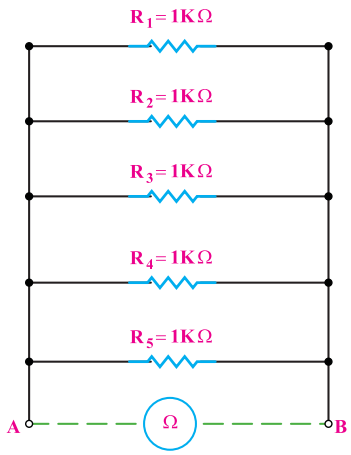
■ با توجه به مقدار مقاومت بدست‌آمده، رنج مناسبی برای مولتی‌متر انتخاب کنید.

■ مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B را با استفاده از مولتی‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R_T =..... KΩ

سوال ۱۱: آیا مقادیر به‌دست‌آمده از طریق محاسبه با مقادیر اندازه‌گیری شده انطباق دارد؟ توضیح دهید.

■ پنج مقاومت ۱KΩ را مطابق شکل ۲-۷۵ به‌صورت موازی روی بردبرد ببندید.



شکل ۲-۷۵

■ مقاومت معادل را از طریق رابطه‌ی $R_T = \frac{R}{n}$ به‌دست آورید.

R_{T_1} =..... Ω

■ مقدار مقاومت معادل را از رابطه‌ی $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ...$ محاسبه و یادداشت کنید.

R_{T_2} =..... Ω

سؤال ۱۲: آیا مقادیر به‌دست‌آمده از این دو رابطه (R_{T_1} و R_{T_2}) با هم برابر است؟ توضیح دهید.

■ با توجه به مقدار به‌دست‌آمده رنج مناسبی برای مولتی‌متر انتخاب کنید.

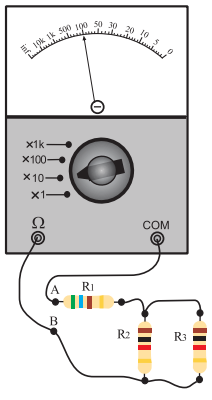
■ مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B در شکل ۲-۷۵ را با استفاده از مولتی‌متر اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

R_T =.....KΩ

سؤال ۱۳: آیا مقادیر به‌دست‌آمده از طریق محاسبه و اندازه‌گیری با مولتی‌متر یکی است؟ توضیح دهید.

موضوع ج- اندازه‌گیری مقاومت معادل یک مدار ترکیبی سری- موازی با مولتی‌متر

■ مداری مطابق شکل ۲-۷۶ روی بردبرد ببندید.



شکل ۲-۷۶

■مقدار مقاومت معادل شـکل ۷۶-۲ را از طریق محاسبه به‌دست‌آورید.

$R_۲$ و $R_۳$ موازی هستند:

$$R_{T_۱} = R_۲ \| R_۳$$

$R_۱$ با $R_{T_۱}$ سری است.

$$R_T = R_۱ + R_{T_۱}$$

$$R_T = \text{..... } K\Omega$$

■با توجه به مقدار مقاومت به‌دست‌آمده، رنج مناسبی را برای مولتی‌متر انتخاب کنید.

■اگر بـرای اندازه‌گیـری مقاومت اهمـی از مولتی‌متر عقربه‌ای استفاده می‌کنید قبل از اندازه‌گیری صفر آن را تنظیم کنید.

■به کمک مولتی‌متر مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

R_{AB}=.....Ω

سوال ۱۴ : آیا مقدار مقاومت معادل محاسبه شده با مقدار مقاومت معادل اندازه‌گیری شده توسط مولتی‌متر برابر است؟

۴-۶-۲ نتایج آزمایش :

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف -

ب -

ج -

استفاده‌ی بهینه از وسایل و تجهیزات، مهارت الگـوی صحیح مصرف را در فرد ایجـاد می‌کند و طول عمر وسایل را افزایش می‌دهد.

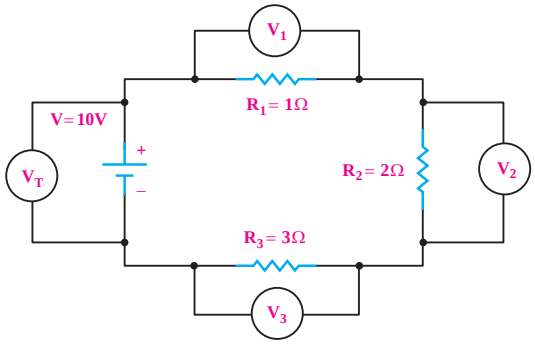
۲–۷ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدارهای سری و موازی

بر اثر عبور جریان الکتریکی از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژ به‌وجود می‌آید. مقدار این ولتاژ بر اساس قانون اهم از رابطه‌ی $V=R\,.\,I$ محاسبه می‌شود.

۲–۷–۱ محاسبه افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار سری:

چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهمی مقاومت رابطه‌ی مستقیم دارد، یعنی در صورت افزایش مقدار مقاومت (R)، مقدار ولتاژ (V) نیز افزایش می‌یابد.

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل ۲–۷۷ ببندیم، ولت‌مترها مقادیر ولتاژهای متفاوتی را در دو سر مقاومت‌ها نشان می دهند. ولت‌مترهای $V_۱$ ، $V_۲$ و $V_۳$ مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ و ولت‌متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می‌دهد.



شکل ۲–۷۷ بررسی ولتاژها در مدار سری

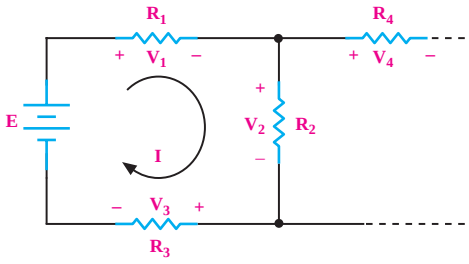
با توجه به شکل ۲–۷۷ نتیجه می‌گیریم که در یک مدار سری :

$$V_T = V_۱ + V_۲ + V_۳$$
$$V_{R_T} = V_{R_۱} + V_{R_۲} + V_{R_۳}$$

۲–۷–۲ قانون ولتاژ کریشهف(KVL)

طبق قانون ولتاژ کریشهف یا به اختصار (KVL) جمع جبری ولتاژهای اعمال شده (نیروی محرکه) و افت ولتاژها در یک مدار بسته برابر صفر است. به عبارت دیگر در یک مدار بسته جمع جبری ولتاژها برابر صفر است. علامت جبری نیروی محرکه را معمولاً مثبت(+) و علامت افت ولتاژها را منفی(–) در نظر می‌گیریم. با توجه به شکل ۲–۷۸ در حلقه‌ی یک ، موارد زیر وجود دارد.

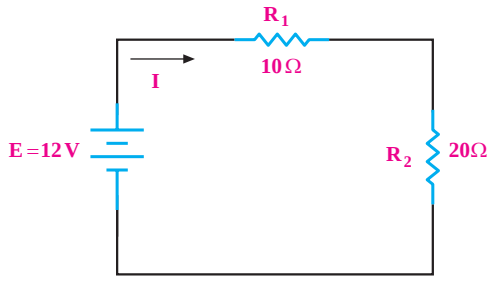
$-V_۳=۰$	$-V_۲$	$-V_۱$	$+E$
افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۳$	افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۲$	افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$	نیروی محرکه



شکل ۲–۷۸

مثال ۱۷:

در شکل ۲–۷۹ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ را به‌دست آورید.



شکل ۲–۷۹

حل:

با توجه به قانون اهم، رابطهٔ مقدار افت ولتاژ را در دو سر هر مقاومت می‌نویسیم:

$$V_1 = R_1.I = 10I$$
$$V_2 = R_2.I = 20I$$

طبق قانون KVL داریم:

$$E - V_1 - V_2 = 0$$

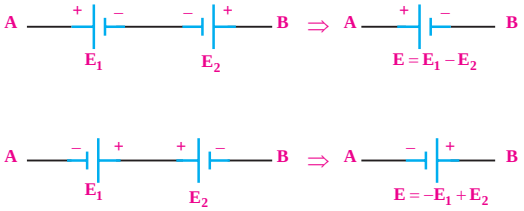
در رابطهٔ بالا به‌جای E و V_1 و V_2 مقادیر معادل را می‌نویسیم و مقدار I را محاسبه می‌کنیم:

$$12 - 10I - 20I = 0$$
$$12 - 30I = 0$$
$$12 = 30I$$
$$I = \frac{12}{30} = 0/4A \Rightarrow I = 0/4A$$

در رابطهٔ V_1 و V_2 به جای I عدد می‌گذاریم:

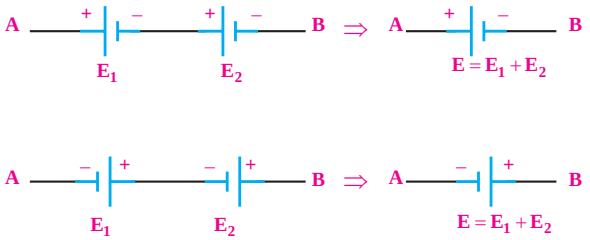
$$V_1 = 10I = 10 \times 0/4 = 4V \Rightarrow V_1 = 4(V)$$
$$V_2 = 20I = 20 \times 0/4 = 8V \Rightarrow V_2 = 8(V)$$

اگر دو منبع را به صورت شکل ۸۰-۲ با یکدیگر سری کنیم، منبع معادل برابر با جمع ولتاژهای دو منبع با قطب‌های نشان داده شده در شکل ۸۰-۲ است.



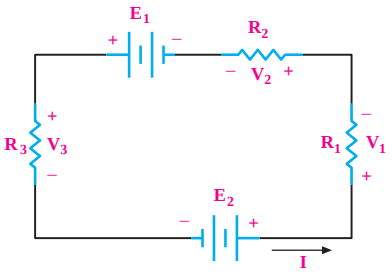
شکل ۸۰-۲

و اگر دو منبع را مطابق شکل ۸۱-۲ با یکدیگر سری کنیم، مقدار ولتاژ منبع معادل از تفاضل ولتاژ دو منبع با قطب‌های نشان داده شده در شکل ۸۱-۲ به دست می‌آید.



شکل ۸۱-۲ نحوه‌ی جمع جبری دو منبع ولتاژ (نیروی محرکه)

در مداری که بیش از یک منبع وجود دارد، به جای n منبع می‌توان **منبع معادل منابع موجود** را براساس رابطهٔ قانون KVL قرار داد. در شکل ۸۲-۲ قانون KVL به صورت زیر نوشته‌می‌شود:



شکل ۸۲-۲

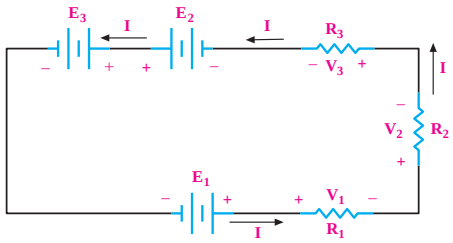
$$E_2 + E_1 - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$E_2 + E_1 = V_1 + V_2 + V_3$$ (معادل منبع E_1 و E_2)

هنگام نوشتن قانون KVL در یک حلقهٔ بسته به نکات زیر توجه کنید:

- برای حلقه، جریان I را در یک جهت دلخواه انتخاب می‌کنیم.
- KVL را در جهت جریان انتخابی می‌نویسیم.
- اگر جریان مثبت از قطب مثبت منبع خارج می‌شود، علامت منبع را مثبت (+) و اگر به قطب مثبت(+) وارد شود علامت آن را منفی (−) در نظر بگیرید.
- علامت مثبت(+) برای ولتاژ دو سر یک مقاومت، محلی است که جریان به آن نقطه وارد می‌شود.

مثال۱۸: رابطهKVL را برای مدار شکل ۸۳-۲ بنویسید.



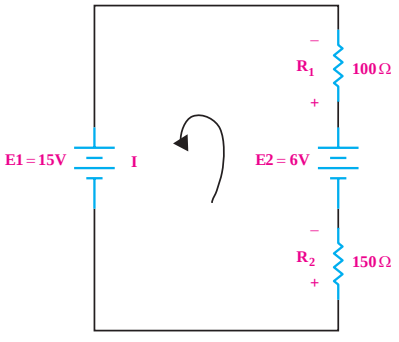
شکل ۸۳-۲

حل:

$-V_1-V_2-V_3=0$	$-E_3$	$+E_2$	$+E_1$
جریان به پایه‌ای که برای مقاومت، مثبت در نظر گرفته‌ایم وارد می‌شود	جریان به قطب مثبت وارد می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود

توجه داشته باشید که جهت انتخاب جریان(I) در شروع کار برای حل مسئله اختیاری است.

مثال۱۹: در شکل ۸۴-۲ ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت‌های مدار را به دست آورید.



شکل ۸۴-۲

حل:

ابتدا یک جهت جریان دلخواه برای مدار در نظر می گیریم و سپس رابطه‌ی KVL را در آن می‌نویسیم:

$$-E_2+E_1+V_1+V_2=0$$

مقادیر را در رابطه جایگزین می کنیم و مقدار I را به دست می آوریم:

$$-6+15+R_1.I+R_2.I=0$$
$$-6+15+100I+150I=0$$
$$+9=-250I$$
$$I=\frac{9}{-250}=-0/036A \Rightarrow I=-0/036A$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جهت اصلی جریان برخلاف جهت جریان انتخابی است، لذا جهت جریان باید اصلاح شود.

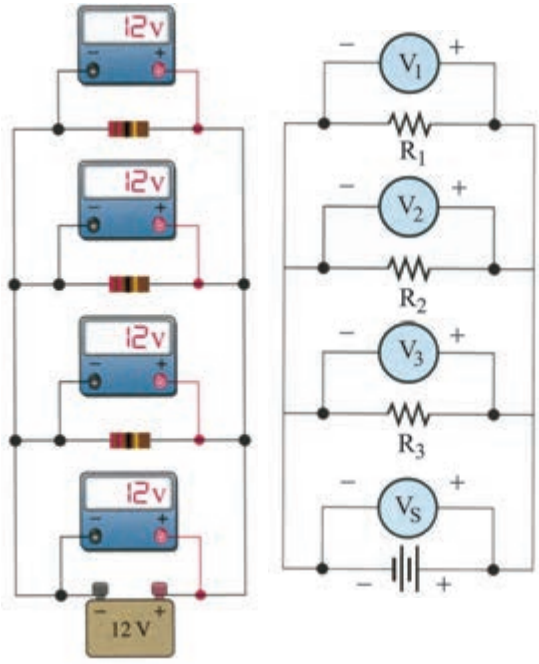
$$V_1=R_1.I=100\times(-0/036)=-3/6V$$
$$V_2=R_2.I=150\times(-0/036)=-5/4V$$

علامت منفی V_1 و V_2 به این معنی است که قطب‌های انتخاب شده‌ی مثبت(+) و منفی(-) باید معکوس شوند.

۳-۷-۲ محاسبه ی افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار موازی

در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است، بنابراین ولتاژ دو سر همه‌ی مقاومت‌ها با هم مساوی است.

ولت‌متر V_1، V_2 و V_3 افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را در شکل ۸۵-۲ نشان می‌دهد و ولت‌متر V_S مقدار ولتاژ دو سر منبع تغذیه را مشخص می کند. در مدار موازی تمام این ولتاژها مساوی هستند و همه‌ی ولت‌مترها در این شکل یک عدد را نشان می‌دهند.



شکل ۸۵-۲ مدار با چهار مقاومت موازی

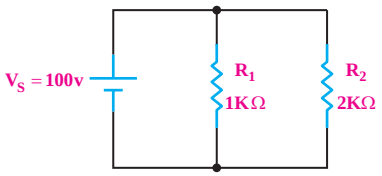
بنابراین بـرای مدارهای موازی می‌توانیـم رابطه‌ی زیر را بنویسیم:

$$V_1=V_2=V_3=.....=V_S$$

یعنی:

$$V_{R1}=V_{R2}=V_{R3}=.....=V_S$$

مثـال ۲۰: ولتاژ دو سـر مقاومت‌هـای R_1، R_2 در مدار شکل ۸۶-۲ را به دست آورید.



شکل ۸۶-۲

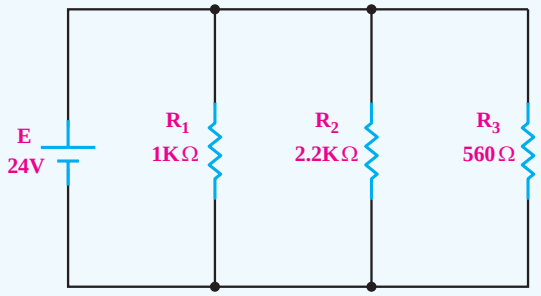
حل:

مقاومت‌های R_1، R_2 موازی هستند، پس افت ولتاژ دو سر این دو مقاومت با هم برابر و مساوی ولتاژ تغذیه است:

$$V_S=V_{R1}=V_{R2}=100V$$

همان‌گونه که قبلاً نیز اشـاره شـد، برای اندازه‌گیری افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها از دستگاه اندازه‌گیری ولت‌متر استفاده می‌شـود. قبل از بـه کارگیری عملـی دسـتگاه اندازه‌گیری ولت‌متر، آن را مورد بررسی قرار می‌دهیم.

تمرین کلاسی ٤: در مدار شکل ۸۷-۲ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را به دست آورید.



۸۷-۲

۲-۸ منبع تغذیه DC

۲-۸-۱ آشنایی با منبع تغذیه

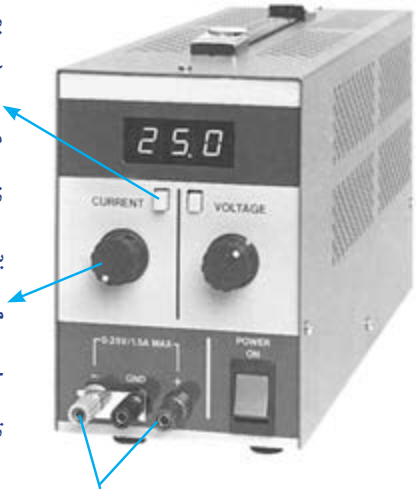
منبع تغذیه یک دستگاه الکترونیکی است که ولتاژ موجود (معمولاً ولتاژ ۲۲۰ ولت برق شـهر) را دریافت و آن را تبدیل به ولتاژ DC مـورد نیاز برای مدارهـای الکترونیکی می‌کند. خروجی منبع تغذیه می‌تواند ثابت یا متغیر باشـد. در صورتی کـه منبع تغذیه دارای ولتـاژ خروجی متغیر باشـد روی پانل دسـتگاه، یک ولوم قرار می‌دهند. با تغییـر این ولوم می‌توان ولتاژ خروجی را به مقدار دلخواه تنظیم کرد. در شـکل ۸۸-۲

دو نمونه منبع تغذیه آزمایشگاهی با خروجی متغیر نشان داده شده است. خروجی این منابع تغذیه‌ی متغیر ولتاژ DC متغیر است.

شکل۸۸-۲ دو نمونه منبع تغذیه آزمایشگاهی

بیشتر منابع تغذیه‌ی آزمایشگاهی، دارای یک ولت‌متر و یک آمپرمتر هستند تا ولتاژ دو سر خروجی منبع تغذیه و جریان مصرف کننده را بدون نیاز به یک ولت‌متر و آمپرمتر دیگر، نشان دهند. از طرفی برای محدود کردن جریان خروجی در مقابل اتصال کوتاه و یا به هر دلیل دیگر، یک ولوم به نام«Current» روی دستگاه نصب شده است با تنظیم این ولوم می‌توان جریان خروجی منبع تغذیه را به هر مقدار دلخواه تنظیم کرد.

در منابع تغذیه‌ای که سیستم حفاظت در مقابل اتصال کوتاه دارند، برای تنظیم حداکثر جریان خروجی، دو ترمینال ولتاژ خروجی را با یکدیگر اتصال کوتاه می‌کنند و با تغییر ولوم «Current» مقدار ماکزیمم جریان خروجی منبع تغذیه را تنظیم می‌کنند، شکل ۸۹-۲. توجه داشته‌باشید هنگام اتصال کوتاه ولتاژ دو سر ترمینال خروجی منبع تغذیه نزدیک به صفر می‌شود.



شکل۸۹-۲ نحوه‌ی تنظیم جریان خروجی یک منبع تغذیه

صفحه‌ی هر دستگاه الکترونیکی را پانل آن دستگاه می‌نامند.

۲-۸-۲ دستگاه‌اندازه‌گیری ولتاژ یا «ولت‌متر»

ولت‌متر در دو نوع عقربه‌ای و دیجیتالی ساخته می‌شود. علائمی روی این دستگاه‌ها وجود دارد که نشان‌دهنده‌ی توانایی‌های دستگاه در اندازه‌گیری کمیت‌های AC، DC (موج متناوب که بعداً به آن اشاره خواهد شد)، وضعیت باتری

داخلی دستگاه و مواردی دیگر است. این علائم با توجه به توانایی‌های دستگاه‌های مختلف، متفاوت است. ولت‌متر یکی از حوزه‌های کار مولتی‌متر است. در مولتی‌مترهای عقربه‌ای برای خواندن دقیق ولتاژ، باید به کلید سلکتور اصلی مولتی‌متر، که ماکزیمم مقدار ولتاژ را روی صفحه‌ی مدرج نشان می‌دهد، توجه کنیم و همچنین باید تعداد تقسیمات آن کمیت را روی صفحه‌ی مدرج در نظر بگیریم.

برای به دست‌آوردن مقدار کمیت ولتاژ اندازه‌گیری شده، ابتدا باید ببینیم که عقربه چند قسمت منحرف شده است. سپس تعداد تقسیمات را در ماکزیمم مقدار رنج روی صفحه(بزرگ‌ترین عدد روی صفحه‌ی مندرج) ضرب کنیم. در نهایت مقدار به‌دست‌آمده را بر تعداد تقسیمات صفحه‌ی مدرج تقسیم می‌کنیم. به طور مثال اگر کلید سلکتور روی ۵۰۰ ولت قرار دارد و از طرفی درجه بندی صفحه‌ی مدرج، ۵۰ قسمت است، ضریب صفحه ۱۰ می‌شود زیرا:

$$\text{ضریب صفحه} = \frac{۵۰۰}{۵۰} = ۱۰$$

حال اگر عقربه به اندازه‌ی ۳۸ قسمت منحرف شده باشد، باید این عدد را در ده ضرب کنیم تا مقدار اندازه‌گیری شده به دست آید.

$$۳۸ \times \frac{۵۰۰}{۵۰} \quad \frac{(\text{رنج ولت‌متر})}{(\text{حداکثر درجه بندی})} = ۳۸۰(\text{V})$$

شکل ۹۰-۲ صفحه مولتی‌متر عقربه‌ای

ولت‌متر دیجیتالی نوع دیگری از ولت‌متر است. بزرگ‌ترین مزیت این دستگاه، نشان دادن کمیت به همراه واحد آن به صورت عدد و رقم است. به منظور داشتن دقت بیشتر ، همیشه رنجی را انتخاب می‌کنیم که تقریبا ارقام روی صفحه‌ی نمایش بتواند مقدار کمیت را نشان دهد. شکل ۹۱-۲ یک نمونه ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

این ولت‌متر گران است. برای اندازه‌گیری از مولتی‌متر استفاده کنید.

شکل ۹۱-۲ ولت‌متر عقربه‌ای

۹-۲ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا : ۴ ساعت آموزشی

۱-۹-۲ هدف آزمایش :

آشنایی با منبع تغذیه و اندازه‌گیری ولتاژها در مدار سری و موازی و تحقیق عملی قانون ولتاژ KVL

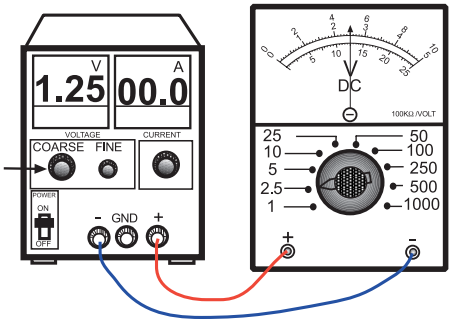
۲-۹-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و موارد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A، ۰-۱۵ V	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک یا دودستگاه
۳	مقاومت ۱۸۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۴	مقاومت ۵۶۰Ω-۰/۵ وات	یک عدد
۵	سیم‌های یک سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	دو رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۹-۲ مراحل اجرای آزمایش :

موضوع الف - آشنایی با منبع تغذیه

- منبع تغذیه را با احتیاط به برق شهر وصل کنید.
- مدار شکل ۹۲-۲ را ببندید. حتی اگر منبع تغذیه شما ولت متر داشت باز هم ، خروجی آن را حتما به ولت متر جداگانه وصل کنید.

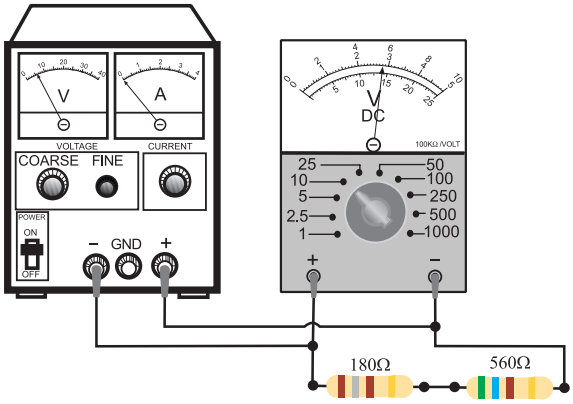


شکل ۹۲-۲

- منبع تغذیه را روشن کنید.
- سعی کنید به کمک ولت‌متر جداگانه‌ای که به منبع تغذیه وصل کرده‌اید، ولتاژ خروجی را روی ۱/۲۵V، ۳/۸۵ V، ۴/۵ V، ۵/۱ V، ۶/۸۵ V ولت تنظیم کنید.
- هنگام اندازه‌گیری ولتاژ، رنج کلید ولت‌متر را طوری انتخاب کنید که انحراف عقربه، بیشترین مقدار ممکن را داشته باشد به عنوان مثال اگر می‌خواهید ولتاژ ۴/۵ ولت را اندازه‌بگیرید رنج ولت‌متر را روی ۵V قرار دهید.
- بر روی اکثر منابع تغذیه، علاوه بر ولوم تنظیم ولتاژ، یک ولوم دیگر به نام FINE وجود دارد که با تغییر این ولوم می توان ولتاژ خروجی را در حد دهم ولت تنظیم کرد.

موضوع ب- ولتاژ در مدار سری و قانون KVL

- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مداری مطابق شکل ۹۳-۲ ببندید.



شکل ۹۳-۲

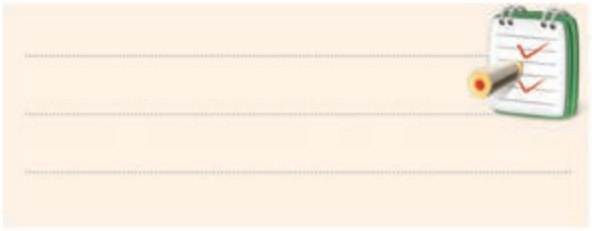
- رنج مولتی‌متر را روی ۱۰ ولت قرار دهید.
- منبع تغذیه را طوری تنظیم کنید که ولت‌متری که مانند شکل ۹۳-۲ در مدار قرار دارد، مقدار ۶ ولت را نشان دهد.
- ولت متر را یک بار به دو سر مقاومت ۱۸۰ اهم و یک

بار به دو سر مقاومت ۵۶۰ اهم وصل کنید . مقدار ولتاژ دو سر این مقاومت‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

■ مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در هر یک از حالت‌های زیر نشان می‌دهد بخوانید و یادداشت کنید:

V_1=۶ V	مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر برای کل مدار نشان می‌دهد.
V_2= V	مقدار ولتاژی را که ولت‌متر در دو سر مقاومت ۱۸۰ اهم نشان می‌دهد.
V_3= V	مقدار ولتاژی را که ولت‌متر در دو سر مقاومت ۵۶۰ اهم نشان می‌دهد.

سوال ۱۵: آیا مقدار $V_1=V_2+V_3$ است؟چرا؟ توضیح دهید.



توجه

استفاده از مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی تفاوتی ندارد، هر کدام را که در اختیار دارید، استفاده کنید.

■ در شکل ۹۳-۲ حوزه‌ی کار مولتی‌متر را روی ۲۵ ولت قرار دهید.

■ ولتاژ منبع تغذیه را به آرامی زیاد کنید.

■ مولتی‌متر را به قسمت ورودی مدار وصل کنید.

■ افزایش ولتاژ منبع تغذیه را تا وقتی که مولتی‌متر ولتاژ ورودی را ۱۲ ولت نشان می‌دهد، ادامه دهید.

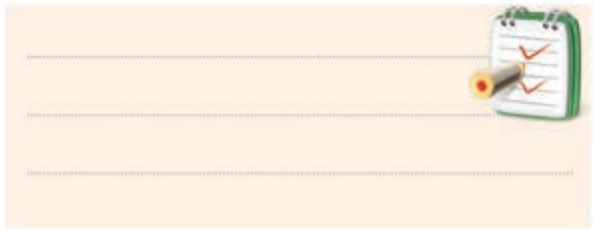
■ در این حالت ولتاژ دو سر مقاومت‌های ۱۸۰Ω و ۵۶۰Ω را با مولتی‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

توجه

برای اندازه‌گیری ولتاژ در هر قسمت، مولتی‌متر را جابه‌جا کنید.

V_2= V	مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در دو سر مقاومت ۱۸۰Ω نشان می‌دهد.
V_3= V	مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در دو سر مقاومت ۵۶۰Ω نشان می‌دهد.

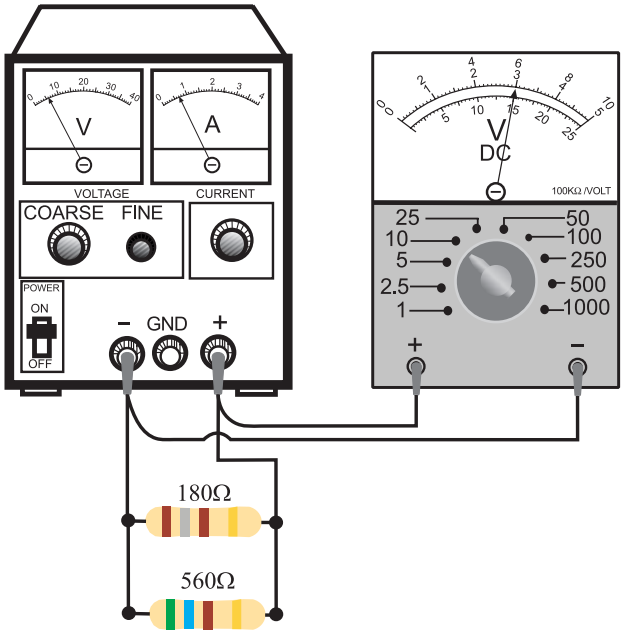
سوال ۱۶ : مقادیر V_2 و V_3 را به ازای V_1=۶V و V_1=۱۲V با یکدیگر مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ دقیقاً توضیح دهید.



سوال ۱۷ : آیا می‌توان نتیجه گرفت که در هر دو مرحله‌ی آزمایش که انجام شد، رابطه‌ی $V_1=V_2+V_3$ برقرار است؟ به عبارتی دیگر آیا جمع جبری افت ولتاژها در حلقه‌ی بسته‌ی مدار سری، صفر است، $V_1-V_2-V_3=0$ توضیح دهید.

موضوع ج- اندازه‌گیری ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدار موازی

- منبع تغذیه را روی صفر ولت بگذارید.
- مدار را مطابق شکل ۹۴-۲ ببندید.



شکل ۹۴-۲

- رنج مولتی‌متر را روی ۱۰ ولت تنظیم کنید.
- ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید .

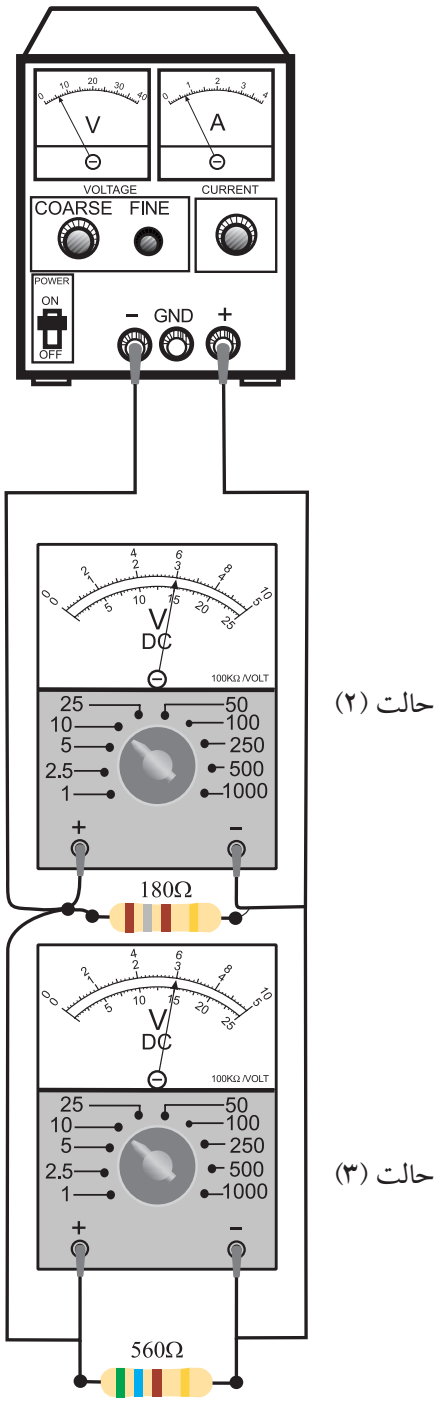
در این مدار، اندازه‌گیری ها توسط یک مولتی‌متر انجام می‌شود . شکل نشان داده شده مشخص کننده‌ی حالت‌های اندازه‌گیری است. برای هر اندازه‌گیری باید سیم‌های رابط مولتی‌متر را جابه‌جا کنید.

- مولتی‌متر در شکل ۹۴-۲ چه عددی را نشان می‌دهد؟ یادداشت کنید.

V_1=.....(v)	ولتاژی را که مولتی‌متر در حالت (۱) نشان می‌دهد.

- مولتی‌متر را در حالت (۲) در شکل ۹۵-۲ قرار دهید و به دو سر مقاومت ۱۸۰ Ω وصل کنید و مقدار ولتاژ نشان داده شده را بخوانید و یادداشت کنید.

V_2=.....(v)	ولتاژی را که مولتی‌متر در حالت (۲) نشان می‌دهد.

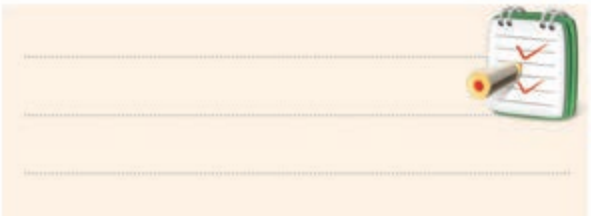


شکل ۹۵-۲

■ مولتی متر را در حالت(۳) به دو سر مقاومت ۵۶۰Ω اهم به صورت موازی وصل کنید و ولتاژ را بخوانید و یادداشت کنید.

$V_۳$=.....(v)	ولتاژی را که مولتی‌متر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۱۸ : آیا هر سه ولتاژ اندازه‌گیری شده‌ی $V_۱$ و $V_۲$ و $V_۳$ یکسان هستند؟ چرا؟ توضیح دهید.



۴-۹-۲ نتایج آزمایش :

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح دهید.

الف-

ب-

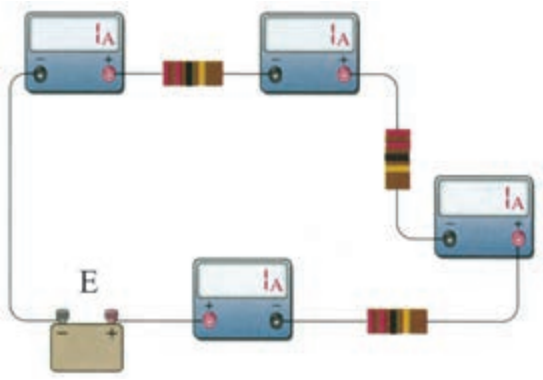
ج-

حفاظت از وسایل، مهارت ارزش‌گذاری بر ثروت عمومی را ایجاد می‌کند و میزان هزینه‌هایی که برای تحصیل هر فرد از طرف خانواده و دولت صرف می شود را کاهش می‌دهد.

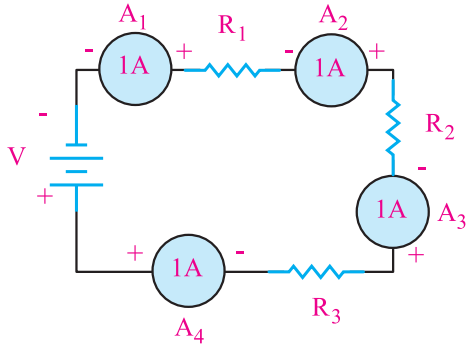
۲-۱۰ محاسبه‌ی جریان و توان در مدار سری و مدار موازی

۲-۱۰-۱ محاسبه‌ی جریان و توان در یک مدار سری

چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد در نتیجه جریان عبوری از تمام مقاومت‌ها ثابت است. مطابق شکل ۹۶-۲ در یک مدار سری هر یک از آمپرمترها جریان‌های مساوی را نشان می‌دهند.



الف - مدار واقعی



ب- نقشه‌ی فنی

شکل ۹۶-۲ جریان مدار سری همواره ثابت

نکته :

ولتاژ منابع تغذیه‌ی DC را در مدارها با حروف E یا V نمایش می‌دهند.

برای جریان در مدار سری می‌توانیم رابطه‌ی زیر را بنویسیم:

$$I_{A_1} = I_{A_2} = I_{A_3} = I_{A_4} = I_T$$

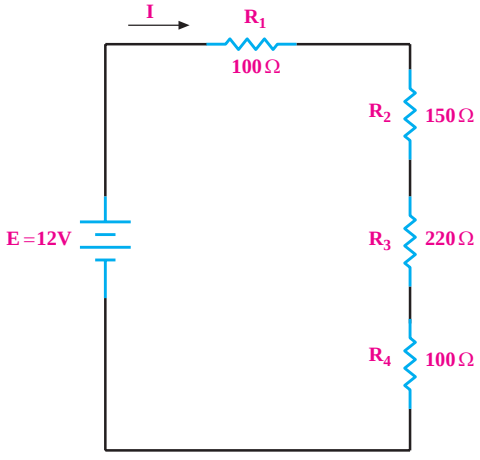
یعنی :

$$I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_T$$

طبق قانون اهم، جریان کل در مدار سری شکل ۹۶-۲ برابر است با:

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$$

مثال ۲۱: در شکل ۹۷-۲ جریان هر یک از مقاومت‌های مدار و جریان کل مدار چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۹۷-۲ محاسبه‌ی جریان در مدار سری

حل:

مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$
$$R_T = ۱۰۰ + ۱۵۰ + ۲۲۰ + ۱۰۰ = ۵۷۰\Omega$$

با استفاده از قانون اهم، جریان مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$I = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \frac{E}{R_T}$$

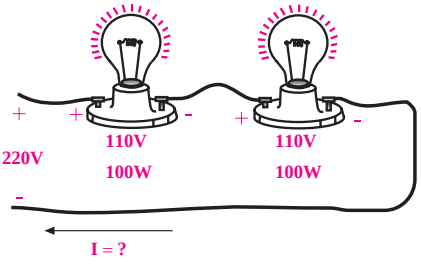
$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{۱۲}{۵۷۰} = ۰/۰۲۱A \Rightarrow I = ۰/۰۲۱A$$

برای تبدیل جریان بر حسب میلی‌آمپر، مقدار جریان بر حسب آمپر را در عدد ۱۰۰۰ ضرب می‌کنیم:

$$۱A = ۱۰۰۰mA = ۱۰^۳ mA$$

$$I = ۰/۰۲۱ \times ۱۰۰۰ = ۲۱mA \Rightarrow I = ۲۱mA$$

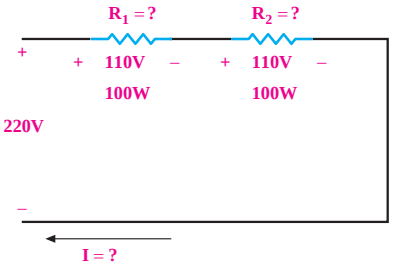
مثال ۲۲: در شکل ۹۸-۲ دو عدد لامپ ۱۱۰ ولت، ۱۰۰ وات با هم سری شده‌اند و به ولتاژ ۲۲۰ ولت اتصال دارند. جریان عبوری از هر لامپ چند آمپر است؟



شکل ۹۸-۲

حل:

می‌توانیم به جای دو عدد لامپ، دو عدد مقاومت در نظر بگیریم و به جای مدار عملی شکل ۹۸-۲ از نقشه‌ی فنی مدار شکل ۹۹-۲ برای محاسبات استفاده کنیم.



شکل ۹۹-۲

برای حل مسئله سه روش وجود دارد، روش اول استفاده از رابطه‌ی P=EI است.

توجه

در یک مدار سری، توان کل مصرفی برابر با مجموع توان‌های مصرفی دو سر هر مصرف‌کننده است.

$P_T = P_۱ + P_۲$

راه حل اول: ابتدا توان کل را به دست می‌آوریم:

$$P_T = ۱۰۰ + ۱۰۰ = ۲۰۰W$$

رابطه‌ی توان را بر حسب ولتاژ و جریان می‌نویسیم و جریان مدار را با استفاده از مقادیر توان و ولتاژ محاسبه می‌کنیم:

$$P_T = I.V$$

$$I = \frac{P_T}{V} = \frac{۲۰۰}{۲۲۰} = ۰/۹۱A \Rightarrow I = ۰/۹۱A$$

راه حل دوم: استفاده از رابطه‌ی $P = \frac{V^۲}{R}$ ابتدا مقاومت اهمی هر یک از مصرف کننده‌ها را با استفاده از رابطه‌ی توان محاسبه می‌کنیم:

$$P_۱ = \frac{V_۱^۲}{R_۱}$$

$$R_۱ = \frac{V_۱^۲}{P_۱} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۱۰۰} = ۱۲۱\Omega$$

برای مقاومت $R_۲$ نیز با همین روش عمل می‌کنیم:

$$R_۲ = \frac{V_۲^۲}{P_۲} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۱۰۰} = ۱۲۱\Omega$$

مقدار مقاومت کل را محاسبه می‌کنیم:

$$R = R_۱ + R_۲ = ۱۲۱ + ۱۲۱ = ۲۴۲\Omega$$

جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$I=\frac{V}{R_T}=\frac{۲۲۰}{۲۴۲}=۰/۹۱A \Rightarrow I=۰/۹۱A$$

راه حل سوم: می‌دانیم جریان در مدار سری یکسان است :

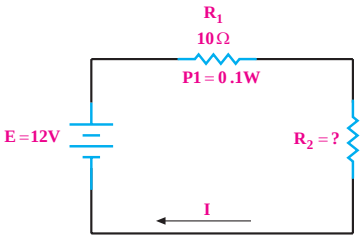
$$I=I_۱=I_۲$$

با استفاده از رابطه‌ی $I=\frac{P}{V}$ مقدار I را محاسبه می‌کنیم:

$$I=\frac{P_۱}{V_۱}=\frac{۱۰۰}{۱۱۰}=۰/۹۱A \Rightarrow I=۰/۹۱A$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، مقدار جریان از سه روش یکسان است.

مثال ۲۳: در شکل ۱۰۰-۲ مقاومت $R_۲$ چند اهم است؟



شکل ۱۰۰-۲

حل:

رابطه‌ی توان را برای $R_۱$ می‌نویسیم:

$$P_۱=V_۱.I_۱=R_۱.I^۲$$

مقادیر $R_۱$ و P را در رابطه قرار می‌دهیم و مقدار I را محاسبه می‌کنیم:

$$۰/۱=۱۰I^۲ \Rightarrow I^۲=\frac{۰/۱}{۱۰}=۰/۰۱$$
$$I=۰/۱A$$

ولتاژ دو سر $R_۱$ را به دست می‌آوریم:

$$V_۱=R_۱.I=۱۰\times۰/۱=۱V$$

با استفاده از قانون حلقه‌ی KVL مقدار ولتاژ $V_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$E-V_۱-V_۲=۰$$
$$۱۲-۱-V_۲=۰ \Rightarrow V_۲=۱۱(V)$$

با استفاده از قانون اهم مقدار $R_۲$ را به دست می‌آوریم:

$$V_۲=R_۲.I \Rightarrow ۱۱=R_۲\times۰/۱$$
$$R_۲=\frac{۱۱}{۰/۱}=۱۱۰\Omega \Rightarrow R_۲=۱۱۰\Omega$$

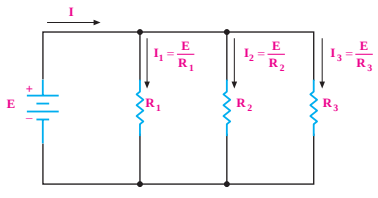
۲-۱۰-۲ محاسبه جریان و توان در مدار موازی

جریان در هر شاخه‌ی یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت‌های هر شاخه تقسیم می‌شود، زیرا طبق قانون اهم، $I=\frac{V}{R}$ است.

در مدار موازی جریانی که از منبع کشیده می‌شود، بین مقاومت‌ها تقسیم می‌شود. یا به عبارت دیگر داریم:

$I=$	$I_۱$	$+I_۲$	$+I_n$
جریانی که از منبع کشیده می‌شود	جریان عنصر اول	جریان عنصر دوم	جریان عنصر n ام

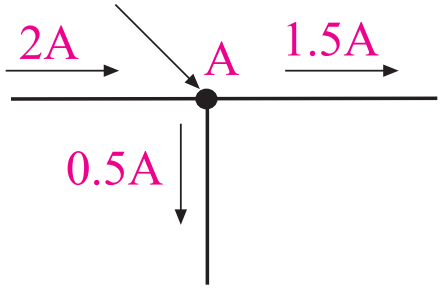
جریان در مدار موازی بین عناصر به نسبت عکس مقدار اهمی مقاومت‌ها تقسیم می‌شود، شکل ۱۰۱-۲ .



شکل ۱۰۱-۲ جریان I به نسبت عکس مقدار اهمی مقاومت‌ها تقسیم می‌شود.

۳-۱۰-۲- قانون جریان کریشهف(KCL)

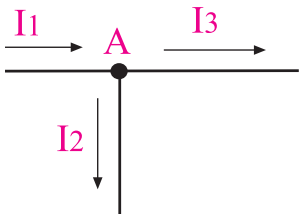
طبـق این قانون (KCL) جمع جبـری جریان‌هایی که در یک مدار الکتریکی به یک نقطه وارد می‌شـوند برابر با صفر است، یا به معنی دیگر، جمع جریان‌هایی که به یک نقطه وارد می‌شـوند برابر جمع جریان‌هایی اسـت که از آن نقطه خارج می‌شوند، شکل ۲-۱۰۲.



شکل ۲-۱۰۲

در شـکل ۲-۱۰۲ جریانی برابـر ۲ آمپر به نقطه‌ی A وارد می‌شـودو جریان‌های ۰/۵ و ۱/۵ آمپـری (۰/۵ A + ۱/۵ A) از آن نقطه خارج می‌شـود. جریان‌هـای وارده به نقطه یا گره (NODE) را معمـولاً با علامت مثبت(+) و جریان‌هایی که از نقطه یا گره خارج می‌شوند با علامت منفی(-) نشان می‌دهند.

همان‌طور که در شـکل ۲-۱۰۳ مشاهده می‌شود، مجموع جریان‌هـای ورودی به گره ۲A و جریان خارج شـده از گره نیز ۲A است.



شکل ۲-۱۰۳

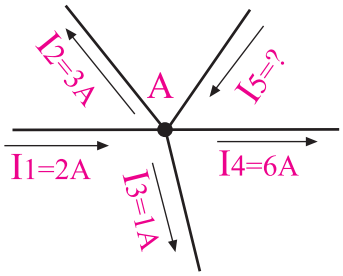
$$I_1-I_2-I_3=0$$

رابطه‌ی بالا را به صورت زیر نیز می‌توانیم بنویسیم:

$$\sum I=0$$

می‌خوانیم: زیگمای I برابر صفر است.

مثال ۲۴: در شکل ۲-۱۰۴ جریان I۵ چند آمپر است؟



شکل ۲-۱۰۴

حل:

قانون KCL را در گره A می‌نویسیم:

$$I_1-I_2-I_3-I_4+I_5=0$$

به جای جریان‌ها مقدار عددی می‌گذاریم:

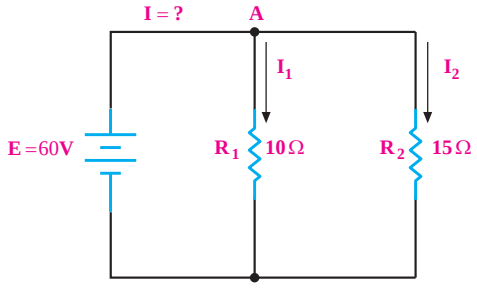
$$2-3-1-6+I_5=0$$

جریان I۵ را به دست می‌آوریم:

$$2-10+I_5=0$$

$$I_5=8\ A$$

مثال ۲۵: در شکل ۲-۱۰۵ جریان I چند آمپر است؟



شکل ۲-۱۰۵

حل:

قانون KCL را در گره A می‌نویسیم:

$$I-I_1-I_2=0$$

مقدار جریان I_1 و I_2 را با استفاده از قانون اهم محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{۶۰}{۱۰} = ۶A \Rightarrow I_1 = ۶A$$

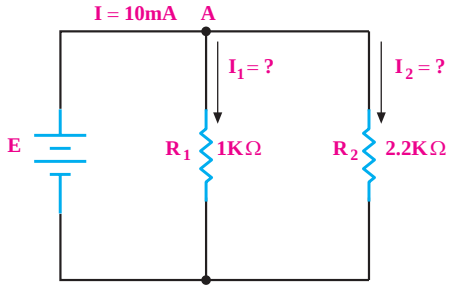
$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{۶۰}{۱۵} = ۴A \Rightarrow I_1 = ۴A$$

مقادیر I_1 و I_2 را در رابطه‌ی KCL قرار می‌دهیم و مقدار I را حساب می‌کنیم:

$$I-۶-۴=۰$$

$$I-۱۰=۰ \Rightarrow I=۱۰A$$

مثال۲۶: در شکل ۱۰۶-۲ مقدار جریان‌های I_1 و I_2 را به دست آورید.



شکل ۱۰۶-۲

راه حل اول:

با توجه به مقادیر R_1 و R_2، مقدار R_T را محاسبه می‌کنیم:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۱۰۰۰ \times ۲۲۰۰}{۱۰۰۰ + ۲۲۰۰} = ۶۸۷/۵\Omega$$

ولتاژ E را محاسبه می‌کنیم:

$$E = ۶۸۷/۵ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۳} = ۶/۸۷۵V$$

با توجه به این که مدار موازی است و ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 برابر با E است، مقادیر I_1 و I_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{۶/۸۷۵}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۶۸۷۵\,A = ۶/۸۷۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_1 = ۶/۸۷۵\,mA$$
$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{۶/۸۷۵}{۲۲۰۰} = ۰/۰۰۳۱۲۵\,A = ۳/۱۲۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_2 == ۳/۱۲۵\,mA$$

راه حل دوم: با استفاده از روابط زیر که به تقسیم جریان بین دو شاخه‌ی موازی مشهور است می‌توانیم جریان‌های I_1 و I_2 را محاسبه کنیم:

$$I_1 = I\frac{R_2}{R_1+R_2} \quad \text{و} \quad I_2 = I\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

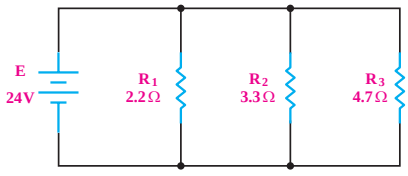
ابتدا مقدار I_1 را محاسبه می‌کنیم:

$$I_1 = ۱۰mA\frac{۲۲۰۰}{۱۰۰۰+۲۲۰۰} = ۶/۸۷۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_1 = ۶/۸۷۵\,mA$$

مقدار جریان I_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$I_2 = ۱۰mA\frac{۱۰۰۰}{۱۰۰۰+۲۲۰۰} = ۳/۱۲۵\,mA$$
$$\Rightarrow I_2 = ۳/۱۲۵\,mA$$

مثال۲۷: توان تلف شده در هر مقاومت شکل ۱۰۷-۲ و توان مصرفی کل مدار چند وات است؟



شکل ۱۰۷-۲

حل:

با استفاده از رابطه‌ی مقدار توان را در هر یک از مقاومت‌ها محاسبه می‌کنیم:

$$P_1 = \frac{E^2}{R_1} = \frac{(24)^2}{2/2} = 261/8W \Rightarrow P_1 = 261/8W$$

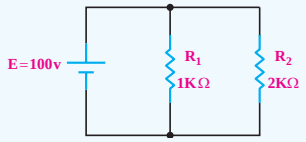
$$P_2 = \frac{E^2}{R_2} = \frac{(24)^2}{3/3} = 174/5W \Rightarrow P_2 = 174/5W$$

$$P_3 = \frac{E^2}{R_3} = \frac{(24)^2}{4/7} = 122/5W \Rightarrow P_3 = 122/5W$$

توان کل برابر است با مجموع توان‌های مصرفی در هر مقاومت:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$
$$P_T = 261/8 + 174/5 + 122/5 = 558/8W$$
$$R_T = 558/8W$$

تمرین کلاسی ۵: توان تلف شده در هر مقاومت در شکل ۱۰۸-۲ و توان مصرفی کل مدار چند وات است؟



شکل ۱۰۸-۲

نکته ۱: برای اندازه‌گیری جریان در مدارهای الکتریکی از آمپرمتر استفاده می‌شود.

نکته ۲: در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی آمپرمتر به صورت سری با مقاومت و سایر قطعات قرار می‌گیرد.

۱۱-۲ دستگاه اندازه‌گیری جریان «میلی‌آمپرمتر»

برای اندازه‌گیری جریان، ابتدا کلید سلکتور اصلی را در حالت DC قرار می‌دهیم، اگر حدود جریان مورد اندازه‌گیری از قبل مشخص باشد، رنج مناسب را انتخاب می‌کنیم. مثلاً اگر جریان مورد اندازه‌گیری حدود ۲ mA باشد، رنج را در حالت ۳ mA یا ۵ mA قرار می‌دهیم و مقدار جریان را اندازه می‌گیریم. چنان‌چه مقدار تقریبی جریان از قبل مشخص نباشد، ابتدا رنج میلی‌آمپرمتر را در بیش‌ترین مقدار خود می‌گذاریم و به تدریج مقدار رنج را کم‌تر می‌کنیم تا انحراف عقربه در حد مناسب باشد.

هنگام تغییر رنج آمپرمتر، حتماً آمپرمتر را از مدار جدا کنید.

هر آمپرمتر مقداری مقاومت داخلی دارد که به علت وجود مقاومت، ممکن است مقدار جریان اندازه‌گیری شده در دو رنج مختلف، تفاوت داشته‌باشد.

انتخاب رنج مناسب در اندازه‌گیری جریان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

اندازه‌گیری جریان در مولتی‌مترهای دیجیتالی، معمولاً به صورت اتوماتیک نیست. در هنگام اندازه‌گیری جریان باید تغییر رنج(حوزه‌ی کار) به صورت دستی انجام شود. برای اندازه‌گیری جریان در این دستگاه‌ها، ابتدا سلکتور را در

مقدار ماکزیمم قرار دهید. اگر مقدار جریان توسط تمامی ارقام صفحه‌ی نمایش نشان داده نشد، مولتی‌متر را از مدار جدا کنید سپس رنج مولتی‌متر را به تدریج کم کنید.

درضمن در بسیاری از مولتی‌مترها، ترمینال جریان از ترمینال ولتاژ جدا است. در این دستگاه‌ها باید جریان را به ترمینال mA و com اعمال کرد.

اگر حدود جریان مورد اندازه‌گیری از قبل مشخص باشد، رنج مناسب را انتخاب کنید. چنان‌چه مقدار تقریبی جریان از قبل مشخص نبود، ابتدا رنج آمپرمتر را در بیش‌ترین مقدار خود قراردهید.

در شکل ۱۰۹-۲ یک نمونه میلی‌آمپرمتر مالتی رنج با ۱۰ رنج مختلف نشان داده شده است.

شکل ۱۰۹-۲ یک نمونه میلی‌آمپرمتر آزمایشگاهی

این نمونه میلی‌آمپرمتر آزمایشگاهی است و گران قیمت است. برای اندازه‌گیری از مولتی‌متر استفاده کنید.

۲-۱۲ آزمایش شماره‌ی (۳)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۲-۱۲-۱ هدف آزمایش:

اندازه‌گیری جریان در مدارهای سری و موازی و تحقیق عملی قانون KCL، تأثیر تغییر ولتاژ روی مقاومت VDR

۲-۱۲-۲ تجهیزات ، ابزار، قطعات و مواد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات	تعداد/ مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A-۱۵V-۰	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	مقاومت‌های ۲۲۰Ω، ۵۶۰Ω از هر کدام	یک عدد
۴	مقاومت وابسته به ولتاژ (VDR)	یک عدد
۵	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم‌های یک سرگیره سوسماری	چهار رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

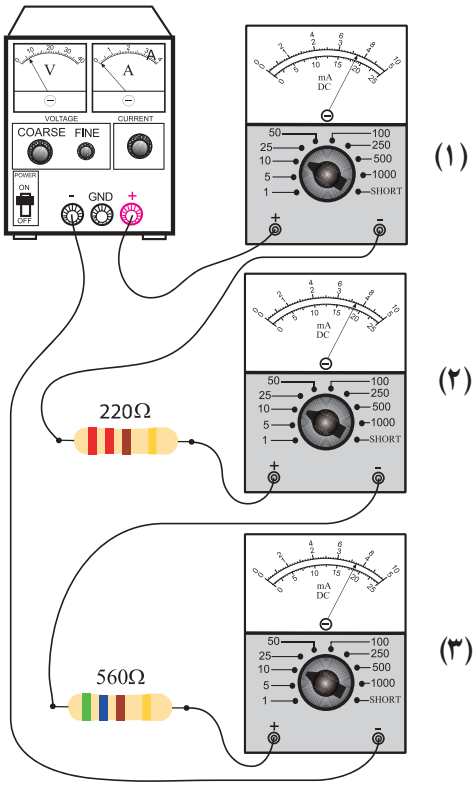
۲-۱۲-۳ مراحل اجرای آزمایش

موضوع الف- اندازه گیری جریان در مدار سری

- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مداری مطابق شکل ۱۱۰-۲ را روی بردبرد ببندید.

توجه

برای اندازه‌گیری جریان، فقط از یک مولتی‌متر و به صورت مرحله‌ای استفاده کنید.

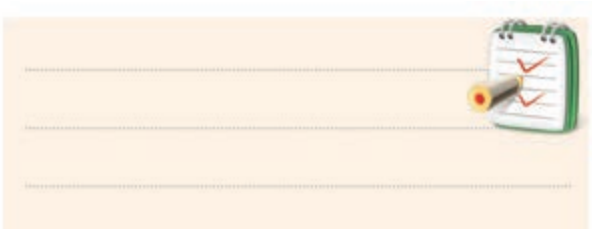


شکل ۲ـ۱۱۰

- رنج میلی‌آمپرمتر را روی ۱۰mA بگذارید.
- منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.
- جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت‌های مختلف نشان می‌دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{کل}=I_۱=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپر در حالت (۱) نشان می‌دهد.
$I_۲=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپر در حالت (۲) نشان می‌دهد.
$I_۳=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۱۹ : آیا هر سه جریان یکسان هستند ؟ چرا ؟ توضیح دهید؟



توجه

آمپرمتر در مدار به صورت سری به قطعات وصل می‌شود.

توجه

هنگام تغییر رنج آمپرمتر حتما آن را از مدار جدا کنید، یا جریان برق را قطع کنید.

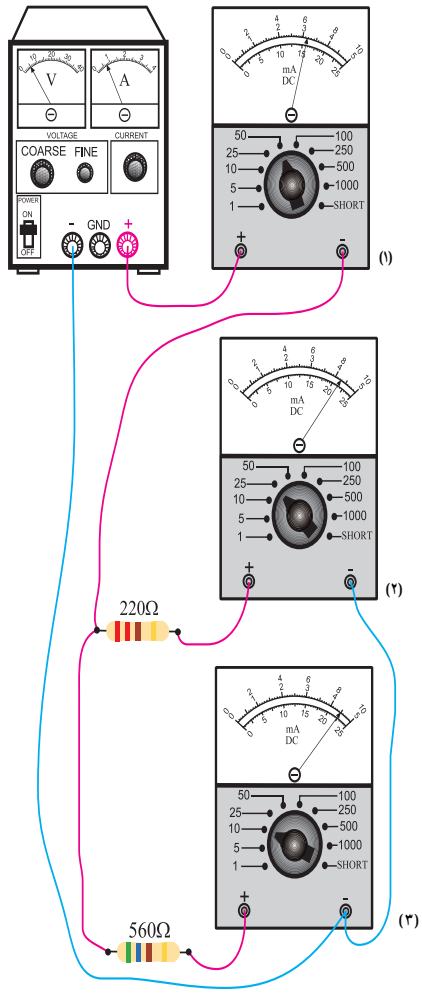
موضوع ب- تحقیق روی قانون KCL و اندازه‌گیری جریان در مدار موازی

- ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.
- مداری مطابق شکل ۱۱۱-۲ ببندید.
- میلی‌آمپر متر را ابتدا مطابق شکل ۱۱۱-۲به صورت سری به ورودی منبع تغذیه‌ی حالت (۱) اتصال دهید و مقدار جریان مدار را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$I_{کل}=I_۱=$ ..... mA

توجه

در هر مرحله که مولتی‌متر (میلی‌آمپرمتر) را از مدار جدا می‌کنید، محل اتصال دو سیم مولتی متر را با یک قطعه سیم، اتصال کوتاه کنید.



شکل ۱۱۱-۲

■ طبق شکل ۱۱۱-۲ (حالت ۲)، میلی‌آمپرمتر را به طور سری به مقاومت ۲۲۰ Ω وصل کنید و جریان را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$I_۲$= ..... mA

طبق شکل ۱۱۱-۲ (حالت۳) میلی‌آمپرمتر را به طور سری به مقاومت ۵۶۰ Ω وصل کنید و جریان را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

$I_۳$= ..... mA

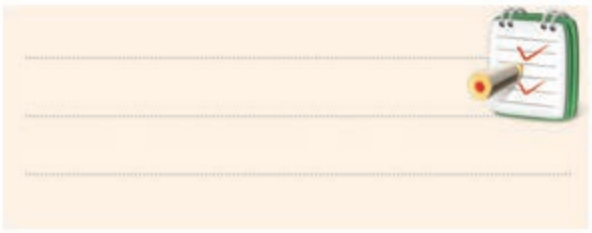
■ رنج میلی‌آمپرمتر حالت (۱) را روی ۵۰ mA قرار دهید.

■ ولتاژ خروجی منبع تغذیه را روی ۵ ولت تنظیم کنید.

■ مقادیری که میلی‌آمپر متر نشان می‌دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{کل}=I_۱=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۱) نشان می‌دهد.
$I_۲=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۲) نشان می‌دهد.
$I_۳=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سؤال ۲۰: با توجه به نتایج آزمایش بالا، رابطهٔ $I_۱=I_۲+I_۳$ تأیید می‌شود؟چرا؟ توضیح دهید.



■ ولتاژ منبع تغذیه را کمی کم کنید تا میلی‌آمپرمتر در حالت (۱) جریان ۱۰ mA را نشان دهد.

■ جریان‌های مقاومت ۲۲۰ Ω (حالت۲) و ۵۶۰ Ω را (حالت۳) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I_{کل}=I_۱=$ ۱۰ mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۱) نشان می‌دهد.
$I_۲=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۲) نشان می‌دهد.
$I_۳=$ ..... mA	جریانی که میلی‌آمپرمتر در حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۲۱: آیا رابطه‌ی $I_۱-I_۲-I_۳=۰$ (قانون KCL) با توجه به مقادیر به دست‌آمده در مدار شکل ۱۱۱-۲ صادق است؟ توضیح دهید.

سوال ۲۲: آیا رابطه‌ی تقسیم جریان به دو شاخه‌ی موازی در مدار شکل ۱۱۱-۲ صادق است؟توضیح دهید.

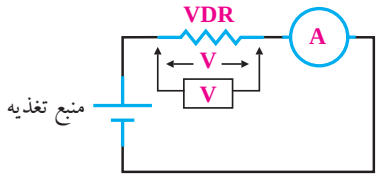
روابط تقسیم جریان بین دو شاخه‌ی موازی

$$\begin{cases} I_۲ = I_۱ \dfrac{R_۱}{R_۲ + R_۱} \\ I_۳ = I_۱ \dfrac{R_۲}{R_۲ + R_۱} \end{cases}$$

موضوع ج- بررسی اثر تغییرات ولتاژ روی مقاومت اهمی وابسته به ولتاژ(VDR)

در صورت موجود بودن مقاومت VDR و نیز دسترسی به منبع ولتاژ Dc با رنج بالا، این آزمایش را می‌توانید انجام دهید.

- مقدار ولتاژ ورودی منبع تغذیه را روی ۳۰ ولت تنظیم کنید.
- مدار شکل ۱۱۲-۲ را روی بردبرد ببندید.



۱۱۲-۲

- یک ولت‌متر به طور موازی به دو سر مقاومت VDR وصل کنید و ولتاژ دو سر آن را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{VDR}=$ ..... (V)

- با تغییر ولتاژ منبع تغذیه مطابق جدول زیر، در هر مرحله مقدار ولتاژ دو سر مقاومت و نیز جریان عبوری از مدار را اندازه بگیرید و در جدول ۵-۲ یادداشت کنید.

جدول ۵-۲

مرحله	$E_{(volt)}$	$V_{VDR(V)}$	$I_{(A)}$	$R_{VDR(\Omega)}$
۱	۳۰			
۲	۵۰			
۳	۱۰۰			
۴	۱۵۰			

■ با استفاده از رابطه‌ی $R = \frac{V}{I}$ مقدار مقاومت VDR را در هر مرحله محاسبه کنید و در جدول ۵-۲ بنویسید.

سوال ۲۳: مقادیری را که برای مقاومت VDR در هر مرحله به دست آورده اید، مقایسه کنید و درباره‌ی نتیجه توضیح دهید.

۴-۱۲-۲ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فرا گرفته اید به اختصار شرح دهید.

الف -

ب-

ج-

۱۳-۲ پیل‌ها و باتری‌ها

پیل وسیله‌ای است که انرژی را به صورت انرژی شیمیایی ذخیره و هنگام تحویل به مصرف کننده، آن را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. از اتصال چند پیل الکتروشیمیایی، یک باتری تشکیل می‌شود. در بین عامه به اشتباه از اصطلاح باتری به جای پیل استفاده می‌شود.

۱-۱۳-۲ انواع پیل

در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان پیل‌ها را به دو دسته اولیه و ثانویه تقسیم کرد.

پیل‌های اولیه پیل‌هایی هستند که قابل شارژ مجدد نیستند و پس از اتمام عمر مفید، باید آن‌ها را دور انداخت. از پیل‌های اولیه که به صورت پیل یا باتری ساخته می‌شود می‌توان انواع باتری‌های ساعت مچی یا باتری‌های چراغ قوه را نام برد.

پیل‌های ثانویه پیل‌های قابل شارژ هستند. پس از خالی شدن، مجددا می‌توان آن‌ها را با جریان DC شارژ کرد.

پیل‌های ثانویه را به صورت باتری می‌سازند. از انواع باتری‌های ثانویه می‌توان به باتری خودرو اشاره کرد که در انواع مختلف ساخته‌می‌شود.

۲-۱۳-۲ پیل‌های اولیه

پیل‌های اولیه در صنعت اصطلاحا تحت عنوان «پیل‌های خشک» معروف هستند. و مهم ترین آن‌ها به شرح زیر است:

الف: پیل روی- کربن

پیل روی- کربن یکی از رایج ترین پیل‌ها و از انواع پیل اولیه و غیر قابل شارژ است. این پیل‌ها که در اندازه‌های قلمی، متوسط و بزرگ با کاربردهای گوناگون تولید و به بازار عرضه می‌شود. ولتاژ پیل روی- کربن ۱/۵ ولت است و به ابعاد پیل بستگی ندارد. به پیل روی- کربن پیل لکلانشه نیز

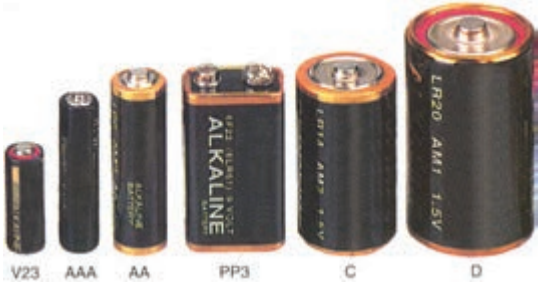
می گویند. شـکل ۱۱۳-۲ نمونه‌هایی از پیل‌های روی- کربن را نشان می‌دهد.

شکل ۱۱۳-۲ پیل‌های روی - کربن

در بازار به این نوع پیل‌ها به غلط باتری می‌گویند.

ب: پیل قلیایی (آلکالین)

ولتاژ پیل قلیایی مانند پیل روی- کربن ۱/۵ ولت اسـت. با ابعاد مشابه، پیل قلیایی می‌تواند گنجایش جریانی دو تا پنج برابر پیل روی- کربن را داشته باشد. همچنین در اثر کشیدن جریان، ولتاژ پیل قلیایی افت کم‌تری نسـبت به پیل روی- کربن دارد(زیـرا مقاومت داخلی کوچک‌تری دارد). بنابراین در جایی که جریان بیشـتر، همراه با عمر بیش‌تر، مورد نظر باشد می‌توان از باتری قلیایی به جای باتری روی- کربن اسـتفاده کرد. شـکل ۱۱۴-۲ چند نمونه از باتری قلیایی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱۴-۲ چند نمونه پیل قلیایی

ج: پیل‌های لیتیوم(Lithium)

نوع دیگری از پیل‌های یک بـار مصرف، پیل‌های لیتیوم هسـتند که اخیرا نوع قابل شارژ آن نیز سـاخته شده است. از ویژگی این نوع پیل‌ها، ولتـاژ خروجی زیاد(۲/۹ تا ۳/۷ ولت بسـتگی به الکترولیت آن)، طول عمر زیاد(۵ تا ۷ سال)، وزن کم و حجم کم آن است. از این رو از این باتری در ساعت‌های مچی و کاربردهای ویژه‌ی مشـابه اسـتفاده می‌شـود. شـکل ۱۱۵-۲ نمونه‌هایی از انواع پیل و باتری لیتیوم را نشان می‌دهد.

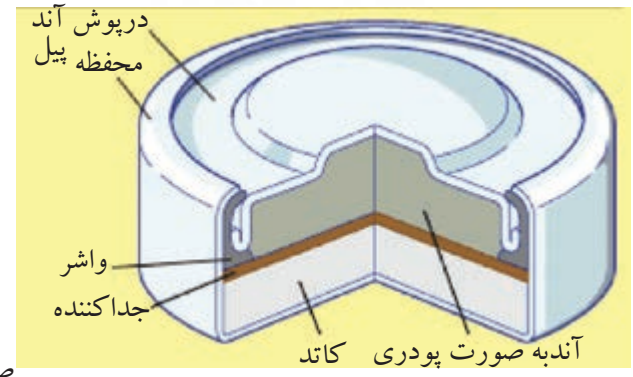
شکل۱۱۵-۲ انواع پیل و باتری لیتیوم

پیل‌های لیتیوم را به صورت باتری نیز می‌سازند .

د: پیل اکسید نقره

این نوع پیل از تولیدات دهه‌ی اخیر است که ولتاژی برابر ۱/۵ ولت دارد. پیل اکسـید نقره در ابعاد بسیار کوچک تولید می‌شـود، به همین جهت در سـاعت‌های مچی یا دستگاه‌های مشـابه کوچک کـه با باتـری ۱/۵ ولـت کار می‌کنند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

پیل‌های اکسید نقره در وسایل الکترونیک با ابعاد کوچک مانند ماشین حساب جیبی نیز کاربرد دارد. شکل ۱۱۶-۲ شکل ظاهری چند نمونه پیل و ساختمان داخل آن را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱۶-۲ شکل ظاهری چند نمونه پیل اکسید نقره و ساختمان داخلی آن

الساندرو ولتا(۱۸۲۷-۱۷۴۵) واحد اختلاف پتانسیل (ولتاژ) به نام اوست و پیل روی- کربن (ولتا) را ساخته است.

۳-۱۳-۲ پیل‌های ثانویه

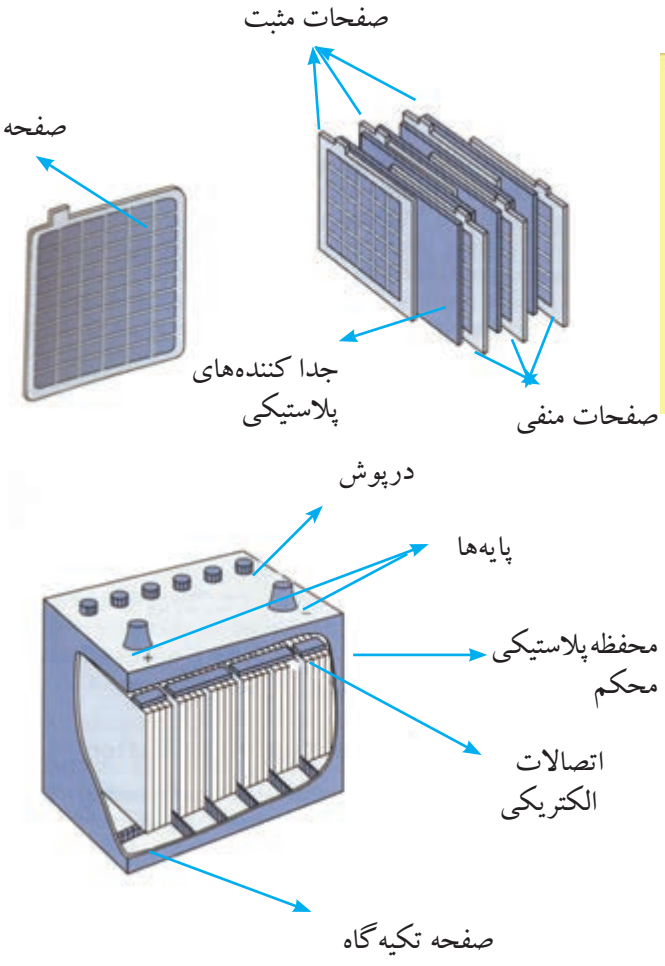
پیل‌های ثانویه، قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند.

از انواع این نوع پیل‌ها می‌توان پیل‌های سرب- اسید و نیکل- کادمیوم را نام برد.

پیل سرب- اسید

پیل سرب- اسید یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین پیل‌ها و از نوع ثانویه و قابل شارژ شدن است. در باتری های به کار رفته در اکثر اتومبیل‌ها از این نوع پیل استفاده می‌شود.

در شکل ۱۱۷-۲ ساختمان داخلی باتری سرب- اسید را مشاهده می‌کنید که معمولا در اتومبیل به کار می‌رود.



شکل ۱۱۷-۲ ساختمان باتری سرب - اسید

پیل‌های نیکل- کادمیوم

این پیل نیز از انواع پیل‌های ثانویه است و قابلیت شارژ شدن را دارد. ولتاژ نامی این پیل دربار کامل ۱/۲ ولت و در حالت بی‌باری ۱/۳ تا ۱/۳۸ ولت است. میزان جریان دهی لحظه‌ای

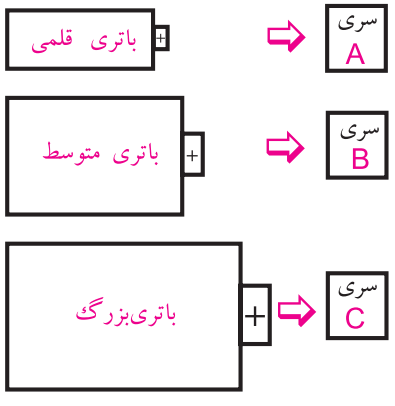
این پیل خیلی زیاد اســت به دفعات بسیار زیاد می‌تواند شارژ شــود. این پیل را می‌توان به‌طور کامل تخلیه و مجددا شــارژ کرد. باتری بســیاری از اتومبیل‌هــای جدید و همچنین بعضی از تلفن‌های همراه از ترکیب پیل‌های نیکل- کادمیوم است.

معمــولا بــر روی پیل‌هــای نیــکل ـ کادمیــوم واژه «RECHARGABLE» به معنی قابل شارژ شدن را می‌نویسند. در شکل ۱۱۸-۲ نمونه‌هایی از پیل‌های نیکل - کادمیوم نشان داده شده است.

شکل ۱۱۸-۲ پیل نیکل کادمیوم

انــدازه‌ی باتری‌های کوچک که مصــرف خانگی دارند مانند رادیوهای کوچک، ساعت و غیره را با حروف مشخص می‌کنند.

مثلاً باتری AA بزرگ‌تر از AAA است. در شکل ۱۱۹-۲ نام انواع باتری‌های خانگی در زیر هر یک نوشته شده است.



شکل ۱۱۹-۲ نمادهای انواع پیل های قلمی ، متوسط و بزرگ

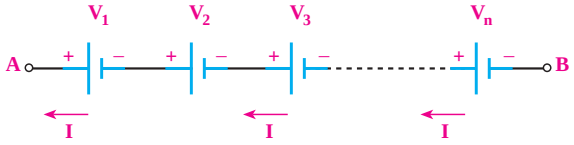
۲-۱۴ اتصال پیل‌ها

۲-۱۴-۱ اتصال سری پیل‌ها

اگــر پیل‌ها را طوری بــه هم وصل کنیم کــه قطب منفی هریک به قطب مثبت‌دیگری اتصال داشــته باشد و این روش اتصال تــا آخرین پیل ادامه یابد، این نــوع اتصال را «**اتصال سری**» موافق پیل‌ها می‌نامند، شکل ۱۲۰-۲ .

شکل ۱۲۰-۲ اتصال سری پیل‌ها

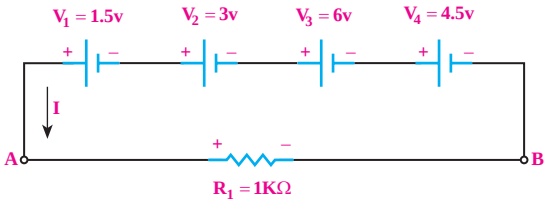
جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم ســری شده‌اند، برای همه‌ی پیل‌ها مســاوی است. ولتاژ کل پیل‌های سری در شکل ۱۲۱-۲ از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:



شکل ۱۲۱-۲ جریان عبوری از اتصال سری پیل‌ها

$$V_{AB} = V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots\ldots + V_n$$

مثال۲۸: هــرگاه چهار باتــری مانند شــکل ۱۲۲-۲ به صورت ســری موافق به هم وصل شــوند، ولتاژ کل مدار چه مقدار است؟



شکل ۱۲۲-۲ اتصال چهار باتری به صورت سری

حل:

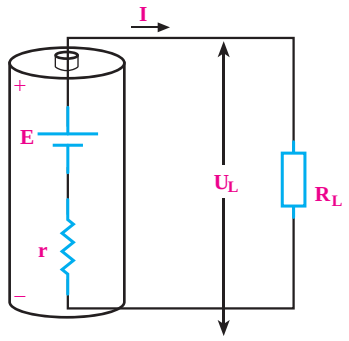
برای محاسبه‌ی ولتاژ کل باید ولتاژ هر یک از پیل‌ها را با هم جمع کنیم.

$$V_{AB} = V_۱ + V_۲ + V_۳ + V_۴$$
$$V_{AB} = ۱/۵ + ۳ + ۶ + ۴/۵$$
$$V_{AB} = V_T = ۱۵\,V$$

۲-۱۴-۲ مقاومت داخلی پیل‌ها

یک پیل را در نظر می‌گیریم و ابتدا به کمک ولت‌متر، ولتاژ دو سر پیل را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس این پیل را به دو سر مقاومت وصل می‌کنیم و مجددا ولتاژ دو سر پیل را اندازه می‌گیریم. از مقایسه‌ی ولتاژها در می یابیم که ولتاژ اندازه‌گیری شده در مرحله‌ی دوم از مرحله‌ی اول کم‌تر است. در صورتی که انتظار داشتیم ولتاژ اندازه‌گیری شده در هر دو مرحله یکسان باشد.

اختلاف ولتاژ حاصل شده در دو مرحله‌ی اندازه‌گیری را این گونه تعبیر می‌کنیم که باید حتما در داخل پیل، مقاومتی وجود داشته باشد که با عبور جریان، مقداری از ولتاژ پیل در دو سر آن افت کرده است و باعث کاهش ولتاژ خروجی پیل در مرحله‌ی دوم شده است. این مقاومت را «**مقاومت داخلی پیل**» می‌نامند، شکل ۲-۱۲۳. مقاومت داخلی پیل را با حرف r نمایش می‌دهند. این مقاومت همیشه با مصرف کننده به صورت سری قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۱۲۳ مقاومت داخلی باتری

توجه

در صورتی که بخواهیم ولتاژ کل را افزایش دهیم، پیل‌ها را به طور سری با هم می‌بندیم.

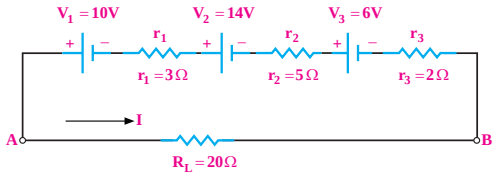
اگر پیل‌های سری شده را به صورت واقعی یعنی با مقاومت داخلی r، در نظر بگیریم، اثر مقاومت پیل‌ها در مدار مانند چند مقاومت ظاهر می شود.

مثال ۲۹: در شکل ۲-۱۲۴ سه باتری به صورت سری، یک مقاومت را تغذیه می‌کند، مطلوب است:

الف- ولتاژ کل مدار

ب- مقاومت داخلی کل باتری‌ها

ج- جریان عبوری از مقاومت R_L



شکل ۲-۱۲۴

حل:

ولتاژ کل را بدون در نظر گرفتن مقاومت‌های داخلی پیل‌ها محاسبه می‌کنیم:

الف)
$$V_T = V_۱ + V_۲ + V_۳$$
$$V_T = ۱۰ + ۱۴ + ۶ = ۳۰V$$

ب) چون مقاومت داخلی پیل‌ها به صورت سری با هم بسته‌شده اند، مقاومت معادل آن را به دست می‌آوریم.

$$r_T = r_۱ + r_۲ + r_۳$$
$$r_T = ۳ + ۵ + ۲ = ۱۰\Omega$$

ج) طبق قانون اهم جریان از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

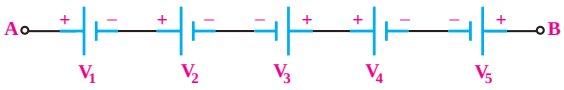
$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L + r_T} = \frac{۳۰}{۲۰+۱۰}$$
$$\Rightarrow I_L = ۱A$$

توجه

اگر ولتاژ پیل‌های سری شده با هم برابر باشند، ولتاژ کل آن‌ها از رابطه‌ی $V_T=n.V$ محاسبه می‌شود.

۲-۱۴-۳ اتصال متقابل(سری مخالف) پیل‌ها

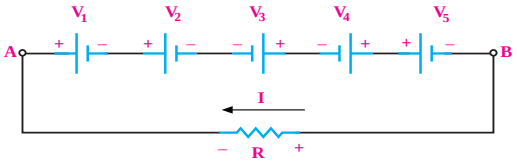
یکی دیگر از روش‌هایی که می‌توان پیل‌ها را به صورت سری به هم اتصال داد، حالت اتصال سری مخالف است. در این روش نحوهٔ اتصال قطب‌های مثبت و منفی پیل‌ها، ترتیب خاصی ندارد و ممکن است قطب‌های هم نام به هم وصل شوند و یا قطب‌های غیر هم نام به یکدیگر اتصال داده شوند. به عبارت دیگر در این نوع اتصال، تعدادی از پیل‌ها به صورت سری مخالف (منفی به منفی و مثبت به مثبت) بسته می‌شوند، شکل ۲-۱۲۵.



شکل ۲-۱۲۵

چنان‌چه بخواهیم برای افزایش ولتاژ یا افزایش جریان چند پیل را به صورت سری یا موازی ببندیم، باید مشخصات پیل‌ها، کاملا با هم مشابه باشد.

برای محاسبهٔ ولتاژ کل مدار،باید قطب‌های مثبت و منفی پیل‌ها و قطب‌های مثبت ومنفی افت ولتاژ دو سر مقاومت ها مشخص باشد.معمولاً قطب های مولد یامنابع از ابتدامشخص است.یک جهت قراردادی رابرای جریان مدار درنظر می گیریم و براساس جهت قراردادی جریان،قطب های افت ولتاژرادر مصرف کننده ها تعیین می کنیم.درنقطه‌ای که جریان وارد مصرف کننده می‌شود براساس جهت قراردادی جریان ،آن نقطه مثبت است.درحلقه بسته حرکت می کنیم وKvL رامی‌نویسیم،شکل ۲-۱۲۶.



شکل ۲-۱۲۶ پنج باتری به صورت متقابل وصل شده اند.

اگر جهت فلش جریان به قطب مثبت پیل وارد شود آن را مثبت و اگر به قطب منفی پیل وارد شود آن را منفی در نظر می‌گیریم. در مدار شکل ۲-۱۲۶ معادله‌ی KVL به صورت زیر نوشته می‌شود:

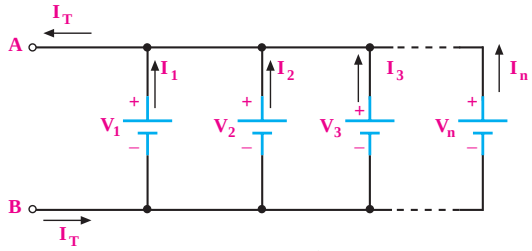
$$V_۱ + V_۲ - V_۳ - V_۴ + V_۵ + RI = ۰$$

توجه

در این مدار نیز به جهت قرار دادی جریان برای نوشتن KVL توجه شده است.

۲-۱۴-۴ اتصال موازی پیل‌ها

هر گاه تعدادی پیل را طوری به هم اتصال دهیم که قطب مثبت همهٔ پیل‌ها به یکدیگر و قطب منفی آن‌ها نیز به هم متصل شوند، این نوع اتصال را «**اتصال موازی**» می‌گویند، شکل ۲-۱۲۷ .



شکل ۱۲۷-۲

از اتصال موازی پیل‌ها زمانی استفاده می‌شود که جریان مورد نیاز بیشتر از میزان جریان دهی یک پیل باشد.

در اتصال موازی پیل‌ها، ولتاژ دو سر مدار ثابت است.

در اتصال موازی پیل‌ها داریم:

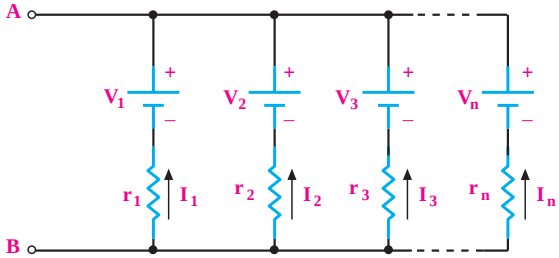
ولتاژ مدار= $V_{AB} = V_T = V_۱ = V_۲ = V_۳ = ... = V_n$

جریان دهی کل پیل‌ها= $I = I_۱ = I_۲ = I_۳ = ... = I_n$

از طرفی چون پیل‌ها از نظر ولتاژ یکسان هستند پس می‌توانیم بنویسیم:

$$I_۱ = I_۲ = I_۳ = ... = I_n \Rightarrow I_T = nI$$

اگر مقاومت داخلی هر پیل را نیز برابر در نظر بگیریم، مداری مطابق شکل ۱۲۸-۲ به دست می‌آید. در این مدار، مقاومت معادل پیل‌ها، مشابه مقاومت‌های موازی قابل محاسبه است و از رابطه‌ی زیر حساب می‌شود:



شکل ۱۲۸-۲

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{r_۱} + \frac{۱}{r_۲} + \frac{۱}{r_۳} + ... + \frac{۱}{r_n}$$

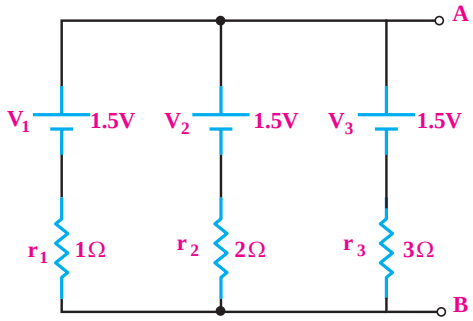
از طرفی چون پیل‌ها مساوی هستند، می‌توانیم از رابطه‌ی زیر نیز استفاده کنیم:

$$r_{AB} = r_T = \frac{r}{n}$$

مثال ۳۰: در مدار شکل ۱۲۹-۲ مطلوب است:

الف) کاربرد مدار

ب) مقاومت داخلی کل پیل‌ها از دو نقطه‌ی A و B



شکل ۱۲۹-۲

حل:

الف)چون پیل‌ها موازی هستند، جریانی بیشتر از جریان یک پیل به بار می‌رسد.

ب) مقاومت داخلی از رابطه‌ی مقاومت‌های موازی به دست می‌آید:

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{r_۱} + \frac{۱}{r_۲} + \frac{۱}{r_۳}$$

مقادیر مقاومت‌های داخلی پیل‌ها را در رابطه جایگزین می‌کنیم:

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۱}{۱} + \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{۳}$$

$$\frac{۱}{r_T} = \frac{۶+۳+۲}{۶} = \frac{۱۱}{۶}$$

$$r_T = ۰/۵۴\Omega$$

۲-۱۵ آزمایش شماره(۴)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۲-۱۵-۱ هدف آزمایش:

اتصال سری و موازی پیل‌ها به صورت عملی.

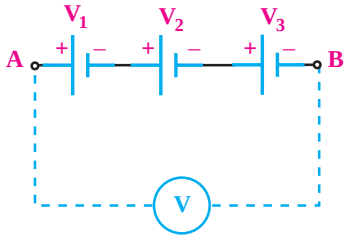
۲-۱۵-۲ تجهیزات ، ابزار ، قطعات و موارد مورد نیاز :

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	ولت متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	پیل قلمی ۱/۵ ولتی	سه عدد
۳	مقاومت ۱KΩ ، ۱W	یک عدد
۴	بردبرد	یک قطعه
۵	سیم های دو سرگیره سوسماری	پنج رشته
۶	سیم رابط تلفنی	به مقدار لازم
۷	سیم چین	یک عدد
۸	سیم لخت کن	یک عدد

۲-۱۵-۳ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف- به هم بستن سری پیل‌ها

■ با استفاده از ولت‌متر دیجیتالی، ولتاژ DC پیل‌ها را اندازه بگیرید و یادداشت کنید، شکل ۲-۱۳۰.



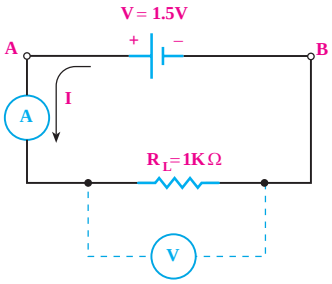
شکل ۲-۱۳۰

$V_1 = ...V$

$V_2 = ...V$

$V_3 = ...V$

■ مدار شکل ۲-۱۳۱ را روی برد برد ببندید.



شکل ۲-۱۳۱

■ ابتدا به کمک مولتی متر دیجیتالی، ولتاژ دو سر مقاومت R_L را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$V_{R_L} = ...V$

■ رنج دستگاه اندازه‌گیری را جهت اندازه‌گیری جریان آماده کنید.

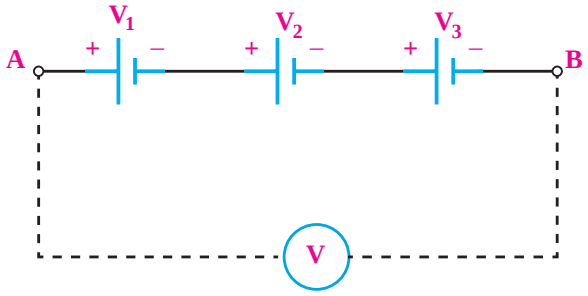
■ مولتی‌متر دیجیتالی را در حوزه‌ی کار آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار دهید و جریان را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$I_{R_L} = ...A$

سؤال ۲۴ : آیا ولتاژ اندازه‌گیری شدهٔ دو سر پیل با ولتاژ اندازه‌گیری شدهٔ دو سر مقاومت یکی است؟

در هر صورت پاسخ خود را شرح دهید.

■ سه پیل را به صورت مدار شکل ۱۳۲-۲ اتصال دهید.



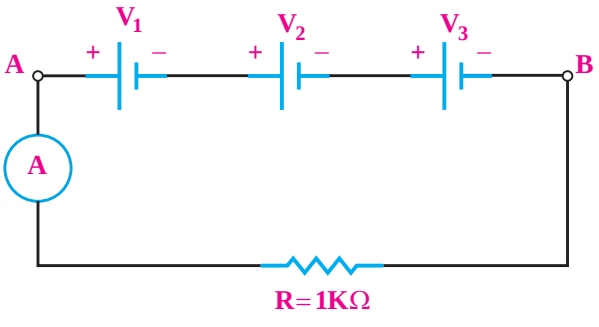
شکل ۱۳۲-۲

■ با ولت‌متر dc، ولتاژ دو نقطه‌ی A و B را اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

V_{AB} = ...V

سؤال ۲۵: از مقدار ولتاژ به دست آمده چه نتیجه ای می گیرید؟

■ یک مقاومت ۱KΩ را مانند شکل ۱۳۳-۲ به مدار اضافه کنید.



شکل ۱۳۳-۲

■ با مولتی‌متر دیجیتالی، ولتاژ دو سر مقاومت را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{R_L} = ...V

سؤال ۲۶: آیا بین مقدار این ولتاژ و V_{AB} که قبلاً اندازه‌گیری کردید، تفاوتی وجود دارد؟ چرا؟

■ مولتی‌متر دیجیتالی را برای اندازه‌گیری جریان در حوزهٔ کار آمپرمتر قرار دهید.

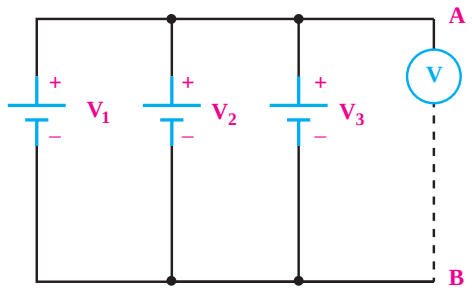
■ جریان مدار شکل ۱۳۳-۲ را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

I_{AB} = ...A

سؤال ۲۷: جریان در این مرحله که سه پیل در مدار وجود دارد نسبت به مرحله‌ای که فقط یک پیل در مدار وجود داشت، چه تغییری کرده‌است؟ شرح دهید.

موضوع ب- اتصال موازی پیل‌ها و اندازه‌گیری مقادیر ولتاژ و جریان

■ مدار شکل ۱۳۴-۲ را ببندید.



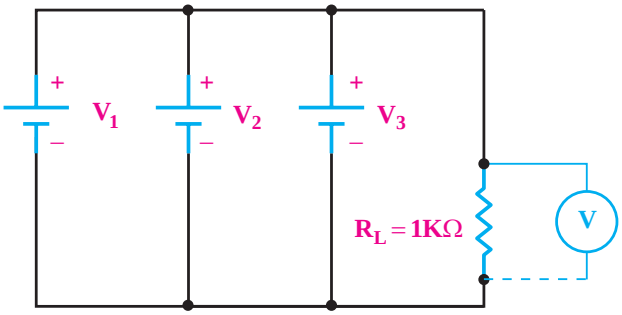
شکل ۱۳۴-۲

■ با مولتی‌متری که در حوزه‌ی کار ولت DC قرار دارد، ولتاژ دو نقطه‌ی A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{AB} = ...V

■ یک مقاومت ۱KΩ را با پیل‌ها موازی کنید.

■ ولتاژ دو سر مقاومت R_L را با استفاده از مولتی‌متر DC اندازه بگیرید و یادداشت کنید، شکل ۱۳۵-۲.



شکل ۱۳۵-۲

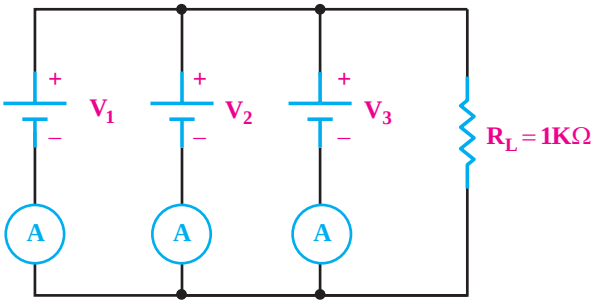
V_{R_L} = ...V

سوال ۲۸: ولتاژ اندازه‌گیری شده در این دو مرحله یکی هستند؟ چرا؟ توضیح دهید.

■ با استفاده از مولتی‌متر در حوزه‌ی کار آمپرمتر dc، جریان جاری شده در مقاومت R_L را اندازه‌بگیرید و یادداشت کنید.

I_L = ...A

■ مولتی‌متر را در حوزه‌ی کار آمپرمتر به تفکیک در مسیر پیل‌ها قرار دهید و مانند شکل ۱۳۶-۲، جریان هر یک از پیل‌ها را یادداشت کنید.



شکل ۱۳۶-۲

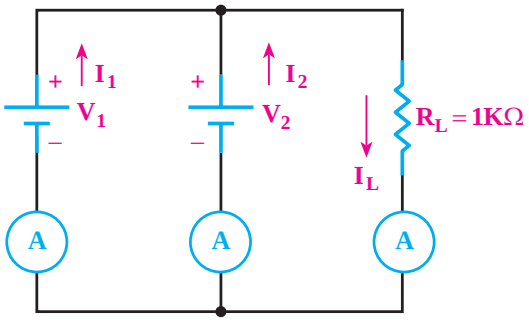
I_1 = ...

I_2 = ...

I_3 = ...A

سوال ۲۹: از مقایسه‌ی جریان‌ها در این دو مرحله چه نتیجه‌ای می گیرید؟ توضیح دهید.

■ مدار شکل ۱۳۷-۲ را با دو پیل و یک مقاومت ببندید.



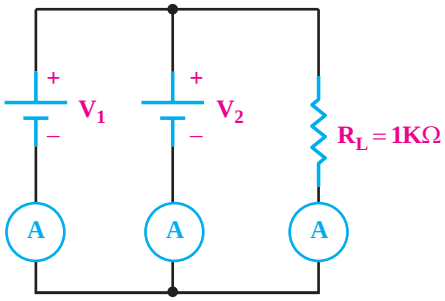
شکل ۱۳۷-۲

■ با استفاده از مولتی‌متر که در حوزه‌ی کار ولت‌متر DC قرار دارد، ولتاژ دو سر مقاومت R_L را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

V_{R_L} = ...V

سـوال ۳۰: آیا این ولتاژ با ولتاژ دو سر مقاومت R_L در حالی که سه پیل با هم موازی شده بودند، یکی است؟ چرا؟ توضیح دهید.

■ با استفاده از آمپرمتر dc جریان هر یک از شاخه‌ها را مانند شکل ۱۳۸-۲ اندازه بگیرید و یاداشت کنید.



شکل ۱۳۸-۲

$I_1 = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

$I_2 = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

$I_{R_L} = \ldots\ldots\ldots\ldots A$

سوال ۳۱: جریان‌های هر یک از پیل‌ها و جریان عبوری مقاومت بار در این مرحله چه تفاوتی با جریان‌های اندازه‌گیری شده‌ی مرحله‌ی قبل دارد؟ توضیح دهید.

۴-۱۵-۲ نتایج آزمایش:

آن‌چه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به طور اختصار شرح دهید.

الف -

ب-

ج-

صاحب نظران علم مدیریت معتقدند: اگر ۲۰ درصد زمان خود را صرف برنامه‌ریزی کنیم، با اطمینان بیش‌تری در مورد ۸۰ درصد زمان باقی‌مانده قدم برمی‌داریم.

آزمون پایانی فصل (۲)

۱- پیل‌های لیتیوم چند ولتی هستند؟

الف) ۱/۲ ب) ۱/۵

ج) ۳ د) ۶

۲- پیل‌های ۱/۵ ولت کوچک (مخصوص ساعت مچی) معمولا از کدام نوع پیل ساخته‌می‌شوند؟

الف) آلکالین ب) روی- کربن

ج) لیتیوم د) اکسید نقره

۳- پیل‌های اولیه‌ی قابل شارژ ..... و پیل‌های ثانویه قابل شارژ..... .

الف) هستند- نیستند ب) هستند- هستند

ج) نیستند- نیستند د) نیستند- هستند

۴- مزیت باتری‌های آلکالین بر باتری‌های روی- کربن کدام است؟

الف) حجم کم‌تر ب) ولتاژ بیش‌تر

ج) جریان دو تا ۵ برابر د) جریان دهی تا صد برابر

۵- مقدار مقاومت شکل ۱۳۸-۲ کدام است؟

شکل ۱۳۹-۲

الف) ۴۷۰Ω±٪۲۰ ب) ۴۷۰Ω±٪۱۰

ج) ۴۷۰MΩ±٪۲۰ د) ۴۷۰MΩ±٪۱۰

۶- مقاومت معادل شکل ۱۴۰-۲ چند اهم است؟

شکل ۱۴۰-۲

الف) ۲۲۰۰Ω±٪۱۰ ب) ۲۲۰Ω±٪۱۰

ج) ۲۲۰۰ Ω±٪۵ د) ۲۲۰Ω±٪۵

۷- ترمیستوری را که تغییر مقاومت آن با افزایش دما نسبت مستقیم دارد،..... می گویند.

۸- مقاومت‌های لایه‌ای معمولا از ترکیبات اکسید فلزی ..... و ..... ساخته می‌شوند.

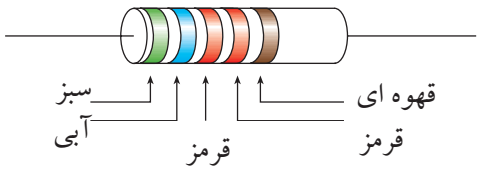
۹- مقاومت‌هایی که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت‌شان کاهش می‌یابد، NTC نام دارد.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۰ -تلرانس مقاومت‌های سری E۱۲ برابر ٪۱۰± است.

صحیح ❐ غلط ❐

۱۱- کدام گزینه مقدار اهم و تلرانس مقاومت شکل ۱۴۱-۲ را نشان می‌دهد؟



شکل ۱۴۱-۲

الف) ۵۶/۲ Ω±٪۲ ب) ۶/۸۴Ω±٪۱۰

ج) ۵۶/۲KΩ±٪۱ د) ۶/۸۴KΩ±٪۱

۱۲- در مدارهای الکتریکی آمپرمتر به صورت..... و ولت‌متر به صورت ..... قرار می گیرد.

الف) سری- سری ب) سری- موازی

ج) موازی- سری د) موازی- موازی

۱۳- ولتاژ هر پیل نیکل- کادمیوم حدود چند ولت است؟

الف) ۱/۵ ب) ۱/۳

ج) ۲ د) ۱/۳۵

۱۴-الکترود مثبت کدام یـک از باتری‌های زیر از جنس اکسید منگنز است؟

الف) سرب- اسید　　ب) روی- کربن

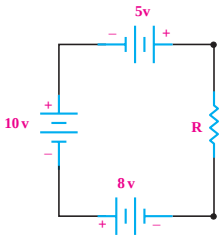
ج) قلیایی　　د) جیوه‌ای

۱۵- ولتاژ دو سر مقاومت در مدار شکل ۱۴۲-۲ چند ولت است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

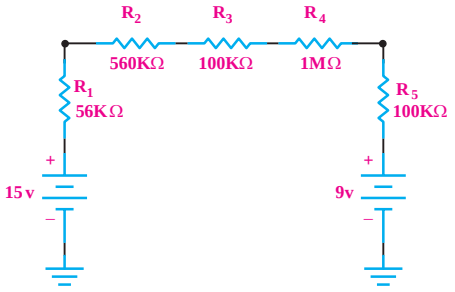
الف) ۷　　ب) ۱۳

ج) ۱۸　　د) ۲۳



شکل ۱۴۲-۲

۱۶- جریان در مدار شکل ۱۴۳-۲ چند میکرو آمپر است؟



شکل ۱۴۳-۲

مراحل محاسبه را بنویسید.

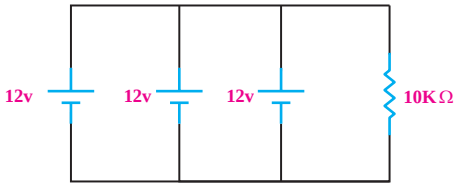
الف) ۳/۳　　ب) ۰/۰۲

ج) ۰/۰۴۵　　د) ۱۰

۱۷- توان مصرفی در مدار شکل ۱۴۴-۲ چقدر است؟

الف) ۱/۴۴mw　　ب) ۱۴/۴mw

ج) ۱/۴۴w　　د) ۱۴/۴w

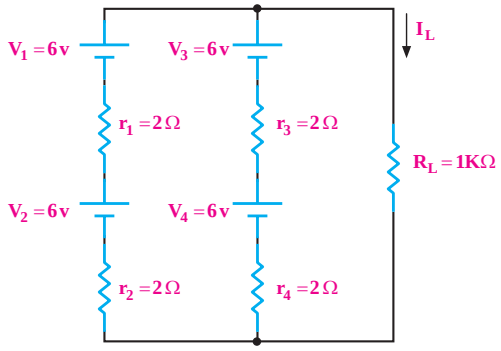


شکل ۱۴۴-۲

۱۸- جریـان عبـوری از مقاومت بار شـکل ۱۴۵-۲ چند میلی‌آمپر است؟

الف) ۱۱/۹　　ب) ۶

ج) ۳　　د) ۱۲/۴



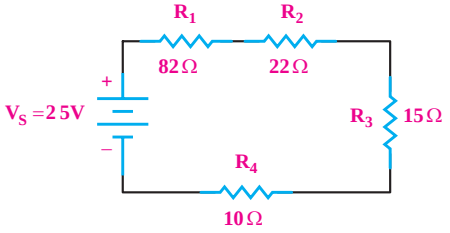
شکل ۱۴۵-۲

۱۹- جریان عبوری از مدار شـکل ۱۴۶-۲ چند میلی‌آمپر است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

الف) ۱۹۴ ب) ۴/۸

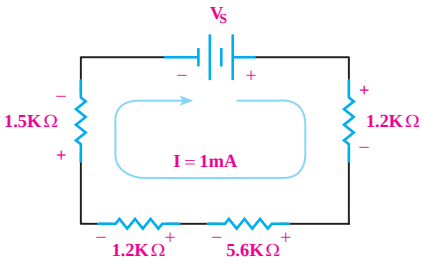
ج) ۶/۲ د) ۵/۶



شکل ۱۴۶-۲

۲۰- در مدار شـکل ۱۴۷-۲ ولتاژ V_S چند ولت اسـت؟

مراحل محاسبه را بنویسید.



شکل ۱۴۷-۲

الف) ۹/۵ ب) ۰/۹۵ ج) ۹۵ د) ۰/۰۹۵

۲۱- مقدار مقاومت R_4 در شـکل ۱۴۸-۲ چند اهم است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

الف) ۰/۸۸ ب) ۲/۲ ج) ۲۲۰ د) ۲۲