

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 می‌رود 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 به طور عملی اندازه بگیرد.
- 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 اهم‌تر 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.

ساعت آموزش 35:00			توانایی شماره
جمع	عملی	نظری	
۳۵	۱۸	۱۷	



پیش آزمون فصل (۲)

۸- برای اندازه گیری جریان در مدارهای الکتریکی از

..... استفاده می شود، که با سایر قطعات قرار می گیرد.

(الف) ولت متر - سری (ب) ولت متر - موازی

(ج) آمپر متر - سری (د) آمپر متر - موازی

۹- پیل های اولیه قابل شارژ نیستند.

صحيح ☐ غلط ☐

۱۰- پیل های قلیایی و نیکل - کادمیوم

هستند .

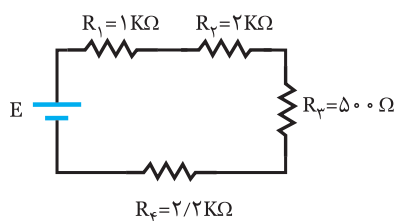
(الف) اولیه - ثانویه (ب) ثانویه - اولیه

(ج) اولیه - اولیه (د) ثانویه - ثانویه

۱۱- پیل ها را سری می کنند تا ولتاژ کل مدار را

دهند.

۱۲- مقاومت معادل شکل زیر را محاسبه کنید.



۱- واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است.

صحيح ☐ غلط ☐

۲- تolerانس مقاومت های سری E۱۲ برابر $\pm 10\%$ است.

صحيح ☐ غلط ☐

۳- ترمستوری را که تغییر مقاومت آن با افزایش دما

نسبت مستقیم دارد می گویند.

۴- واریستور مقاومتی وابسته به است.

(الف) حرارت (ب) نور (ج) ولتاژ (د) دما

۵- مقاومت معادل در یک مدار سری، از همی

مقاومت های موجود در مدار (بزرگ تر - کوچک تر) است.

۶- کدام یک از جملات زیر صحیح نیست؟

(الف) در مدار موازی، جریان شاخه ها مساوی است.

(ب) در مدار موازی، توان کل مدار برابر مجموع توان های

مصرف کننده ها است.

(ج) در مدار سری، ولتاژ کلیه مصرف کننده ها برابر با

ولتاژ منبع است .

(د) در مدار سری، توان کل مدار برابر مجموع توان های

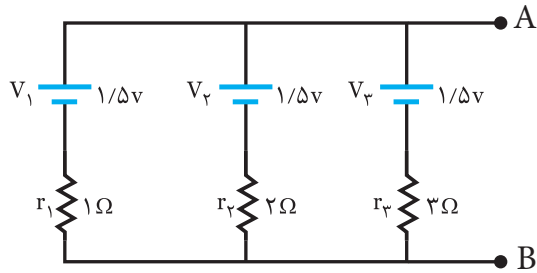
مصرف کننده ها است.

۷- ساختمان داخلی ولت متر DC را شرح دهید.

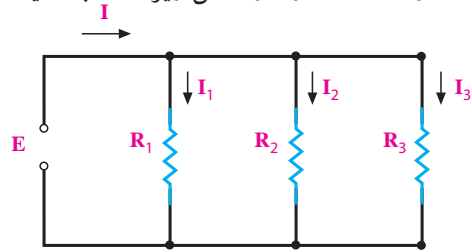


الف- کاربرد مدار

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

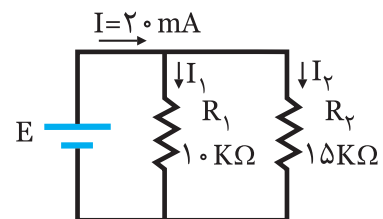


۱۳- مقاومت معادل را در شکل زیر محاسبه کنید.



۱۴- در مدار شکل زیر مطلوب است:

محاسبه ی جریان I_1 و I_2 .



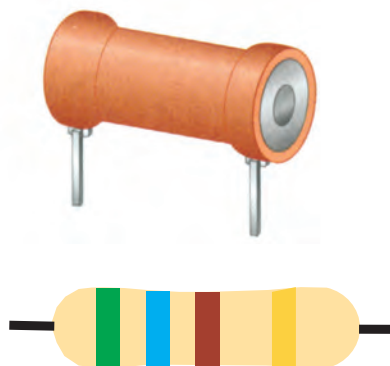
۱۵- در مدار شکل زیر، مطلوب است:

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 ۲-۱ یک نمونه مقاومت متغیر که مقدار آن با تغییر اهرم تغییر می‌کند را مشاهده می‌کنید. به این نوع مقاومت

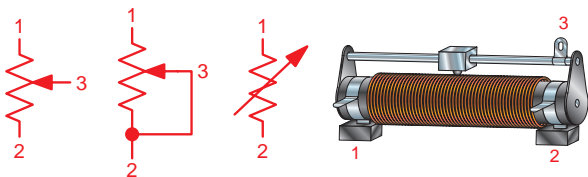
پتانسیومتر می‌گویند.



شکل ۲-۱ یک نمونه مقاومت متغیر

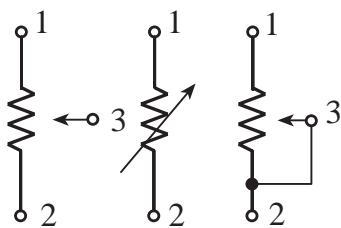
۲-۱-۲ رئوستا و پتانسیومتر

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 مقاومت‌ها در جریان‌های زیاد استفاده می‌کنند. در شکل ۲-۳ یک نمونه مقاومت متغیر سیمی نشان داده شده است.



شکل ۲-۳ یک نمونه مقاومت متغیر سیمی و نمادهای آن

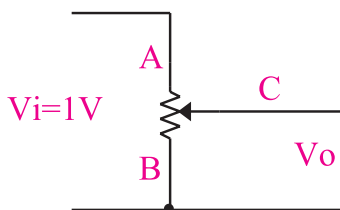
در اصطلاح به مقاومت‌های متغیر کوچک‌تر، پتانسیومتر می‌گویند. مقدار مقاومت اهمی این نوع مقاومت‌های متغیر را می‌توان با اهرمی که روی آن‌ها قرار دارد تغییر داد. در شکل ۲-۴ نمونه‌هایی از پتانسیومتر نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۲-۴ دیده می‌شود، مقاومت‌های متغیر از نظر ابعاد و شکل ظاهری از تنوع نسبتاً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



شکل ۲-۶ علامت قراردادی مقاومت متغیر

بیشترین کاربرد مقاومت‌های متغیر در تقسیم ولتاژ

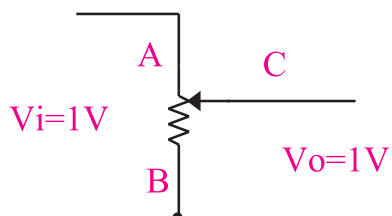
است. این روش اتصال در شکل ۲-۶ را پتانسیومتر می‌گویند. پتانسیومتر را برای تغییر حجم صدای یک وسیله صوتی به کار می‌برند. در شکل ۲-۷ با تغییر سر وسط مقاومت متغیر، می‌توان ولتاژ خروجی را از صفر تا یک ولت تغییر داد.



شکل ۲-۷ اتصال مقاومت متغیر به صورت پتانسیومتر

اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A قرار داشته باشد،

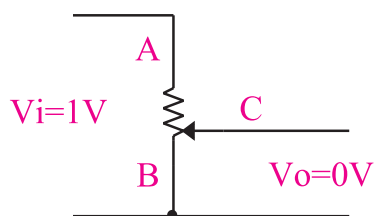
ولتاژ خروجی برابر با یک ولت می‌شود، شکل ۲-۸.



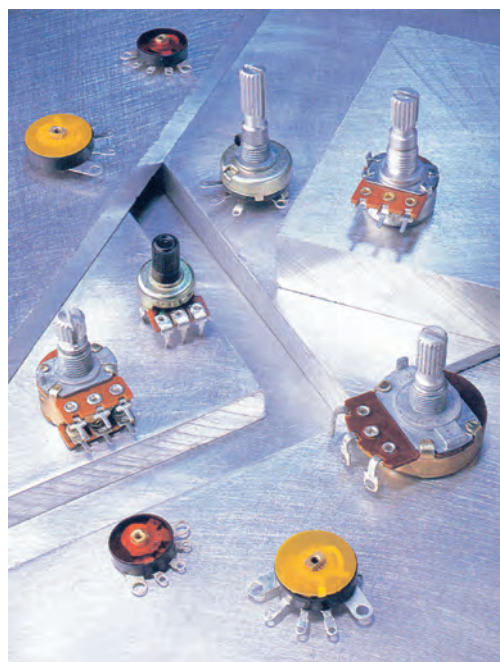
شکل ۲-۸ سر وسط پتانسیومتر در وضعیت A

اگر سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B قرار گیرد، ولتاژ

خروجی برابر با صفر ولت می‌شود، شکل ۲-۹.

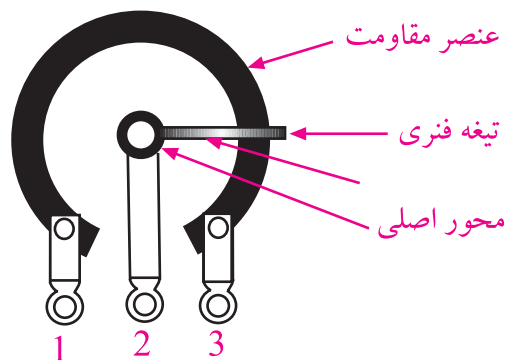


شکل ۲-۹ سر وسط پتانسیومتر در وضعیت B



شکل ۲-۴ 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 ۲-۵ نشان داده شده است. در این شکل مقاومت اهمی بین پایه ۱ و ۳ ثابت و مقاومت بین پایه ۲ و ۱ یا ۲ و ۳ با تغییر اهرم قابل تغییر است.



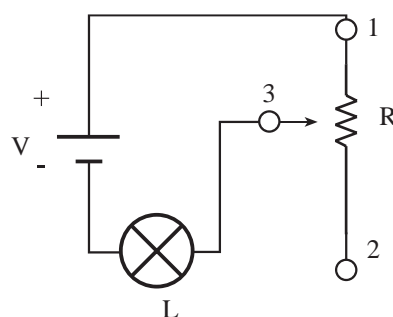
شکل ۲-۵ ساختمان داخلی مقاومت متغیر

علامت قراردادی برای نمایش یک مقاومت متغیر را در

شکل ۲-۶ ملاحظه می‌کنید.

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

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 پایه ی مقاومت متغیر استفاده می شود، شکل ۲-۱۰.



شکل ۲-۱۰ اتصال مقاومت متغیر به صورت رئوستا

هر گاه از یک پایه ی ثابت و پایه ی متغیر مقاومت متغیر استفاده شود، در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت رئوستایی قرار گرفته است.

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

(Thermistor – Thermally sensitive Resistor)

این مقاومت ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آن ها اثر می گذارد.

ترمیستورها در دو نوع:

NTC (Negative Temperature Coefficient) و

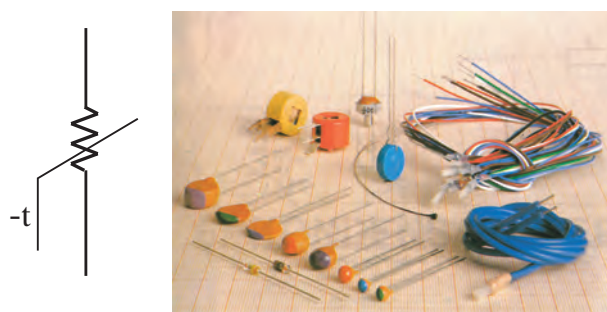
PTC (Positive Temperature Coefficient) وجود

دارند.

• مقاومت حرارتی NTC:NTC ترمیستوری است

که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت آن کاهش می یابد. در شکل ۲-۱۱ چند نمونه مقاومت NTC و علامت اختصاری

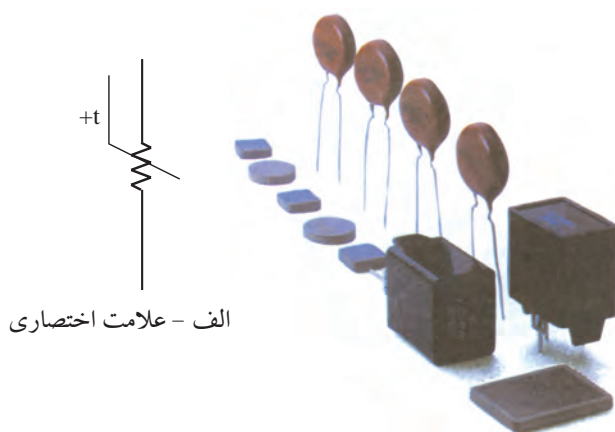
آن را مشاهده می کنید.



۲-۱۱ 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 ۲-۱۲ چند نمونه از مقاومت های PTC و علامت اختصاری آن ها را مشاهده می کنید.



الف - علامت اختصاری

ب- شکل ظاهری

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

۲-۱-۴ مقاومت وابسته به نور «فتورزیستور»

(Photo Resistor)

مقدار مقاومت تابع نور (LDR) وابسته به شدت نور تابیده شده به آن است. هر قدر شدت نور بیشتر شود، مقدار مقاومت فتورزیستور کاهش می یابد.

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

می‌نامند. تolerانس قابل قبول در مقاومت به نوع کاربرد مقاومت‌ها در مدارهای الکتریکی یا الکترونیکی بستگی دارد.

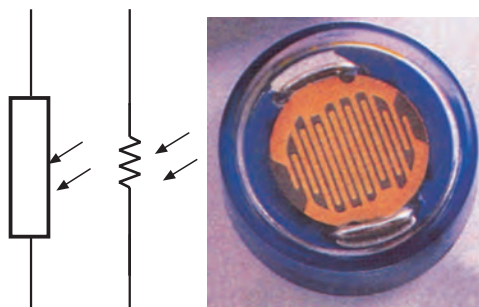
مقاومت‌ها را در عمل با تolerانس‌های ۲۰٪، ۱۰٪ و ۵٪ می‌سازند. برای دستگاه‌های اندازه‌گیری حساس، مقاومت‌هایی با تolerانس ۲/۵٪، ۲٪، ۱٪ و ۰/۵٪ نیز وجود دارد. یک مقاومت ۱۰Ω با تolerانس ۱۰٪ مقاومتی بین ۹Ω تا ۱۱Ω دارد. اگر فرض کنیم که در مدارهای الکترونیکی تolerانس ۲۰٪ (درصد خطا) قابل قبول است و ما نیاز به یک مقاومت ۹/۵Ω داشته باشیم، 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 تolerانس ۲۰٪ را بپذیریم، در یک فاصله‌ی ده‌تایی (۱Ω تا ۱۰Ω) تعداد مقاومت‌ها به ۶ عدد کاهش می‌یابد. این ۶ مقاومت می‌تواند تمام محدوده‌ی یک تا ده اهم را با ۲۰٪ خطا پوشش دهند، (جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱

۱	۱/۵	۲/۲	۳/۳	۴/۷	۶/۸
---	-----	-----	-----	-----	-----

در جدول ۲-۱ 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 ۲-۱ مقاومت‌های سری E۶ می‌گویند. یا به عبارت دیگر در سری مقاومت‌های E۶ تolerانس مقاومت‌ها ۲۰٪ است.

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



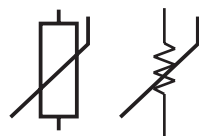
الف- شکل ظاهری ب- علامت اختصاری

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 تolerانس

هر مقاومت، دارای یک مقدار ثابت همراه با تolerانس است. درصد خطایی که مقدار یک مقاومت دارد را تolerانس

۱۰٪ است. این سری مقاومت‌ها پرکاربردترین مقاومت‌ها در الکترونیک هستند. اگر تولرانس را ۵٪ در نظر بگیریم تعداد مقاومت‌ها در فاصله یک ده تایی (۱۰Ω تا ۱۰۰Ω) مطابق سطر سوم جدول ۲-۲ برابر با ۲۴ عدد می‌شود. به اعداد سطر سوم جدول ۲-۲ مقاومت‌های سری E۱۲، تولرانس به عبارت دیگر در سری مقاومت‌های E۱۲، تولرانس

جدول ۲-۲ جدول سری های استاندارد مقاومت

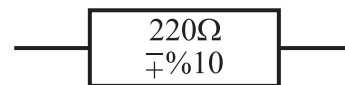
IEC-Series	E6	1.0				1.5				2.2				3.3				4.7				6.8			
	E12	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.8		6.8		8.2	
	E24	1.0	1.1	1.0	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

اعداد جدول ۲-۱ و ۲-۲ را اعداد پایه می‌گویند.

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. مثلاً برای عدد ۲/۲ مقاومت‌های ۰/۰۲۲Ω، ۲/۲M، ۲۲۰K، ۲۲K، ۲/۲K، ۲۲۰Ω، ۲۲Ω، ۲/۲Ω، ۰/۲۲Ω ساخته می‌شود.

مقدار اهمی و تولرانس یک مقاومت را معمولاً به سه صورت مشخص می‌کنند.

الف: مقدار مقاومت و تولرانس را مستقیماً 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 شود.

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

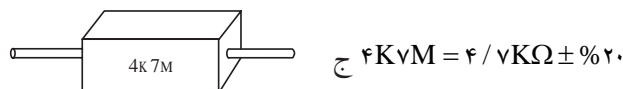
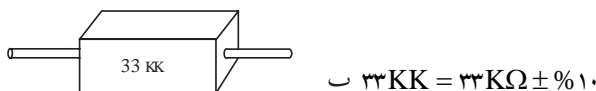
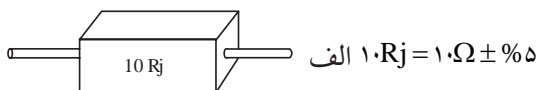
به جای ممیز نیز به کار می‌رود. جدول ۳-۲ حروف اختصاری تولرانس برای مقاومت‌های سیمی

جدول ۳-۲ حروف اختصاری تولرانس برای مقاومت‌های سیمی

حروف اختصاری	J	K	M
مقدار تفرانس	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

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؟



شکل ۱۶-۲ سه نمونه مقاومت

ج: مقدار مقاومت و تولرانس آن را با استفاده از نوارهای رنگی روی بدنه‌ی مقاومت مشخص می‌کنند. نوارهای رنگی

توجه

در مقاومت‌هایی که دارای چهار نوار رنگی هستند:

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

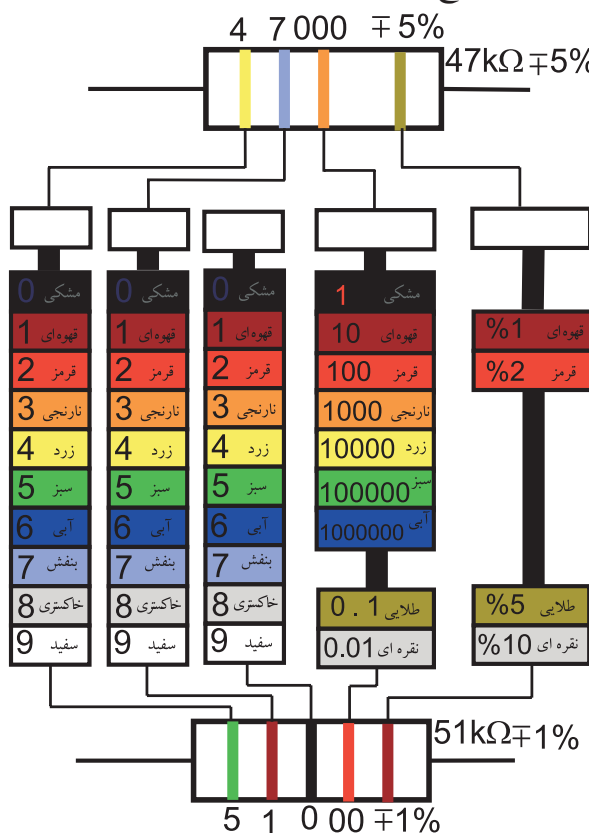
۲- نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه‌ی اول و حلقه‌ی چهارم به کار نمی‌رود.



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.



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.

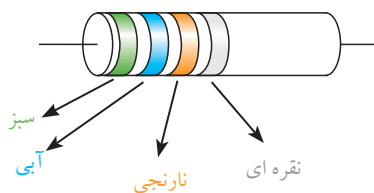


برای آشنایی بیشتر با روش خواندن کد رنگی مقاومت‌ها

به ذکر چند مثال می‌پردازیم.

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

چقدر است؟



شکل ۱۸-۲

شکل ۱۷-۲ تعیین مقدار و تولرانس مقاومت‌ها با ۴ نوار رنگی

و ۵ نوار رنگی

حل:

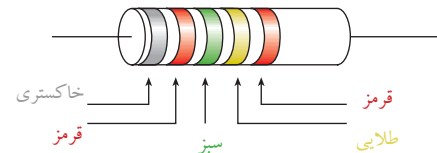
نقره ای - نارنجی - آبی - سبز

$$R = 5 \ 6 \ 000 \ \Omega \pm 10\%$$

$$R = 56000 \ \Omega \pm 10\%$$

مثال ۳: در شکل ۱۹-۲ مقدار مقاومت اهمی و تولرانس

آن چقدر است؟



شکل ۱۹-۲

حل:

قرمز - طلایی - سبز - قرمز - خاکستری

$$R = 8 \ 2 \ 500 \ \Omega \pm 2\%$$

$$R = 825 \times 10^3 = 825 \ \text{k}\Omega \pm 2\%$$

۲-۲-۲ توان مجاز مقاومت

وقتی از یک مقاومت جریانی عبور می کند، مقاومت گرم می شود. به عبارت دیگر مقداری توان در آن تلف می شود. هر مقاومت با توجه به ابعاد فیزیکی خود می تواند توان معینی را تحمل کند. به عبارت دیگر یک مقاومت را برای تحمل توان معینی می سازند. بنابر این توان تلف شده در یک مقاومت نباید از مقدار تعیین شده توسط کارخانه سازنده بیشتر شود. در غیر این صورت ممکن است مقاومت آسیب ببیند. مقاومت ها را با توان های $(\frac{1}{4} \text{ W})$ ، $(\frac{1}{2} \text{ W})$ ، $(\frac{1}{3} \text{ W})$ ، $(\frac{1}{5} \text{ W})$ ، $(\frac{1}{10} \text{ W})$ و $(\frac{1}{20} \text{ W})$ می سازند. ماکزیمم مقدار توان مجاز به عوامل گوناگونی مانند ولتاژ، 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 کم تر یا بیش تر، معمولاً مقدار مقاومت کلیه ی 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» می نامند. تغییرات مقاومت در برابر یک درجه سانتی گراد را، **ضریب حرارتی** می نامند و آن را با « α » نمایش می دهند.

برای مثال اگر $\alpha = 0.004$ باشد، یعنی این که مقاومت این جسم در برابر یک درجه سانتی گراد، 0.004 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.

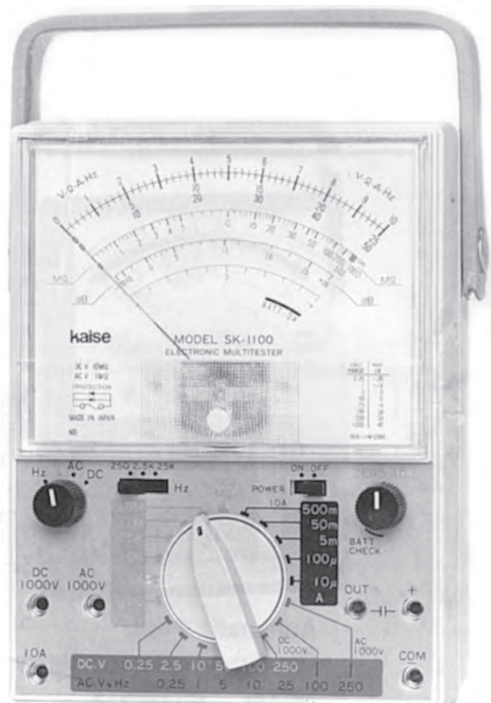
۲-۳ اهم متر

برای اندازه گیری مقاومت اهمی، از دستگاهی به نام اهم متر (مقاومت سنج) استفاده می شود. در شکل ۲۰-۲ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی نشان داده شده است. این نوع اهم مترها، معمولاً در دسترس همگان قرار ندارد و بیش تر به صورت آزمایشگاهی ساخته می شود.

برای اندازه گیری مقاومت با اهم متر، کافی است که ابتدا به کمک سیم رابط، دو پایانه (ترمینال) محل اتصال مقاومت اهمی را به هم اتصال کوتاه کنیم و ولوم را طوری تنظیم کنیم که عقربه روی عدد صفر قرار گیرد. سپس سیم های رابط را جدا و مقاومت اهمی را به دو سر آن وصل کنیم.

اهم‌مترهایی که در دسترس همگان قرار دارد به صورت فقط اهم‌متر نیست بلکه ترکیبی از میلی آمپر متر و ولت متر و اهم متر است. به این دستگاه مولتی متر یا آوومتر می گویند. بعضی از مولتی مترها علاوه بر اندازه گیری ولتاژ، جریان و مقاومت اهمی، کمیت های دیگری مانند فرکانس و ظرفیت خازن را نیز اندازه می گیرند.

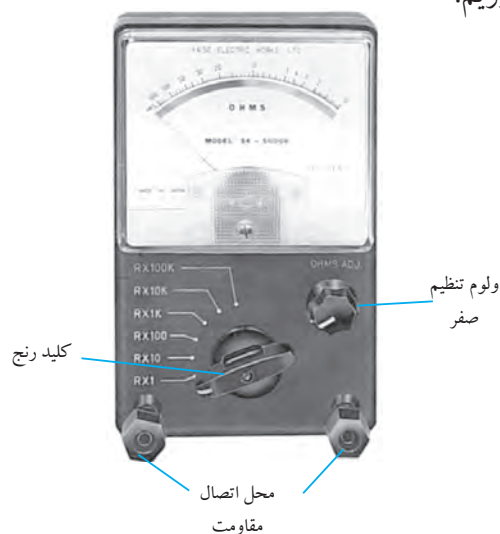
در شکل ۲۲-۲ یک نمونه مولتی متر عقربه ای نشان داده شده است.



شکل ۲۲-۲ یک نمونه مولتی متر عقربه ای (آنالوگ)

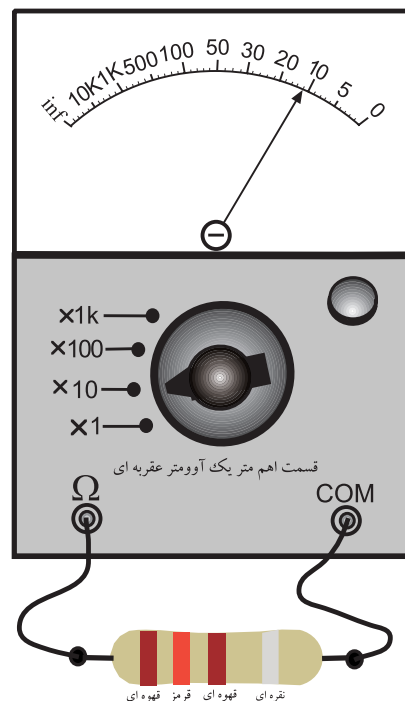
هر مولتی متر دارای تعدادی کلید سلکتور دورانی یا کشویی است. با تنظیم این کلیدها می توان از دستگاه به عنوان ولت متر، آمپر متر یا اهم متر مستقل استفاده کرد. برای خواندن مقادیر ولتاژ و جریان می توانیم از ضریب ثابت سنجش استفاده کنیم. در شکل ۲۳-۲ یک نمونه مولتی متر عقربه ای را مشاهده می کنید.

عقربه مقداری را نشان می دهد، آن مقدار را در عدد کلید رنج حوزه ی کار ضرب می کنیم و مقدار مقاومت را به دست می آوریم.



شکل ۲۰-۲ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی

در شکل ۲۱-۲ کلید رنج اهم متر روی $10 \times$ قرار دارد و عقربه عدد ۱۲ را نشان می دهد. بنابراین مقدار مقاومت برابر با $12 \times 10 = 120 \Omega$ است.



شکل ۲۱-۲ اهم متر مقدار مقاومت را $12K\Omega$ نشان می دهد.

رنج ندارند. برای اندازه گیری ولتاژ، کلید سلکتور اصلی را روی رنج ولتاژ (V) قرار می دهیم و ولتاژ را بدون توجه به مقدار آن به پایانه های مربوط به ولتاژ وصل می کنیم. برای اندازه گیری مقاومت، کلید سلکتور اصلی را روی حوزه کار (رنج) اهم (Ω) قرار می دهیم و پایانه های مولتی متر را به مقاومت اتصال می دهیم. در این حالت، مقاومت همراه با واحد آن روی صفحه نمایش (Display) مولتی متر نشان داده می شود. در شکل ۲۵-۲ یک نمونه دیگر مولتی متر دیجیتالی را مشاهده می کنید.



شکل ۲۵-۲ یک نمونه دیگر از مولتی متر دیجیتالی

نکته: هنگام اندازه گیری ولتاژ توسط



مولتی متر دیجیتالی باید به مقدار مجاز ولتاژ که توسط کارخانه سازنده داده می شود توجه کنید. مثلاً چنانچه مقدار ماکزیمم قابل اندازه گیری توسط دستگاه ۱۰۰۰ ولت است، نباید آن را به ولتاژ بیش تر از ۱۰۰۰ ولت متصل نمایید.

حفاظت از دستگاه های اندازه گیری و استفاده ی بهینه از آنها، عامل موثر در حفاظت از ثروت ملی است.



شکل ۲۳-۲ یک نمونه مولتی متر عقربه ای (آنالوگ)

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



شکل ۲۴-۲ دو نمونه مولتی متر دیجیتالی

اکثر مولتی مترهای دیجیتالی دارای حوزه کار (رنج خود کار اتوماتیک) برای ولتاژ و مقاومت اهمی هستند. به این معنی که برای اندازه گیری ولتاژ یا مقاومت اهمی، نیاز به انتخاب

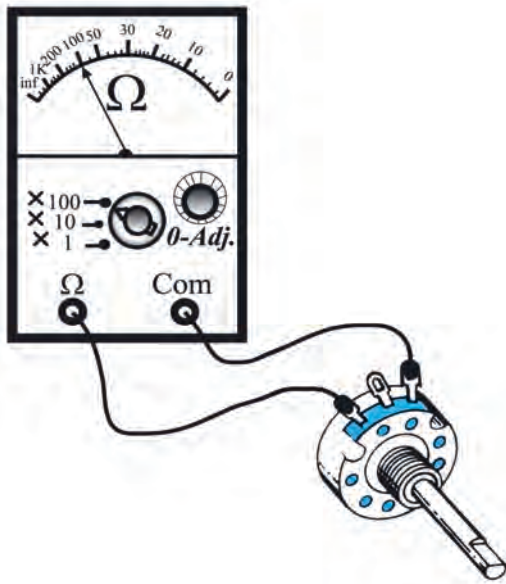
۴-۲ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

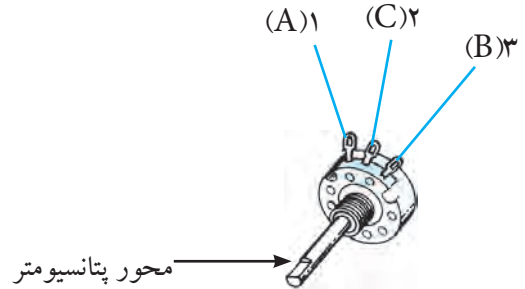
۴-۲-۱ هدف آزمایش:

تحلیل عملی رفتار مقاومت‌های متغیر، وابسته به نور و

وابسته به حرارت در فضای آزمایشگاهی



شکل ۲۷- اندازه‌گیری مقاومت متغیر



شکل ۲۶- یک نمونه مقاومت متغیر

۴-۲-۲ 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 $10k\Omega$	یک عدد
۵	مقاومت وابسته به نور (LDR)	یک عدد
۶	مقاومت وابسته به حرارت (PTC یا NTC)	یک عدد
۷	سیم رابط یک سر گیره دار	شش رشته
۸	سیم رابط تلفنی	دو رشته

۴-۲-۳ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف- بررسی تغییرات مقاومت اهمی

مقاومت متغیر

وسایل مورد نیاز را آماده کنید.

■ مقدار مقاومت بین دو پایه ۱ و ۳ را مطابق شکل

۲۷-۲ با اهم متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

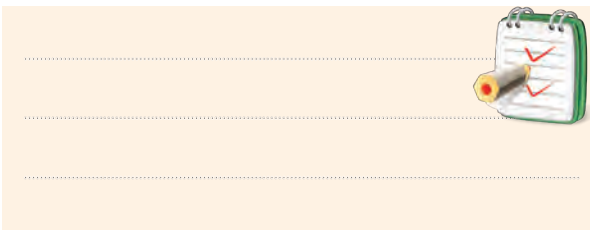
$$R_{AB} = \dots\dots\dots K\Omega$$

سوال ۱: هنگامی که مقاومت بین پایه‌ی ۱ و ۳ را با

اهم متر اندازه می‌گیرید، محور مقاومت متغیر را بچرخانید؛

آیا مقاومت اهمی در این حالات تغییر می‌کند؟ چرا؟ توضیح

دهید.

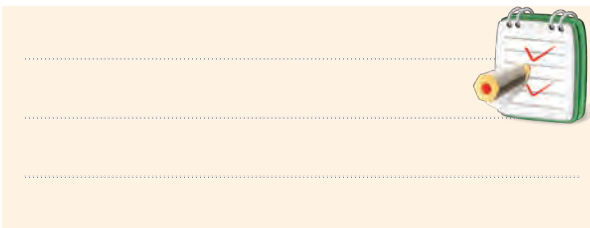


■ پایه‌ی ۲ و ۳ مقاومت متغیر را مطابق شکل ۲۸-۲ به اهم

متر وصل کنید. محور مقاومت متغیر را در جهت عقربه‌های

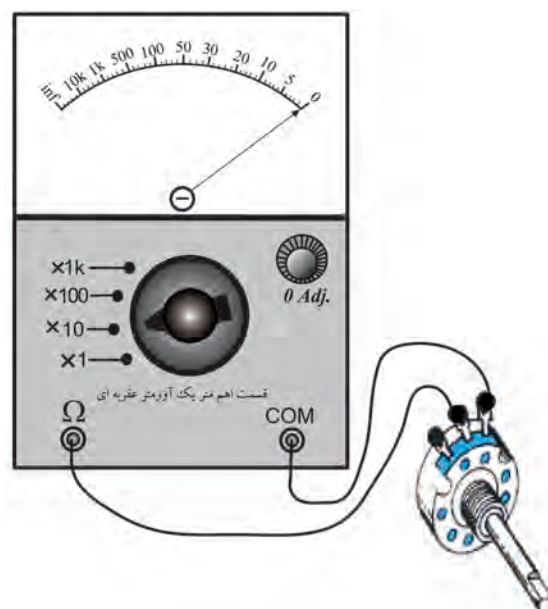
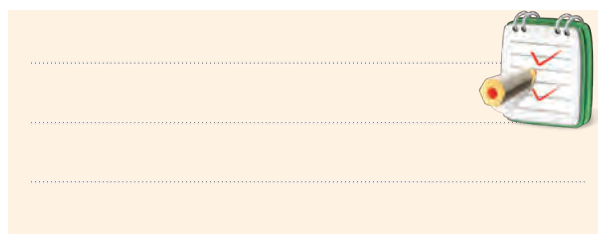
ساعت تا آخر بچرخانید. مقاومتی را که اهم متر نشان می‌دهد،

بخوانید و مقدار آن را یادداشت کنید.



مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳	$R = \dots\dots\dots \Omega$
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.



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

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

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

مقاومت بین پایه‌ی ۲ و ۳ در	$R = \dots\dots\dots \Omega$
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.

توجه

در این آزمایش نوع مقاومت‌های وابسته‌ی VDR ، LDR، PTC و 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 .

$R = \dots\dots\dots \Omega$ هویه سرد

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

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

$$R = \dots\dots\dots \Omega \text{ هویه گرم}$$

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 ی سرد را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$R_{NTC} (\text{سرد}) = \dots\dots\dots \Omega$$

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

■ هویه را به مقاومت NTC نزدیک نمایید ولی به آن نچسبانید.

■ با استفاده از اهم‌متر مقدار مقاومت NTC را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$R_{NTC} (\text{گرم}) = \dots\dots\dots \Omega$$

سوال ۴: مقادیر مقاومت NTC را در دو حالت گرم و

سرد را با هم مقایسه کنید و درباره‌ی آن توضیح دهید.



موضوع ج- اثر تغییر نور روی مقدار اهمی

مقاومت وابسته به نور (LDR)

■ اهم‌متر را به دو سر یک نمونه مقاومت وابسته به نور

(LDR) وصل کنید.

■ مقدار اهمی مقاومت را بخوانید و یادداشت کنید.

$$R_{LDR} = \dots\dots\dots \Omega \text{ در نور زیاد}$$

■ سطح LDR را کمی بپوشانید و مقدار نور تاییده شده

به LDR را کاهش دهید.

■ اهم‌متر را مجدداً به دو سر LDR وصل کنید و مقدار

مقاومت را بخوانید و یادداشت کنید.

$$R_{LDR} = \dots\dots\dots \Omega \text{ در نور کم}$$

■ سطح LDR را کاملاً بپوشانید.

■ نور تاییده به LDR را کاملاً قطع کنید.

■ مقدار مقاومت LDR را در حالت تاریکی کامل با

وصل کردن اهم‌متر به آن بخوانید و یادداشت کنید.

$$R_{LDR} = \dots\dots\dots \Omega \text{ در تاریکی}$$

سوال ۵: مقدار مقاومت LDR با تغییر شرایط نوری چه

تغییری می‌کند؟ شرح دهید.



۵-۲ اتصال مقاومت‌ها به یکدیگر

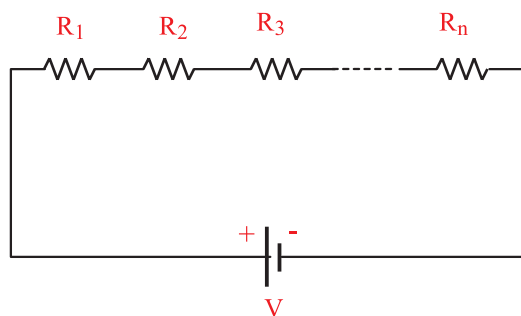
۵-۲-۱ سری بستن مقاومت‌ها:

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 ۲۹-۲ دو عدد لامپ با یکدیگر به صورت سری بسته شده‌اند.



شکل ۲۹-۲ 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 ۳۰-۲.



شکل ۳۰-۲ نقشه‌ی فنی مدار سری

۴-۴-۲ نتایج آزمایش:

آنچه را که در این آزمایش فراگرفته‌اید به اختصار شرح

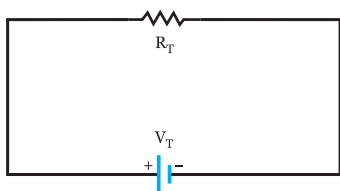
دهید.

الف -

ب -

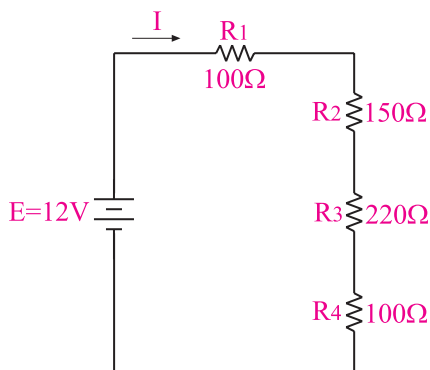
ج -

شکل ۲-۳۳ مدار معادل شکل ۲-۳۲ را نشان می دهد.



شکل ۲-۳۳ مدار معادل شکل ۲-۳۲

مثال ۴: مقاومت معادل در شکل ۲-۳۴ چند اهم است؟



شکل ۲-۳۴

حل:

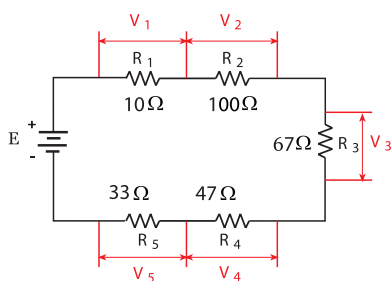
رابطه ی مقاومت ها را می نویسیم:

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

اعداد را جایگزین می کنیم:

$$R_T = 100 + 150 + 220 + 100 \quad R_T = 570 \, \Omega$$

مثال ۵: مقاومت معادل در شکل ۲-۳۵ چند اهم است؟



شکل ۲-۳۵

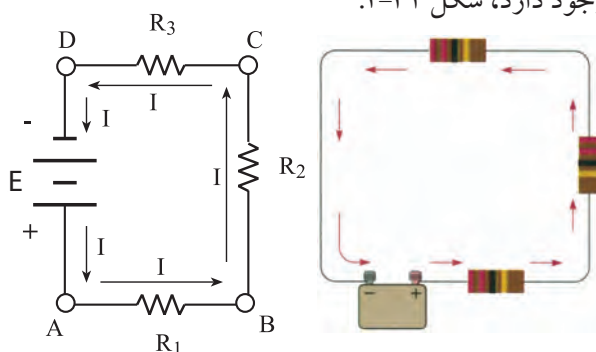
توجه

ابتدا و انتهای مقاومت انتخابی است و توسط ما انتخاب می شود.



در مدار سری فقط یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی

وجود دارد، شکل ۲-۳۱.



ب- نقشه ی فنی مدار

الف - شکل واقعی

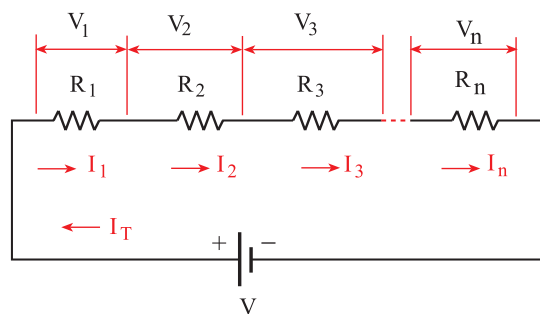
شکل ۲-۳۱

مقاومت معادل در مدار سری:

-مقاومت کل در مدار سری برابر با مجموع مقاومت های

مدار است، شکل ۲-۳۲.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



شکل ۲-۳۲ جریان ها و ولتاژها در مدار سری

همیشه می توانیم مقاومت معادل R_T را جایگزین کلیه ی

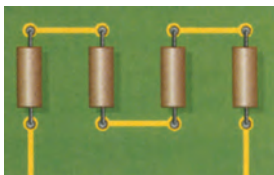
مقاومت های سری موجود در مدار نماییم.

حل:

مثال ۷: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مانند

شکل ۲-۳۸ به اهم 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

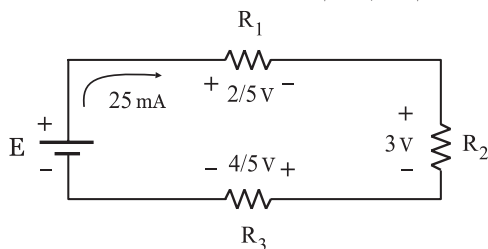
بنویسیم:

$$R_T = n \cdot R$$

$$R_T = 4 \times 33 \Omega \quad R_T = 132 \Omega$$

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.

رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار سری را می‌نویسیم:

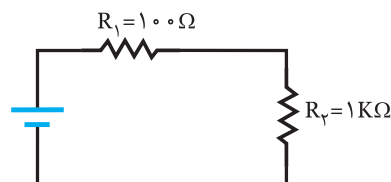
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

اعداد را جایگزین می‌کنیم:

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

مثال ۶: مقاومت معادل دو مقاومت سری شکل ۲-۳۶

چند اهم است؟



شکل ۲-۳۶

حل:

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$R_T = 100(\Omega) + (1 \times 1000)(\Omega) \quad R_T = 1100 \Omega$$

نکته: هرگاه چند مقاومت مساوی به صورت

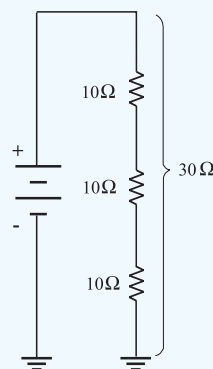


سری به یکدیگر اتصال یابند، مقدار مقاومت معادل از

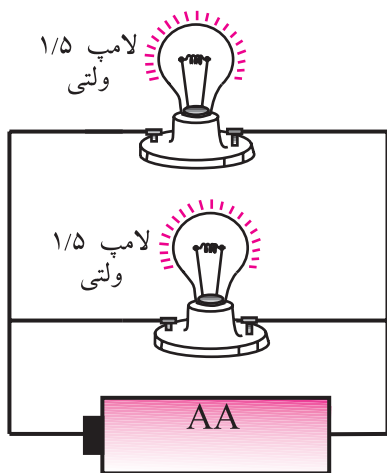
حاصل ضرب تعداد مقاومت‌ها در مقدار یک مقاومت به

دست می‌آید، شکل ۲-۳۷.

$$R_1 = R_2 = R_3 = R \quad R_T = n \cdot R$$

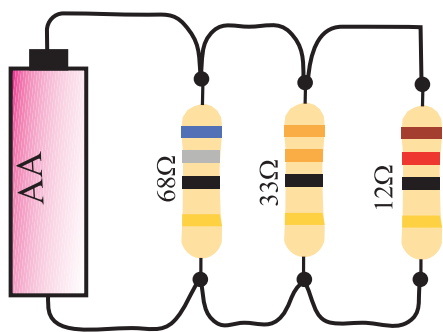


شکل ۲-۳۷

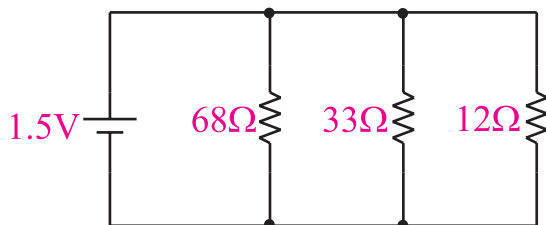


شکل ۲-۴۱ مدار موازی

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 را نشان داده شده است.



شکل ۲-۴۲ سه عدد مقاومت با یکدیگر موازی شده‌اند



شکل ۲-۴۳ نقشه‌ی فنی مدار شکل ۲-۴۲

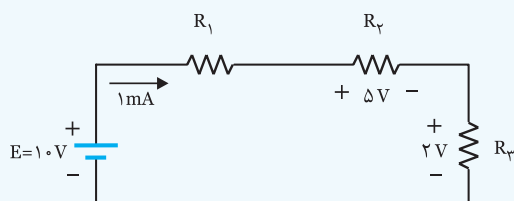
$$R_1 = \frac{V_1}{I} = \frac{2.5V}{25mA} \Rightarrow R_1 = 100\Omega$$

$$R_r = \frac{V_r}{I} = \frac{3V}{25mA} \Rightarrow R_r = 120\Omega$$

$$R_r = \frac{V_r}{I} = \frac{4.5V}{25mA} \Rightarrow R_r = 180\Omega$$

تمرین کلاسی ۱: مقدار مقاومت هر

یک از مقاومت‌های R_1 ، R_r ، R_r را در شکل ۲-۴۰ به دست آورید.



شکل ۲-۴۰

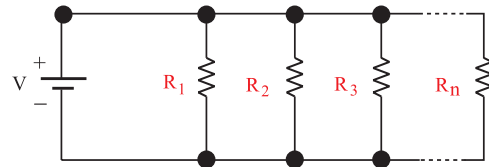
۲-۵-۲ موازی بستن مقاومت‌ها

تعریف مدار موازی

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

مقاومت معادل در یک مدار موازی

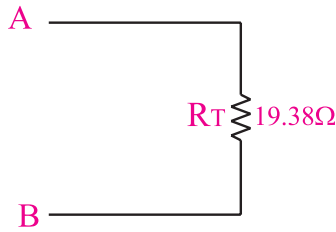
برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی نشان داده شده در شکل ۲-۴۴ از رابطه‌ی R_T که در زیر آمده است، استفاده می‌کنیم.



شکل ۲-۴۴ بررسی معادل در مدار موازی

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

در شکل ۲-۴۶ مقاومت معادل R_p و R_T آمده است.

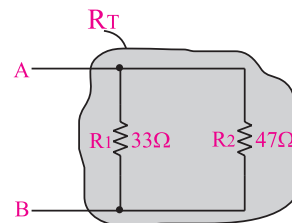


شکل ۲-۴۶

مقاومت‌های موازی را با «||» نشان می‌دهند، مثلاً $R_1 || R_2$ مقاومت‌های موازی هستند را به صورت $R_1 || R_2$ می‌نویسند.

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

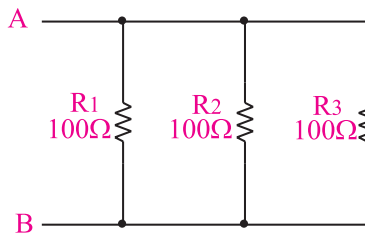
دست آورید.



شکل ۲-۴۵

مثال ۱۰: مقاومت کل R_T را از دو نقطه‌ی A و B در

مدار شکل ۲-۴۷ به دست آورید.



شکل ۲-۴۷

حل:

رابطه‌ی مقاومت معادل در مدار موازی را می‌نویسیم:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

اعداد را جایگزین می‌کنیم و مقدار R_T را به دست

می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} = \frac{1+1+1}{100} = \frac{3}{100}$$

$$R_T = \frac{100}{3} = 33.33\Omega$$

حل:

رابطه‌ی مقاومت معادل موازی را می‌نویسیم:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

اعداد را جایگزین می‌کنیم و مقدار R_T را به دست

می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{33} + \frac{1}{47} = \frac{47+33}{33 \times 47} = \frac{80}{1551}$$

$$R_T = \frac{1551}{80} = 19.38\Omega$$

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.

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



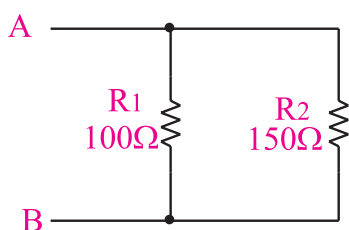
توجه

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.

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



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

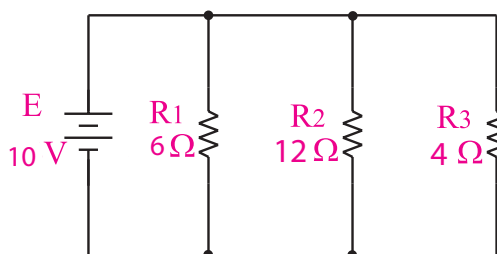


شکل ۲-۴۹

حل:

$$R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \times 150}{100 + 150} = \frac{15000}{250} = 60\Omega$$

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



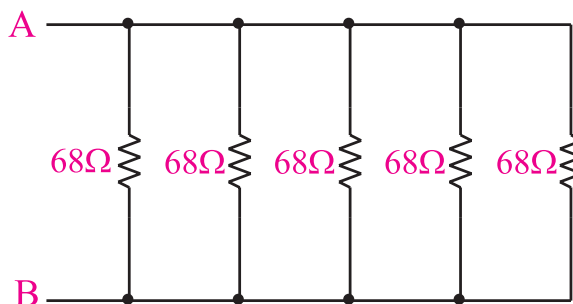
شکل ۲-۵۰

حل:

$$R_T = \frac{R}{n} = \frac{68}{5} = 13\frac{4}{5}\Omega$$

$$R_T = 13\frac{4}{5}\Omega$$

مثال ۱۱: در شکل ۲-۴۸، پنج عدد مقاومت 68Ω با یکدیگر به صورت موازی بسته شده‌اند. مقاومت معادل را در این مدار به دست آورید.



شکل ۲-۴۸

حل:

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

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

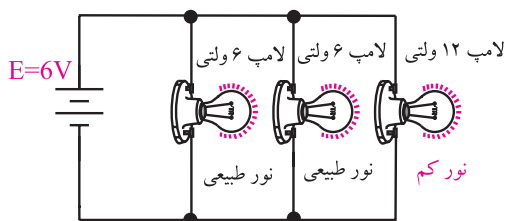
۳-۵-۲ به هم بستن مقاومت‌ها به صورت ترکیبی «سری-

موازی»

تعریف مدار سری-موازی

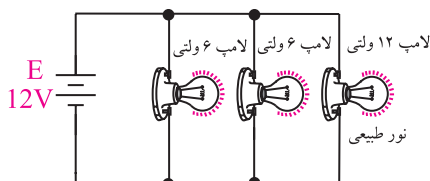
فرض کنید دو عدد لامپ ۶ ولتی یک وات و یک عدد لامپ ۱۲ ولتی یک وات داریم، می‌خواهیم هر سه لامپ را با یک منبع تغذیه روشن کنیم. حالات زیر اتفاق می‌افتد:

- 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.

اعداد را جایگزین می‌کنیم و مقدار R_T را

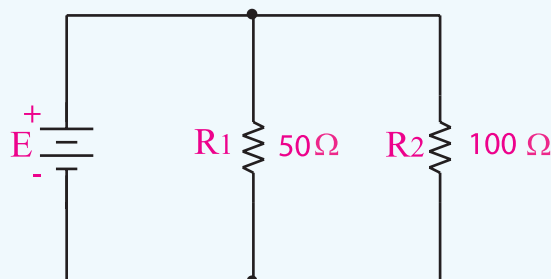
به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4} = \frac{2+1+3}{12} = \frac{6}{12}$$

$$R_T = \frac{12}{6} = 2\Omega$$

تمرین کلاسی ۲: مقدار مقاومت معادل

را در شکل ۵۱-۲ به دست آورید.

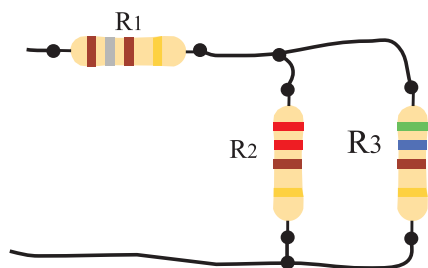


شکل ۵۱-۲



نکته: مقدار مقاومت معادل هر مدار موازی

از کوچک‌ترین مقاومت موجود در مدار، کوچک‌تر است.



شکل ۲-۵۵ یک نمونه مدار مقاومتی سری- موازی

برای محاسبه‌ی 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 قرار دارند را باید با هم ترکیب و ساده کنیم.

۳- برای محاسبه‌ی 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

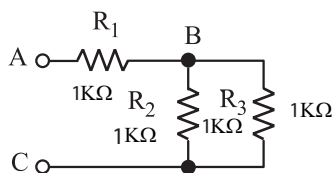
ساده شود و به یک مقاومت معادل برسیم. برای این منظور

لازم است قبل از شروع کار، مدار را به‌طور دقیق بررسی

کنیم.

مثال ۱۴: مقاومت معادل مدار شکل ۲-۵۶ را

به‌دست آورید.



شکل ۲-۵۶

- دو لامپ ۶ ولتی یک وات را با یکدیگر سری می‌کنیم

و به ولتاژ ۱۲ ولت اتصال می‌دهیم. در این صورت به هر لامپ

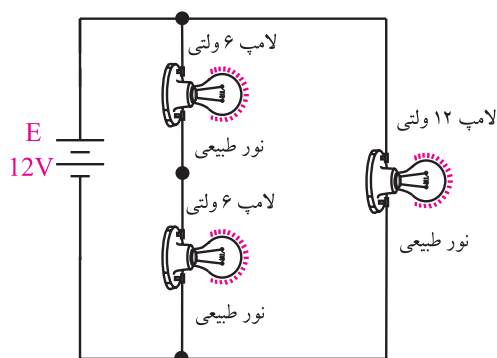
۶ ولتی، ولتاژی برابر با ۶ ولت می‌رسد و لامپ‌ها با نور طبیعی

خود کار می‌کنند.

لامپ ۱۲ ولتی را نیز مطابق شکل ۲-۵۴ به مجموعه اضافه

می‌کنیم. در این مدار، لامپ ۱۲ ولت نیز با نور طبیعی خود

کار خواهد کرد.



شکل ۲-۵۴ هر سه لامپ نور طبیعی دارند.

به مدار الکتریکی شکل ۲-۵۴ مدار سری «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 ۲-۵۵ مقاومت‌های R_p ، R_p با یکدیگر موازی

هستند و مجموعه‌ی این مدارها با R_1 به‌صورت سری

بسته‌شده‌است. برای تحلیل مدارهای «سری- موازی» معمولاً

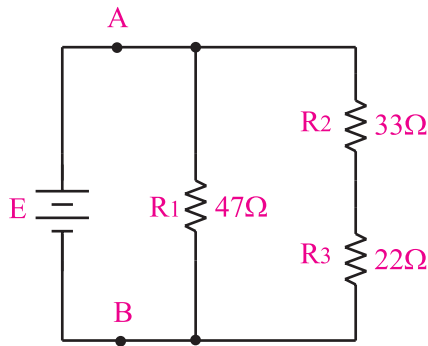
باید مدار را به صورت سری یا موازی درآورد. در مدارهای

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 ۲-۵۹

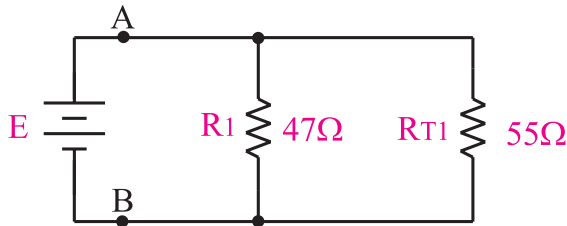
حل:

چون دو مقاومت R_2, R_3 به صورت مستقل با هم سری بسته شده‌اند و در بیرونی ترین نقطه‌ی مدار قرار دارند از آن‌ها شروع می‌کنیم.

ابتدا دو مقاومت R_2, R_3 را تبدیل به یک مقاومت معادل $R_{2,3}$ (می‌خوانیم آر 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 به دست می‌آوریم:

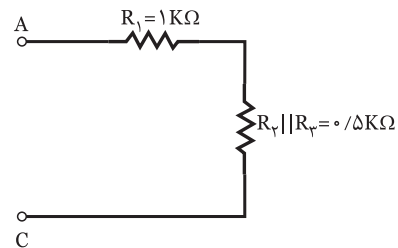
$$R_T = R_1 \parallel R_{2,3} = \frac{R_1 \times R_{2,3}}{R_1 + R_{2,3}} = \frac{47 \times 55}{47 + 55} = 25 / 34\Omega$$

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:

$$R_2 \parallel R_3 = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{1 \times 1}{1 + 1} = \frac{1}{2} = 0.5k\Omega$$

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



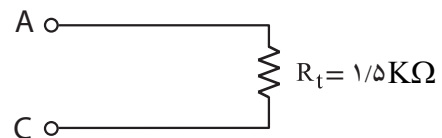
شکل ۲-۵۷

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

$$R_T = R_1 + (R_2 \parallel R_3) \\ R_T = 1 + 0.5 \Rightarrow R_T = 1.5k\Omega$$

مدار معادل شکل ۲-۵۷ به صورت شکل ۲-۵۸

درمی‌آید:

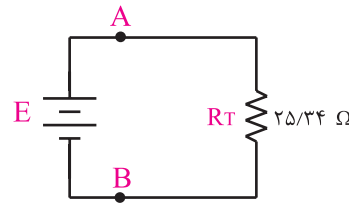


شکل ۲-۵۸

مثال ۱۵: مقاومت معادل از دو نقطه A و B در مدار شکل

۲-۵۹ را به دست آورید.

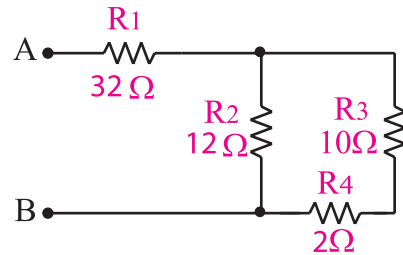
مدار شکل ۲-۵۹ به صورت شکل ۲-۶۱ درمی آید:



شکل ۲-۶۱

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

دست آورید.



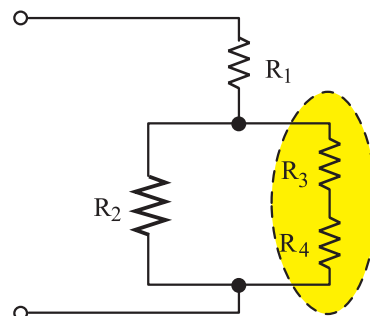
شکل ۲-۶۲

حل:

ابتدا مدار را به صورت شکل ساده شده ۲-۶۳

درمی آوریم و معادل دو مقاومت سری شده R_p و R_f را

محاسبه می کنیم.



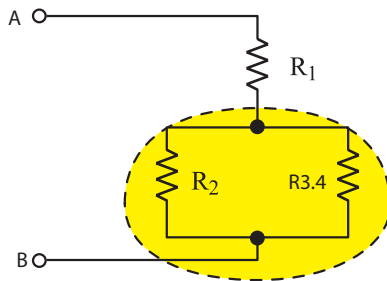
شکل ۲-۶۳

$$R_{p,f} = R_p + R_f = 10 + 2 = 12 \Omega$$

به جای دو مقاومت R_p و R_f مقدار معادل آن‌ها را که

$R_{p,f}$ (می خوانیم آر سه و چهار) می باشد، قرار می دهیم و به

شکل ۲-۶۴ می رسم:



شکل ۲-۶۴

مقاومت معادل مقاومت های R_p و $R_{p,f}$ را که به صورت

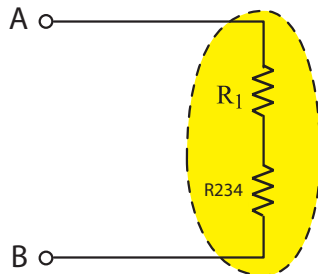
موازی هستند و مقدار آن‌ها نیز مساوی است، به دست می آوریم.

این مقاومت‌ها را $R_{p,f}$ (می خوانیم آر ۲ و ۳ و ۴) می نامیم:

$$R_{p,f} = R_p \parallel R_{p,f} = \frac{12}{2} = 6 \Omega$$

با قرار دادن $R_{p,f}$ به جای مقاومت R_p و $R_{p,f}$ به شکل

۲-۶۵ خواهیم رسید:



شکل ۲-۶۵

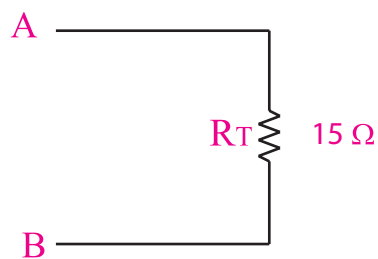
چون مقاومت معادل به دست آمده در مرحله ی قبل $R_{p,f}$

با مقاومت R_1 به صورت سری بسته شده است، مقاومت معادل

R_T از مجموع آن‌ها به دست می آید.

$$R_T = R_1 + R_{p,f} = 3 + 12 = 15 \Omega$$

مقاومت به دست آمده برابر با مقاومت کل مدار است و مدار معادل شکل ۲-۶۲ به صورت شکل ۲-۶۶ در می آید:

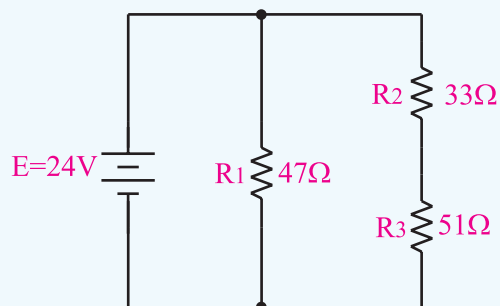


شکل ۲-۶۶

تمرین کلاسی ۳: مقاومت معادل مدار



شکل ۲-۶۷ را به دست آورید.



۲-۶۷



۲-۶ آزمایش شماری (۲)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۲-۶-۱ هدف آزمایش:

اندازه گیری مقاومت ها به صورت سری و موازی.

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

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات	تعداد / مقدار
۱	مولتی متر عقربه ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۲	برد بُرد	یک قطعه
۳	مقاومت یک کیلو اهم یک وات	پنج عدد
۴	مقاومت $180\Omega - 0.5W$	یک عدد
۵	مقاومت $560\Omega - 0.5W$	یک عدد
۶	سیم های رابط معمولی (تلفنی)	به مقدار کافی
۷	سیم های دو سرگیره سوسماری	به مقدار کافی

۲-۶-۳ مراحل اجرای آزمایش:

الف - به دست آوردن مقاومت معادل در یک مدار سری

■ مقدار و درصد خطای مقاومت های 180Ω و 560Ω و

$1K\Omega$ را با توجه به نوارهای رنگی بخوانید و در جدول ۲-۴

بنویسید.

■ اگر نوع مولتی متر شما عقربه ای (آنالوگ) است، قبل

از هر اندازه گیری ابتدا صفر آن را تنظیم کنید.

■ به کمک مولتی متر مقدار دقیق مقاومت های 180Ω و

560Ω و $1K\Omega$ را اندازه بگیرید. مقاومت 180Ω اهم را R_1 و

مقاومت 560Ω را با R_2 و مقاومت $1K\Omega$ را با R_3 نام گذاری

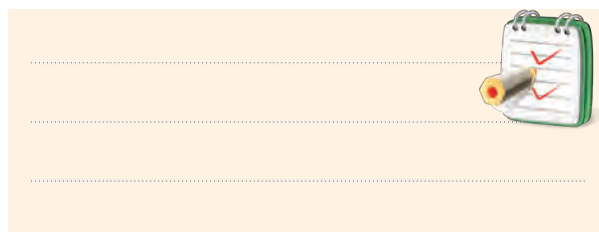
و در جدول ۲-۴ یادداشت کنید.

جدول ۲-۴

مقدار اندازه گیری شده	مقدار اهم و تolerانس خوانده شود	نوارهای رنگی	مقاومت
			R_1
			R_2
			R_3

سوال ۶: آیا مقادیر اندازه گیری شده با مقادیر خوانده شده

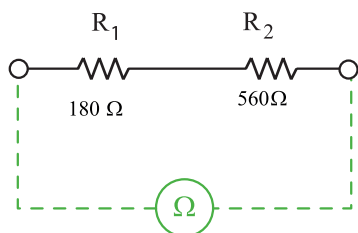
انطباق دارد؟ شرح دهید.



■ مقاومت های R_1 و R_2 را به صورت سری ببندید و

سپس مقاومت اهمی مجموعه ی سری را به کمک اهم متر

مطابق شکل ۲-۶۸ اندازه گرفته و یادداشت کنید.



شکل ۲-۶۸

$$R_T = \dots\dots\dots \Omega$$

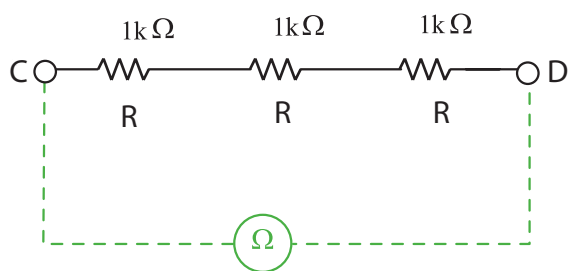
سوال ۷: آیا R_T اندازه گیری شده به کمک اهم متر با

$R_T = R_1 + R_2$ که از طریق محاسبه به دست می آید یکی

است؟ توضیح دهید.

$$R_T = R_1 + R_2 = \dots\dots\dots \Omega \text{ محاسبه}$$

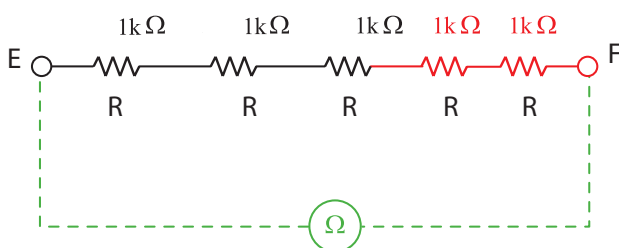
سری اتصال دهید و توسط مولتی متر مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی C و D را اندازه گیری و یادداشت کنید.



شکل ۲-۷۰

$$R_T = R_{CD} = \dots\dots\dots \Omega$$

■ دو مقاومت یک کیلو اهم دیگر را مطابق شکل ۲-۷۱ به صورت سری به مدار قبل اضافه کنید.



شکل ۲-۷۱

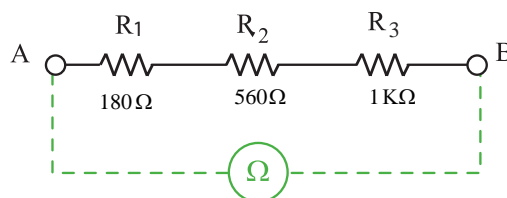
■ با استفاده از مولتی متر، مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی E و F را اندازه گیری و یادداشت کنید.

$$R_T = R_{EF} = \dots\dots\dots K\Omega$$

سوال ۹: آیا می توان نتیجه گرفت که اگر مقدار مقاومت های سری مساوی باشند، مقاومت معادل از رابطه‌ی $R_T = n.R$ قابل محاسبه است؟



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



شکل ۲-۶۹

■ مقدار R_T در مدار شکل ۲-۶۹ را با استفاده از رابطه‌ی $R_T = R_1 + R_2 + R_3$ به دست آورید و یادداشت کنید.

$$R_T = \dots\dots\dots \Omega$$

■ حوزه‌ی کار مولتی متر را روی $1K\Omega \times R$ قرار دهید.

■ مقاومت بین دو نقطه‌ی A و B در شکل ۲-۶۹ را اندازه گیری کنید و یادداشت کنید.

$$R_T = \dots\dots\dots \Omega \text{ اندازه گیری}$$

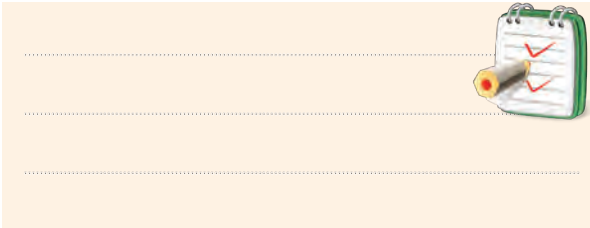
سوال ۸: آیا R_T اندازه گیری شده به کمک مولتی متر با R_T به دست آمده از طریق محاسبه برابر است؟ توضیح دهید.



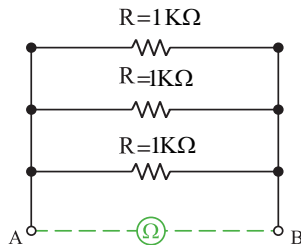
■ سه مقاومت $1K\Omega$ را مطابق شکل ۲-۷۰ به صورت

$$R_T = \dots\dots\dots \Omega$$

سوال ۱۰: آیا R_T اندازه گیری شده به کمک مولتی متر با R_T محاسبه شده یکی است؟ توضیح دهید.



■ سه مقاومت $1K\Omega$ را مطابق شکل ۲-۷۴ و به صورت موازی اتصال دهید.



شکل ۲-۷۴

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

$$R_T = \dots\dots\dots K\Omega$$

■ با توجه به مقدار مقاومت بدست آمده، رنج مناسبی برای مولتی متر انتخاب کنید.

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

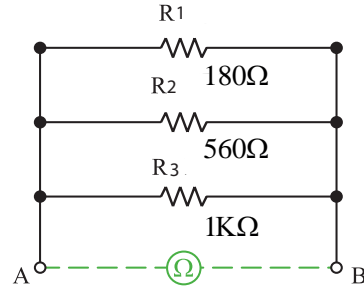
$$R_T = \dots\dots\dots K\Omega$$

سوال ۱۱: آیا مقادیر به دست آمده از طریق محاسبه با مقادیر اندازه گیری شده انطباق دارد؟ توضیح دهید.

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

■ قبل از هر اندازه گیری، صفر اهم متر عقربه‌ای را تنظیم کنید.

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



شکل ۲-۷۲

■ مقاومت معادل شکل ۲-۷۲ را از رابطه‌ی:

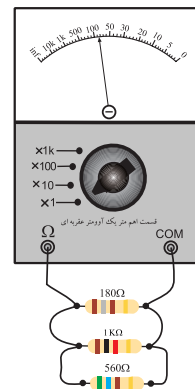
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

به دست آورید و یادداشت کنید.

$$R_T = \dots\dots\dots \Omega$$

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

■ مقاومت اهمی مجموعه‌ی اتصال موازی را مطابق شکل ۲-۷۳ به کمک مولتی متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۲-۷۳



■ با توجه به مقدار به دست آمده رنج مناسبی برای مولتی متر انتخاب کنید.

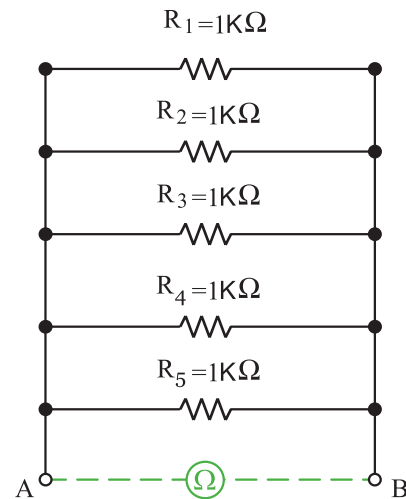
■ مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه‌ی A و B در شکل ۲-۷۵ را با استفاده از مولتی متر اندازه‌گیری کنید و یادداشت کنید.

$$R_T = \dots\dots\dots K\Omega$$

سوال ۱۳: آیا مقادیر به دست آمده از طریق محاسبه و اندازه‌گیری با مولتی متر یکی است؟ توضیح دهید.



■ پنج مقاومت $1K\Omega$ را مطابق شکل ۲-۷۵ به صورت موازی روی بردبرد ببندید.



شکل ۲-۷۵

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

$$R_{T_1} = \dots\dots\dots \Omega$$

■ مقدار مقاومت معادل را از رابطه‌ی

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots\dots\dots$$

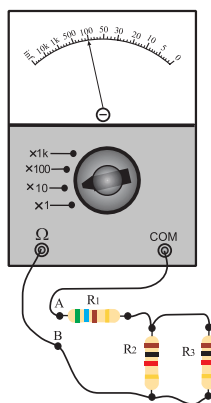
محاسبه و یادداشت کنید.

$$R_{T_2} = \dots\dots\dots \Omega$$

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

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

■ مداری مطابق شکل ۲-۷۶ روی بردبرد ببندید.



شکل ۲-۷۶

■ مقدار مقاومت معادل شکل ۷۶-۲ را از طریق محاسبه دهید.

به دست آورید.

R_p و R_r موازی هستند:

$$R_{T_1} = R_r \parallel R_p$$

R_1 با R_{T_1} سری است.

$$R_T = R_1 + R_{T_1}$$

$$R_T = \dots\dots\dots K\Omega$$

■ با توجه به مقدار مقاومت به دست آمده، رنج مناسبی را

برای مولتی متر انتخاب کنید.

■ اگر برای اندازه گیری مقاومت اهمی از مولتی متر

عقربه ای استفاده می کنید قبل از اندازه گیری صفر آن را تنظیم کنید.

■ به کمک مولتی متر مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه ی

A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$R_{AB} = \dots\dots\Omega$$

سوال ۱۴: آیا مقدار مقاومت معادل محاسبه شده با مقدار

مقاومت معادل اندازه گیری شده توسط مولتی متر برابر است؟



استفاده ی بهینه از وسایل و تجهیزات، مهارت

الگوی صحیح مصرف را در فرد ایجاد می کند و طول

عمر وسایل را افزایش می دهد.

۴-۶-۲ نتایج آزمایش:

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

۲-۷ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌ها در مدارهای سری

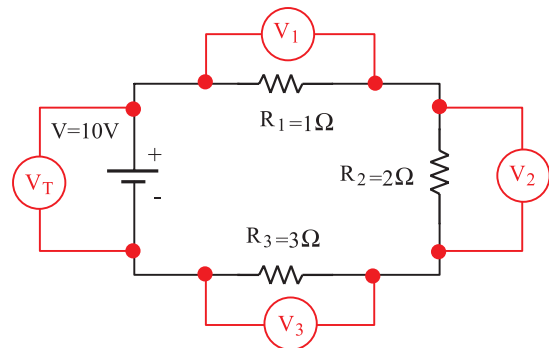
و موازی

بر اثر عبور جریان الکتریکی از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژ به وجود می‌آید. مقدار این ولتاژ بر اساس قانون اهم از رابطه‌ی $V = R \cdot I$ 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 ببینیم، ولت‌مترها مقادیر ولتاژهای متفاوتی را در دو سر مقاومت‌ها نشان می‌دهند. ولت‌مترهای V_1 ، V_2 و V_3 مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 و ولت‌متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۷۷ بررسی ولتاژها در مدار سری

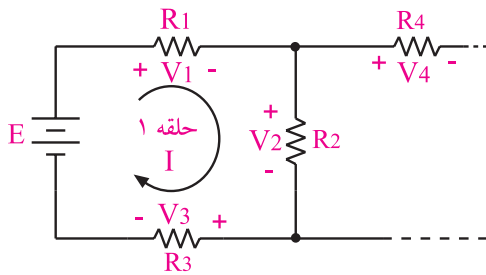
با توجه به شکل ۲-۷۷ نتیجه می‌گیریم که در یک مدار سری:

$$\begin{aligned} V_T &= V_1 + V_2 + V_3 \\ V_{R_T} &= V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} \end{aligned}$$

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.

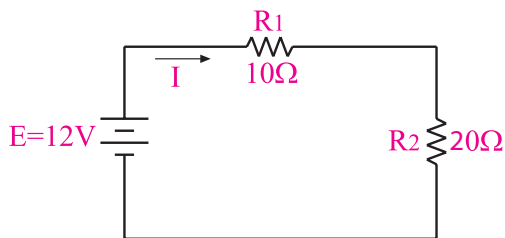
$+E$ نیروی محرکه	$-V_1$ افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1	$-V_2$ افت ولتاژ دو سر مقاومت R_2	$-V_3=0$ افت ولتاژ دو سر مقاومت R_3
---------------------	--	--	--



شکل ۲-۷۸

مثال ۱۲:

در شکل ۲-۷۹ افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 را به دست آورید.



شکل ۲-۷۹

$$A \begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array} \begin{array}{c} - \\ | \\ + \end{array} B = A \begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array} B$$

$$E_1 \quad E_2 \quad E = E_1 - E_2$$

$$A \begin{array}{c} - \\ | \\ + \end{array} \begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array} B = A \begin{array}{c} - \\ | \\ + \end{array} B$$

$$E_1 \quad E_2 \quad E = -E_1 + E_2$$

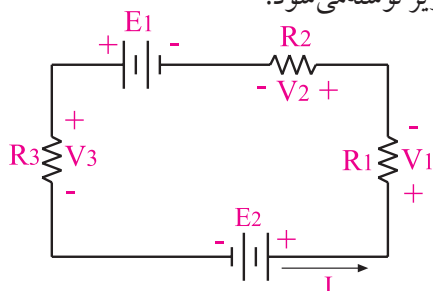
شکل ۸۱-۲ نحوه جمع جبری دو منبع ولتاژ (نیروی محرکه)

در مدارهای که بیش از یک منبع وجود دارد، به جای

n منبع می توان **منبع معادل منابع موجود** را براساس

رابطه‌ی قانون KVL قرار داد. در شکل ۸۲-۲ قانون KVL به

صورت زیر نوشته می شود:



شکل ۸۲-۲

$$E_r + E_s - V_1 - V_2 - V_3 = 0$$

$$E_r + E_s = V_1 + V_2 + V_3 \quad (E_r \text{ و } E_s \text{ معادل منبع})$$

هنگام نوشتن قانون KVL در یک حلقه‌ی بسته به نکات

زیر توجه کنید:

• برای جریان I در حلقه‌های یک جهت دلخواه انتخاب

می کنیم.

• KVL را در جهت جریان انتخابی می نویسیم.

• اگر جریان مثبت از قطب مثبت منبع خارج می شود،

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 می شود.

حل:

با توجه به قانون اهم، رابطه‌ی مقدار افت ولتاژ را در دو سر

هر مقاومت می نویسیم:

$$V_1 = R_1 \cdot I = 10I$$

$$V_2 = R_2 \cdot I = 20I$$

طبق قانون KVL داریم:

$$E - V_1 - V_2 = 0$$

در رابطه‌ی بالا به جای E و V_1 و V_2 مقادیر معادل را

می نویسیم و مقدار I را محاسبه می کنیم:

$$12 - 10I - 20I = 0$$

$$12 - 30I = 0$$

$$12 = 30I$$

$$I = \frac{12}{30} = 0.4A \Rightarrow I = 0.4A$$

در رابطه‌ی V_1 و V_2 به جای I عدد می گذاریم:

$$V_1 = 10I = 10 \times 0.4 = 4V \Rightarrow V_1 = 4(V)$$

$$V_2 = 20I = 20 \times 0.4 = 8V \Rightarrow V_2 = 8(V)$$

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.

$$A \begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array} \begin{array}{c} - \\ | \\ + \end{array} B = A \begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array} B$$

$$E_1 \quad E_2 \quad E = E_1 + E_2$$

$$A \begin{array}{c} - \\ | \\ + \end{array} \begin{array}{c} + \\ | \\ - \end{array} B = A \begin{array}{c} - \\ | \\ + \end{array} B$$

$$E_1 \quad E_2 \quad E = E_1 + E_2$$

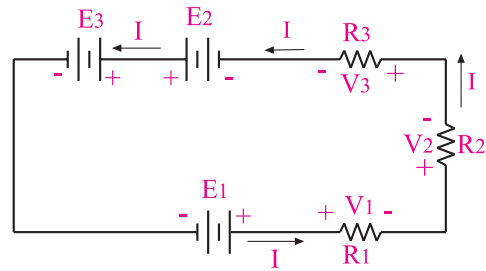
شکل ۸۰-۲

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 می آید.

مثال ۱۸: رابطه KVL را برای مدار شکل ۲-۸۳ بنویسید.



شکل ۲-۸۳

حل:

و سپس رابطه‌ی KVL را در آن می‌نویسیم:

$$-E_3 + E_2 + V_1 + V_2 = 0$$

مقادیر را در رابطه جایگزین می‌کنیم و مقدار I را به دست

می‌آوریم:

$$-6 + 15 + R_1 \cdot I + R_2 \cdot I = 0$$

$$-6 + 15 + 10 \cdot I + 15 \cdot I = 0$$

$$+9 = -25 \cdot I$$

$$I = \frac{9}{-25} = -0.36 \text{ A} \Rightarrow I = -0.36 \text{ A}$$

علامت منفی نشان می‌دهد که جهت اصلی جریان بر

خلاف جهت جریان انتخابی است، لذا جهت جریان باید

اصلاح شود.

$$V_1 = R_1 \cdot I = 10 \times (-0.36) = -3.6 \text{ V}$$

$$V_2 = R_2 \cdot I = 15 \times (-0.36) = -5.4 \text{ V}$$

علامت منفی V_1 و V_2 به این معنی است که قطب‌های

انتخاب شده‌ی مثبت (+) و منفی (-) باید معکوس شوند.

۲-۷-۳ محاسبه‌ی 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 و V_2 و V_3 افت ولتاژ دو سر مقاومت‌های

R_1 ، R_2 و R_3 را در شکل ۲-۸۵ نشان می‌دهد و ولت‌متر V_s

مقدار ولتاژ دو سر منبع تغذیه را مشخص می‌کند. در مدار

موازی تمام این ولتاژها مساوی هستند و همه‌ی ولت‌مترها در

این شکل یک عدد را نشان می‌دهند.

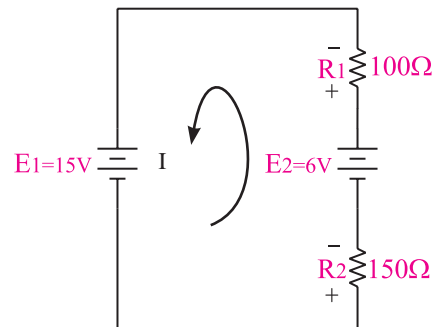
$+E_1$	$+E_2$	$-E_3$	$-V_1 - V_2 - V_3 = 0$
جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود	جریان از قطب مثبت آن خارج می‌شود	جریان به قطب مثبت وارد می‌شود	جریان به پایه‌ای که برای مقاومت، مثبت در نظر گرفته‌ایم وارد می‌شود

توجه داشته باشید که جهت انتخاب جریان (I) در شروع

کار برای حل مسئله اختیاری است.

مثال ۱۹: در شکل ۲-۸۴ ولتاژ دو سر هر یک از

مقاومت‌های مدار را به دست آورید.



شکل ۲-۸۴

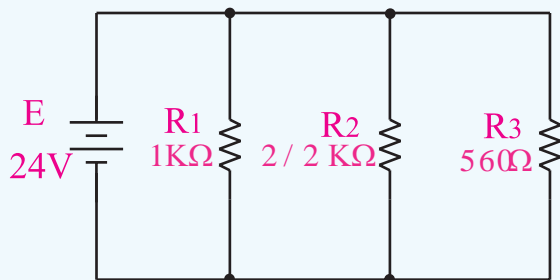
حل:

ابتدا یک جهت جریان دلخواه برای مدار در نظر می‌گیریم

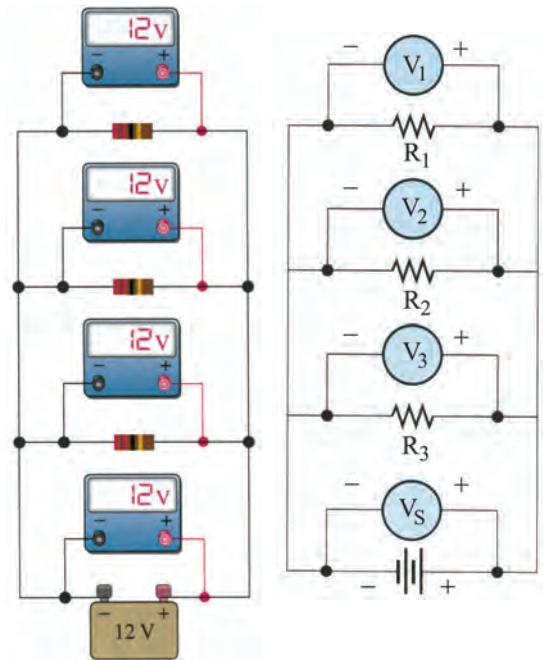
همان گونه که قبلاً نیز اشاره شد، برای اندازه گیری افت ولتاژ دو سر مقاومت ها از دستگاه اندازه گیری ولت متر استفاده می شود. قبل از به کار گیری عملی دستگاه اندازه گیری ولت متر، آن را مورد بررسی قرار می دهیم.

تمرین کلاسی ۴: در مدار شکل ۸۷-۲

افت ولتاژ دو سر مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 را به دست آورید.



۲-۸۷



شکل ۸۵-۲ مدار با چهار مقاومت موازی

بنابراین برای مدارهای موازی می توانیم رابطه ی زیر را

بنویسیم:

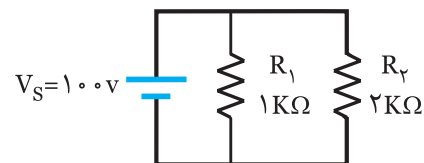
$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_S$$

یعنی:

$$V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = \dots = V_S$$

مثال ۲۰: ولتاژ دو سر مقاومت های R_1 ، R_2 در مدار شکل

۸۶-۲ را به دست آورید.



شکل ۸۶-۲

حل:

مقاومت های R_1 ، R_2 موازی هستند، پس افت ولتاژ دو سر

این دو مقاومت با هم برابر و مساوی ولتاژ تغذیه است:

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

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 شهر) را دریافت و آن را تبدیل به ولتاژ DC مورد نیاز برای مدارهای الکترونیکی می کند. خروجی منبع تغذیه می تواند ثابت یا متغیر باشد. در صورتی که منبع تغذیه دارای ولتاژ خروجی متغیر باشد روی پانل دستگاه، یک ولوم قرار می دهند. با تغییر این ولوم می توان ولتاژ خروجی را به مقدار دلخواه تنظیم کرد. در شکل ۸۸-۲

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 داشته باشید هنگام اتصال کوتاه ولتاژ دو سر ترمینال خروجی منبع تغذیه نزدیک به صفر می‌شود.



شکل ۸۹-۲ نحوه‌ی تنظیم جریان خروجی یک منبع تغذیه

صفحه‌ی هر دستگاه الکترونیکی را پانل آن دستگاه می‌نامند.

۲-۸-۲ دستگاه اندازه‌گیری 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

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

با این ولوم می‌توان جریان خروجی را به میزان دلخواه تنظیم کرد.



با این ولوم می‌توان ولتاژ خروجی را به میزان دلخواه تنظیم کرد.



شکل ۸۸-۲ 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 مصرف‌کننده 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.



شکل ۹۰-۲ صفحه مولتی متر 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 تقریباً 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

داخلی دستگاه و مواردی دیگر است. این علایم با توجه با 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 دست آوردن 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 مدرج) ضرب کنیم. در نهایت مقدار به‌دست آمده 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:

$$10 = \frac{500}{50} = \text{ضریب صفحه}$$

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.

$$38 \times \frac{500}{50} = 380 (V) \quad \begin{matrix} \text{(رنج ولت متر)} \\ \text{(حداکثر درجه بندی)} \end{matrix}$$

منبع تغذیه را روشن کنید.

سعی کنید به کمک ولت متر جداگانه‌ای که به

۳/۸۵ V، ۴/۵ V، ۵/۱ V، ۶/۸۵ V ولت تنظیم کنید.

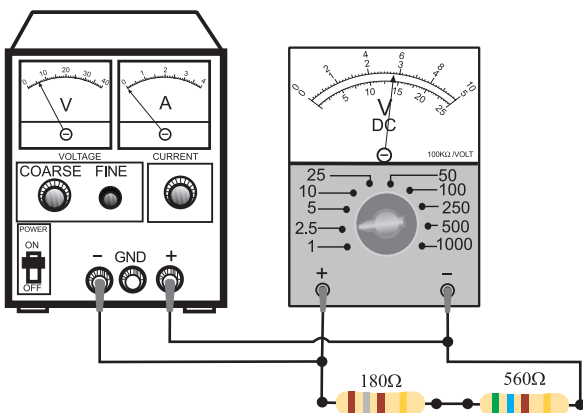
انتخاب کنید که انحراف عقربه، بیشترین مقدار ممکن را

اندازه‌گیری رنج ولت‌متر را روی ۵V قرار دهید.

یک ولوم دیگر به نام FINE وجود دارد که با تغییر این ولوم

موضوع ب- ولتاژ در مدار سری و قانون KVL

مداری مطابق شکل ۹۳-۲ ببندید.



شکل ۹۳-۲

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

۱-۹-۲ هدف آزمایش :

و موازی و تحقیق عملی قانون ولتاژ KVL

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

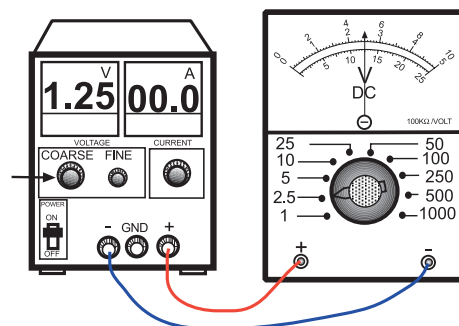
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	منبع تغذیه ۱A، ۱۵V-۰	یک دستگاه
۲	مولتی متر عقربه‌ای یا دیجیتالی	یک یا دودستگاه
۳	مقاومت 180Ω - ۵/۵ وات	یک عدد
۴	مقاومت 560Ω - ۵/۵ وات	یک عدد
۵	سیم‌های یک سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم‌های دو سرگیره سوسماری	دو رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۹-۲ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف - آشنایی با منبع تغذیه

■ مدار شکل ۹۲-۲ را ببندید. حتی اگر منبع تغذیه شما

جداگانه وصل کنید .



شکل ۹۲-۲

■ 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 180Ω و 560Ω را با مولتی‌متر اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

توجه

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



بار به دو سر مقاومت 560Ω 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:

مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر برای کل مدار نشان می‌دهد.	$V_1 = 6\text{ V}$
مقدار ولتاژی را که ولت‌متر در دو سر مقاومت 180Ω اهم نشان می‌دهد.	$V_2 = \dots\dots\dots \text{ V}$
مقدار ولتاژی را که ولت‌متر در دو سر مقاومت 560Ω اهم نشان می‌دهد.	$V_3 = \dots\dots\dots \text{ V}$

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

.....

.....

.....

مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در دو سر مقاومت 180Ω نشان می‌دهد.	$V_2 = \dots\dots\dots \text{ V}$
مقدار ولتاژی را که مولتی‌متر در دو سر مقاومت 560Ω نشان می‌دهد.	$V_3 = \dots\dots\dots \text{ V}$

سوال ۱۶: مقادیر V_2 و V_3 را به ازای $V_1 = 6\text{ V}$ و $V_1 = 12\text{ V}$ با یکدیگر مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟ دقیقاً توضیح دهید.

.....

.....

.....

توجه

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



سوال ۱۷: آیا می توان نتیجه گرفت که در هر دو مرحله ی آزمایش که انجام شد، رابطه ی $V_1 = V_p + V_s$ برقرار است؟ به عبارتی دیگر آیا جمع جبری افت ولتاژها در حلقه ی بسته ی مدار سری، صفر است، $V_1 - V_p - V_s = 0$ توضیح دهید.



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



در این مدار، اندازه گیری ها توسط یک مولتی متر انجام می شود. شکل نشان داده شده مشخص کننده ی حالت های اندازه گیری است. برای هر اندازه گیری باید سیم های رابط مولتی متر را جابه جا کنید.

- مولتی متر در شکل ۹۴-۲ چه عددی را نشان می دهد؟ یادداشت کنید.

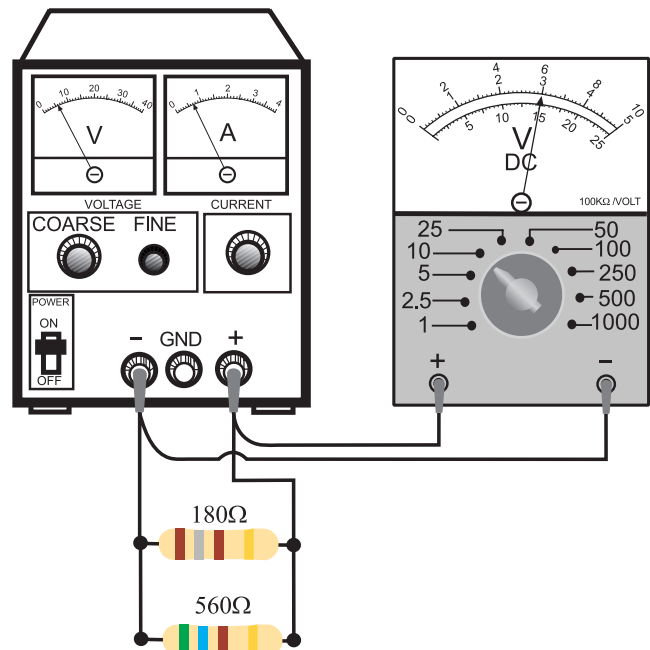
ولتاژی را که مولتی متر در حالت (۱) نشان می دهد.

$$V_1 = \dots\dots\dots (V)$$

- مولتی متر را در حالت (۲) در شکل ۹۵-۲ قرار دهید و به دو سر مقاومت 180Ω وصل کنید و مقدار ولتاژ نشان داده شده را بخوانید و یادداشت کنید.

ولتاژی را که مولتی متر در حالت (۲) نشان می دهد.

$$V_2 = \dots\dots\dots (V)$$



شکل ۹۴-۲

موضوع ج- اندازه گیری ولتاژ دو سر مقاومت ها در مدار موازی

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

حالت (۳) نشان می دهد.

V_r = (V)

و V_3 یکسان هستند؟ چرا؟ توضیح دهید.



۴-۹-۲ نتایج آزمایش :

آنچه را که در این آزمایش فرا گرفته‌اید به اختصار شرح

دهيد.

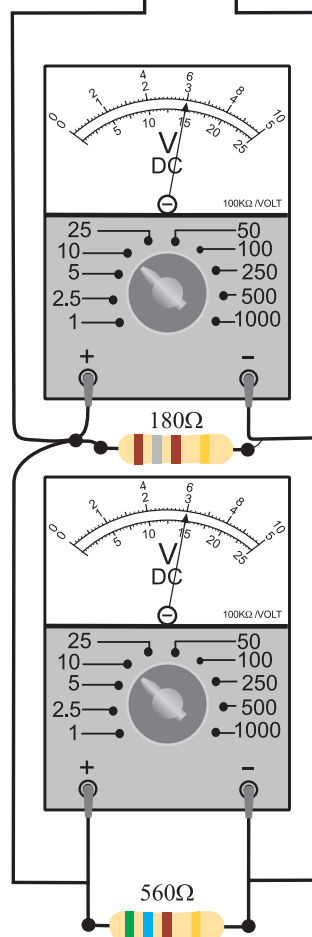
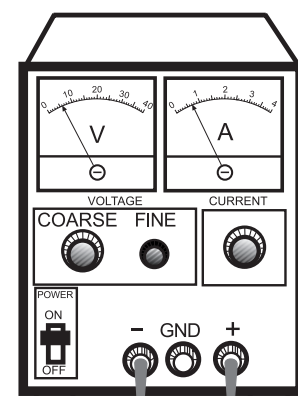
الف -

—۷

— ୮ —

حفاظت از وسایل، مهارت ارزش گذاری بر ثروت

عمومی را ایجاد می کند و میزان هزینه هایی که برای تحصیل هر فرد از طرف خانواده و دولت صرف می شود را کاهش می دهد.



حالت (۲)

حالت (۳)

شکل ۹۵-۲

■ مولتی متر را در حالت (۳) به دو سر مقاومت 560Ω اهم به صورت موازی وصل کنید و ولتاژ را بخوانید و یادداشت کنید.

برای جریان در مدار سری می‌توانیم رابطه‌ی زیر را

بنویسیم:

$$I_{A1} = I_{A2} = I_{A3} = I_{A4} = I_T$$

یعنی:

$$I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_T$$

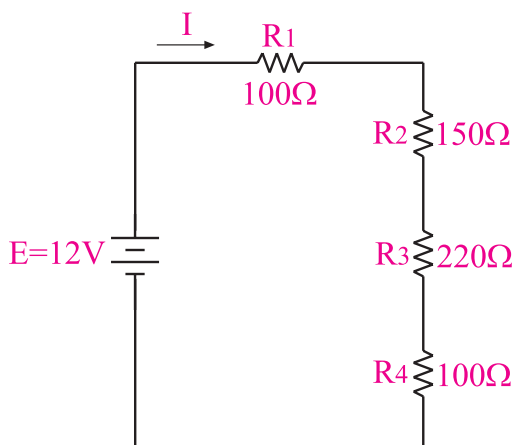
طبق قانون اهم، جریان کل در مدار سری شکل ۲-۹۶

برابر است با:

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

مثال ۲۱: در شکل ۲-۹۷ جریان هر یک از مقاومت‌های

مدار و جریان کل مدار چند میلی‌آمپر است؟



شکل ۲-۹۷ محاسبه‌ی جریان در مدار سری

حل:

مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

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

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

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

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

موازی

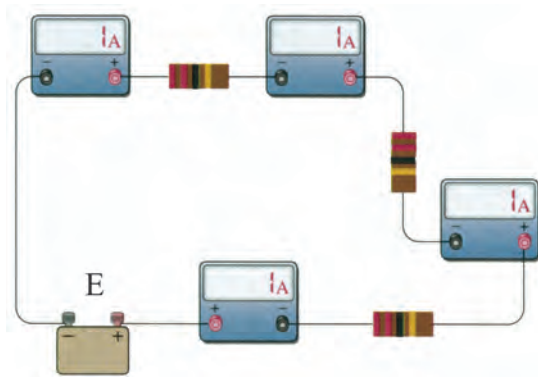
۲-۱۰-۱ محاسبه‌ی جریان و توان در یک مدار سری

چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی

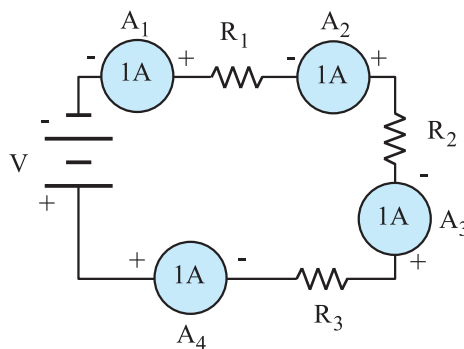
وجود دارد در نتیجه جریان عبوری از تمام مقاومت‌ها ثابت

است. مطابق شکل ۲-۹۶ در یک مدار سری هر یک از

آمپرمترها جریان‌های مساوی را نشان می‌دهند.



الف - مدار واقعی



ب- نقشه‌ی فنی

شکل ۲-۹۶ جریان مدار سری همواره ثابت

نکته:



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

نمایش می‌دهند.

توجه

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

$$P_T = P_1 + P_2$$



راه حل اول: ابتدا توان کل را به دست می آوریم:

$$P_T = 100 + 100 = 200 \text{ W}$$

رابطه‌ی توان را بر حسب ولتاژ و جریان می نویسیم و جریان

مدار را با استفاده از مقادیر توان و ولتاژ محاسبه می کنیم:

$$P_T = I \cdot V$$

$$I = \frac{P_T}{V} = \frac{200}{220} = 0.91 \text{ A} \Rightarrow I = 0.91 \text{ A}$$

راه حل دوم: استفاده از رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ ابتدا مقاومت

اهمی هر یک از مصرف کننده‌ها را با استفاده از رابطه‌ی توان

محاسبه می کنیم:

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{(110)^2}{100} = 121 \Omega$$

برای مقاومت R_2 نیز با همین روش عمل می کنیم:

$$R_2 = \frac{V_2^2}{P_2} = \frac{(110)^2}{100} = 121 \Omega$$

مقدار مقاومت کل را محاسبه می کنیم:

$$R_T = R_1 + R_2 = 121 + 121 = 242 \Omega$$

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

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{12}{570} = 0.021 \text{ A} \Rightarrow I = 0.021 \text{ A}$$

برای تبدیل جریان بر حسب میلی آمپر، مقدار جریان بر

حسب آمپر را در عدد ۱۰۰۰ ضرب می کنیم:

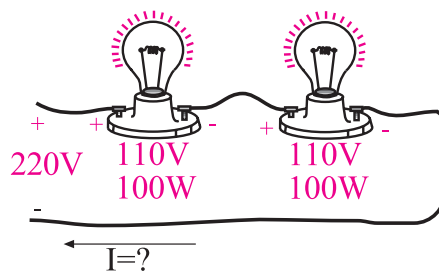
$$1 \text{ A} = 1000 \text{ mA} = 10^3 \text{ mA}$$

$$I = 0.021 \times 1000 = 21 \text{ mA} \Rightarrow I = 21 \text{ mA}$$

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؟



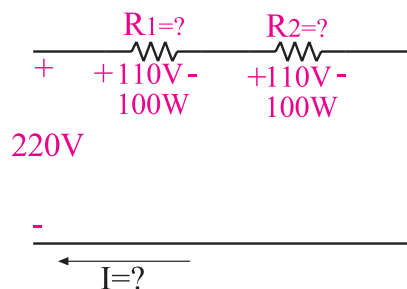
شکل ۹۸-۲

حل:

می توانیم 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.

جریان مدار را به دست می آوریم:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{220}{242} = 0.91A \Rightarrow I = 0.91A$$

ولتاژ دو سر R_p را به دست می آوریم:

$$V_p = R_p \cdot I = 10 \times 0.91 = 9.1V$$

با استفاده از قانون حلقه‌ی KVL مقدار ولتاژ V_p را

محاسبه می کنیم:

$$E - V_1 - V_p = 0 \\ 12 - 1 - V_p = 0 \Rightarrow V_p = 11(V)$$

با استفاده از قانون اهم مقدار R_p را به دست می آوریم:

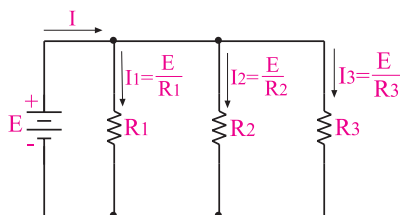
$$V_p = R_p \cdot I \Rightarrow 11 = R_p \times 0.91 \\ R_p = \frac{11}{0.91} = 11.0\Omega \Rightarrow R_p = 11.0\Omega$$

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 می شود، زیرا طبق قانون اهم، $I = \frac{V}{R}$ است. در مدار موازی جریانی که از منبع کشیده می شود، بین مقاومت‌ها تقسیم می شود. یا به عبارت دیگر داریم:

$I =$	I_1	$+I_p$	$+I_n$
جریانی که از منبع کشیده می شود	جریان عنصر اول	جریان عنصر دوم	جریان عنصر n ام

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



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

راه حل سوم: می دانیم جریان در مدار سری یکسان

است:

$$I = I_1 = I_p$$

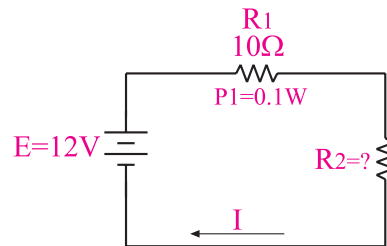
با استفاده از رابطه‌ی $I = \frac{P}{V}$ مقدار I را محاسبه می کنیم:

$$I = \frac{P_1}{V_1} = \frac{100}{110} = 0.91A \Rightarrow I = 0.91A$$

همان طور که مشاهده می شود، مقدار جریان از سه روش

یکسان است.

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



شکل ۲-۱۰۰

حل:

رابطه‌ی توان را برای R_1 می نویسیم:

$$P_1 = V_1 \cdot I_1 = R_1 \cdot I^2$$

مقادیر P و R_1 را در رابطه قرار می دهیم و مقدار I را

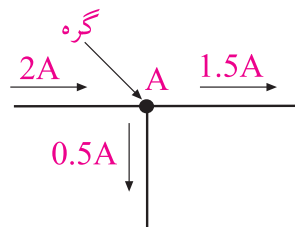
محاسبه می کنیم:

$$0.1 = 10 \cdot I^2 \Rightarrow I^2 = \frac{0.1}{10} = 0.01$$

$$I = 0.1A$$

۳-۱۰-۲- قانون جریان کریشف (KCL)

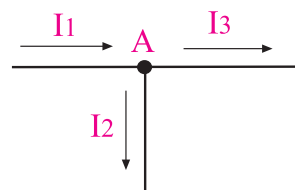
طبق این قانون (KCL) جمع جبری جریان‌هایی که در یک مدار الکتریکی به یک نقطه وارد می‌شوند برابر با صفر است، یا به معنی دیگر، جمع جریان‌هایی که به یک نقطه وارد می‌شوند برابر جمع جریان‌هایی است که از آن نقطه خارج می‌شوند، شکل ۲-۱۰۲.



شکل ۲-۱۰۲

در شکل ۲-۱۰۲ جریانی برابر ۲ آمپر به نقطه‌ی A وارد می‌شود و جریان‌های ۰/۵ و ۱/۵ آمپری (۰/۵ A + ۱/۵ A) از آن نقطه خارج می‌شود. جریان‌های وارده به نقطه یا گره (NODE) را معمولاً با علامت مثبت (+) و جریان‌هایی که از نقطه یا گره خارج می‌شوند با علامت منفی (-) نشان می‌دهند.

همان‌طور که در شکل ۲-۱۰۳ مشاهده می‌شود، مجموع جریان‌های ورودی به گره ۲A و جریان خارج شده از گره نیز ۲A است.



شکل ۲-۱۰۳

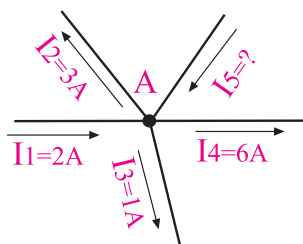
$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

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:

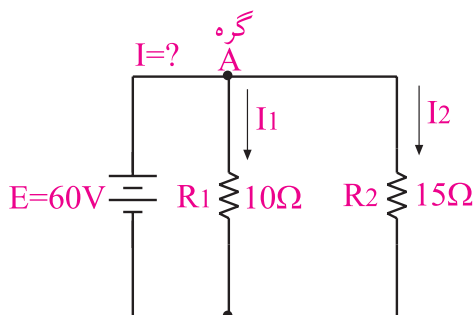
$$2 - 3 - 1 - 6 + I_5 = 0$$

جریان I۵ را به دست می‌آوریم:

$$2 - 10 + I_5 = 0$$

$$I_5 = 8 \text{ A}$$

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 می کنیم:

مقاومت های R_1 و R_2 برابر با E است، مقادیر I_1 و I_2 را محاسبه می کنیم:

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{6/875}{1000} = 0.006875 \text{ A} = 6/875 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_1 = 6/875 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{6/875}{2200} = 0.003125 \text{ A} = 3/125 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_2 = 3/125 \text{ mA}$$

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{60}{10} = 6 \text{ A} \Rightarrow I_1 = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{60}{15} = 4 \text{ A} \Rightarrow I_2 = 4 \text{ A}$$

مقادیر I_1 و I_2 را در رابطه ی KCL قرار می دهیم و مقدار I را حساب می کنیم:

$$I - 6 - 4 = 0$$

$$I - 10 = 0 \Rightarrow I = 10 \text{ A}$$

راه حل دوم: با استفاده از روابط زیر که به تقسیم جریان

بین دو شاخه ی موازی مشهور است می توانیم جریان های 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 می کنیم:

$$I_1 = 10 \text{ mA} \frac{2200}{1000 + 2200} = 6/875 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_1 = 6/875 \text{ mA}$$

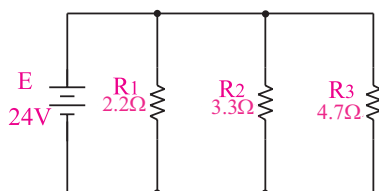
مقدار جریان I_2 را محاسبه می کنیم:

$$I_2 = 10 \text{ mA} \frac{1000}{1000 + 2200} = 3/125 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_2 = 3/125 \text{ mA}$$

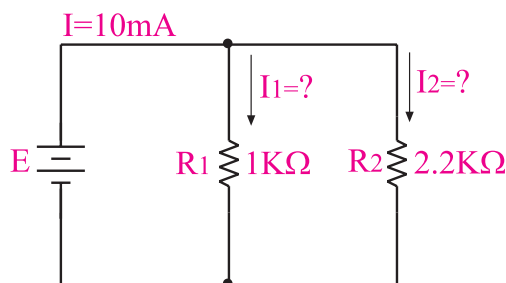
مثال ۲۷: توان تلف شده در هر مقاومت شکل ۲-۱۰۷ و

توان مصرفی کل مدار چند وات است؟



شکل ۲-۱۰۷

مثال ۲۶: در شکل ۲-۱۰۶ مقدار جریان های I_1 و I_2 را به دست آورید.



شکل ۲-۱۰۶

راه حل اول:

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

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1000 \times 2200}{1000 + 2200} = 687/5 \Omega$$

ولتاژ E را محاسبه می کنیم:

$$E = 687/5 \times 10 \times 10^{-3} = 6/875 \text{ V}$$

با توجه به این که مدار موازی است و ولتاژ دو سر

حل:

با استفاده از رابطه‌ی مقدار توان را در هر یک از مقاومت‌ها

محاسبه می‌کنیم:

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

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

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

توان کل برابر است با مجموع توان‌های مصرفی در هر

مقاومت:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P_T = 261/8 + 174/5 + 122/5 = 558/8 W$$

$$R_T = 558/8 W$$

تمرین کلاسی ۵: توان تلف شده در

هر مقاومت در شکل ۲-۱۰۸ و توان مصرفی کل مدار چند

وات است؟



شکل ۲-۱۰۸

نکته ۲: در مدارهای الکتریکی و

الکترونیکی آمپر متر به صورت سری با مقاومت و سایر قطعات قرار می‌گیرد.

۱۱-۲ دستگاه اندازه‌گیری جریان «میلی آمپر متر»

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 میلی آمپر متر را در بیشترین مقدار خود می‌گذاریم و به تدریج مقدار رنج را کم‌تر می‌کنیم تا انحراف عقربه در حد مناسب باشد.

هنگام تغییر رنج آمپر متر، حتماً آمپر متر را از مدار جدا کنید.

هر آمپر متر 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

نکته ۱: برای اندازه‌گیری جریان در

مدارهای الکتریکی از آمپر متر استفاده می‌شود.

۱۲-۲ آزمایش شمارهی (۳)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۱۲-۲-۱ هدف آزمایش:

اندازه گیری جریان در مدارهای سری و موازی و تحقیق

عملی قانون KCL، تاثیر تغییر ولتاژ روی مقاومت VDR

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

ردیف	نام و مشخصات تجهیزات	تعداد/مقدار
۱	منبع تغذیه ۱۵V-۱A	یک دستگاه
۲	مولتی متر عقربه ای یا دیجیتالی	یک دستگاه
۳	مقاومت های 220Ω ، 560Ω از هر کدام	یک عدد
۴	مقاومت وابسته به ولتاژ (VDR)	یک عدد
۵	سیم های دو سرگیره سوسماری	چهار رشته
۶	سیم های یک سرگیره سوسماری	چهار رشته
۷	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۱۲-۲-۳ 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 اندازه گیری جریان، فقط از یک مولتی متر و به صورت مرحله ای استفاده کنید.



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

درضمن در بسیاری از مولتی مترها، ترمینال جریان از ترمینال ولتاژ جدا است. در این دستگاه ها باید جریان را به ترمینال mA و com اعمال کرد.

اگر حدود جریان مورد اندازه گیری از قبل مشخص باشد، رنج مناسب را انتخاب کنید. چنان چه مقدار تقریبی جریان از قبل مشخص نبود، ابتدا رنج آمپر متر را در بیش ترین مقدار خود قرار دهید.

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

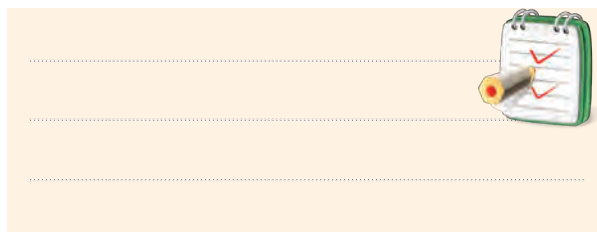


شکل ۱۰۹-۲ یک نمونه میلی آمپر متر آزمایشگاهی

این نمونه میلی آمپر متر آزمایشگاهی است و گران قیمت است. برای اندازه گیری از مولتی متر استفاده کنید.

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

توضیح دهید؟



توجه

آمپر متر در مدار به صورت سری به قطعات وصل می شود.



توجه

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



موضوع ب- تحقیق روی قانون KCL و

اندازه گیری جریان در مدار موازی

■ ولتاژ منبع تغذیه را صفر کنید.

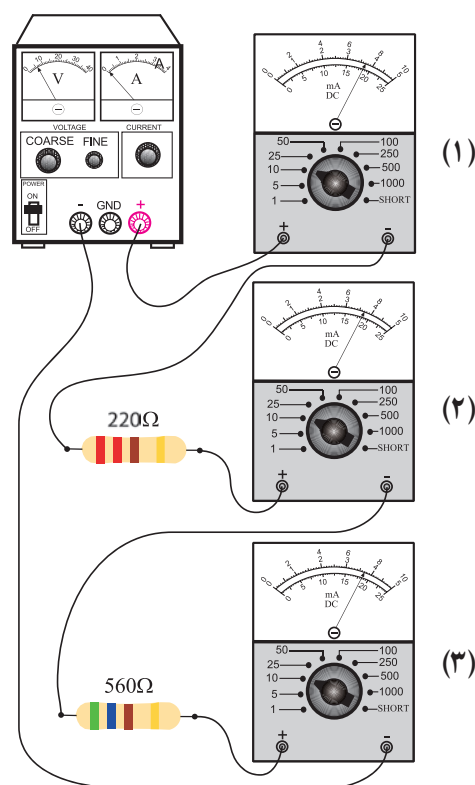
■ مداری مطابق شکل ۱۱۱-۲ ببندید.

■ میلی آمپر متر را ابتدا مطابق شکل ۱۱۱-۲ به صورت

سری به ورودی منبع تغذیه ی حالت (۱) اتصال دهید و مقدار

جریان مدار را اندازه گیری و یادداشت کنید.

$$I_{\text{کل}} = I_1 = \dots\dots\dots \text{mA}$$



شکل ۱۱۰-۲

■ رنج میلی آمپر متر را روی ۱۰ mA بگذارید.

■ منبع تغذیه را روی ۶ ولت تنظیم کنید.

■ جریانی که میلی آمپر متر در حالت های مختلف نشان

می دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

جریانی که میلی آمپر در $I_{\text{کل}} = I_1 = \dots\dots\dots \text{mA}$

حالت (۱) نشان می دهد.

جریانی که میلی آمپر در $I_1 = \dots\dots\dots \text{mA}$

حالت (۲) نشان می دهد.

جریانی که میلی آمپر در $I_2 = \dots\dots\dots \text{mA}$

حالت (۳) نشان می دهد.

طبق شکل ۱۱۱-۲ (حالت ۳) میلی آمپر متر را به طور سری به مقاومت $560\ \Omega$ وصل کنید و جریان را اندازه گیری و یادداشت کنید.

$$I_p = \dots\dots\dots \text{mA}$$

■ رنج میلی آمپر متر حالت (۱) را روی $50\ \text{mA}$ قرار دهید.

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

■ مقادیری که میلی آمپر متر نشان می دهند را بخوانید و یادداشت کنید.

$$I_{\text{کل}} = I_p = \dots\dots\dots \text{mA}$$

حالت (۱) نشان می دهد.

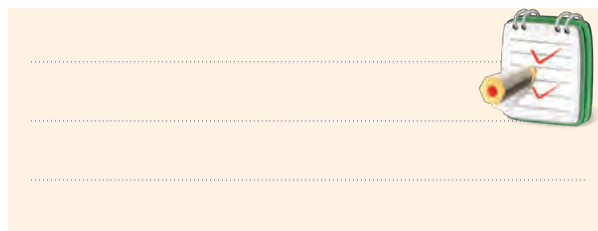
$$I_p = \dots\dots\dots \text{mA}$$

حالت (۲) نشان می دهد.

$$I_p = \dots\dots\dots \text{mA}$$

حالت (۳) نشان می دهد.

سوال ۲۰: با توجه به نتایج آزمایش بالا، رابطه $I_{\text{کل}} = I_p + I_p$ می شود؟ چرا؟ توضیح دهید.

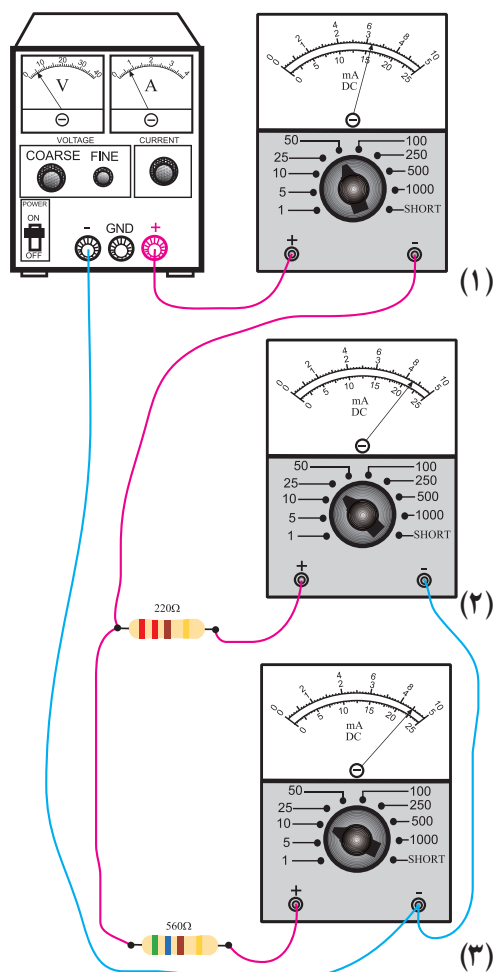


■ ولتاژ منبع تغذیه را کمی کم کنید تا میلی آمپر متر در حالت (۱) جریان $10\ \text{mA}$ را نشان دهد.

■ جریان های مقاومت $220\ \Omega$ (حالت ۲) و $560\ \Omega$ را (حالت ۳) اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

توجه

در هر مرحله که مولتی متر (میلی آمپر متر) را از مدار جدا می کنید، محل اتصال دو سیم مولتی متر را با یک قطعه سیم، اتصال کوتاه کنید.



شکل ۱۱۱-۲

■ طبق شکل ۱۱۱-۲ (حالت ۲)، میلی آمپر متر را به طور سری به مقاومت $220\ \Omega$ وصل کنید و جریان را اندازه گیری و یادداشت کنید.

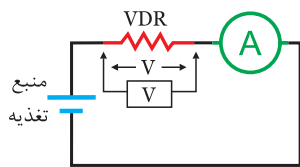
$$I_p = \dots\dots\dots \text{mA}$$

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 ۲-۱۱۲ را روی بردبرد ببندید.



۲-۱۱۲

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

$$V_{VDR} = \dots\dots\dots (V)$$

■ 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 ۲-۵ یادداشت کنید.

جدول ۲-۵

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

$I_{کل} = I_1 = 10 \text{ mA}$ جریانی که میلی‌آمپر متر در

حالت (۱) نشان می‌دهد.

جریانی که میلی‌آمپر متر در $I_1 = \dots\dots\dots \text{ mA}$

حالت (۲) نشان می‌دهد.

جریانی که میلی‌آمپر متر در $I_2 = \dots\dots\dots \text{ mA}$

حالت (۳) نشان می‌دهد.

سوال ۲۱: آیا رابطه‌ی $I_1 - I_2 - I_3 = 0$ (قانون KCL) با

توجه به مقادیر به دست آمده در مدار شکل ۲-۱۱۱ صادق است؟ توضیح دهید.



سوال ۲۲: آیا رابطه‌ی تقسیم جریان به دو شاخه‌ی

موازی در مدار شکل ۲-۱۱۱ صادق است؟ توضیح دهید.

$$\left[\begin{array}{l} I_1 = I_2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ I_2 = I_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{array} \right.$$

روابط تقسیم جریان بین دو شاخه‌ی موازی



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.

۱۳-۱-۲ 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، مجدداً 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 ساخته می‌شود.

۱۳-۲-۲ پیل‌های اولیه

پیل‌های اولیه در صنعت اصطلاحاً تحت عنوان «پیل‌های خشک» معروف هستند. و مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر است:

الف: پیل روی-کربن

پیل روی-کربن یکی از رایج‌ترین 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 لکلانسه نیز

■ 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 -

ج: پیل های لیتیوم (Lithium)

نوع دیگری از پیل های یک بار مصرف، پیل های لیتیوم هستند که اخیراً نوع قابل شارژ آن نیز ساخته شده است. از ویژگی این نوع پیل ها، ولتاژ خروجی زیاد ($2/9$ تا $3/7$ ولت بستگی به الکترولیت آن)، طول عمر زیاد (5 تا 7 سال)، وزن کم و حجم کم آن است. از این رو از این باتری در ساعت های مچی و کاربردهای ویژه ای مشابه استفاده می شود. شکل ۲-۱۱۵ نمونه هایی از انواع پیل و باتری لیتیوم را نشان می دهد.



شکل ۲-۱۱۵ انواع پیل و باتری لیتیوم

پیل های لیتیوم را به صورت باتری نیز می سازند.

د: پیل اکسید نقره

این نوع پیل از تولیدات دهه ای اخیر است که ولتاژی برابر $1/5$ ولت دارد. پیل اکسید نقره در ابعاد بسیار کوچک تولید می شود، به همین جهت در ساعت های مچی یا دستگاه های مشابه کوچک که با باتری $1/5$ ولت کار می کنند مورد استفاده قرار می گیرند.

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

می گویند. شکل ۲-۱۱۳ نمونه هایی از پیل های روی-کربن را نشان می دهد.

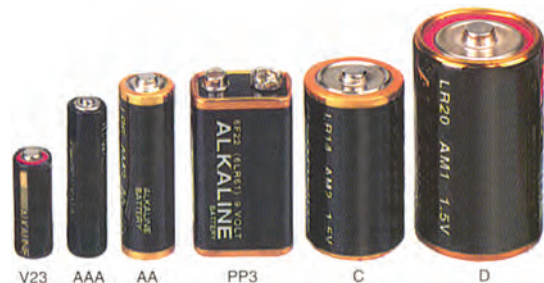


شکل ۲-۱۱۳ نمونه ای از پیل های روی-کربن

در بازار به این نوع پیل ها به غلط باتری می گویند.

ب: پیل قلیایی (آلکالین)

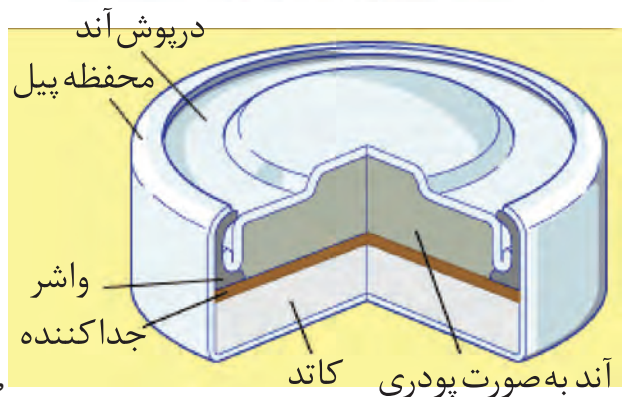
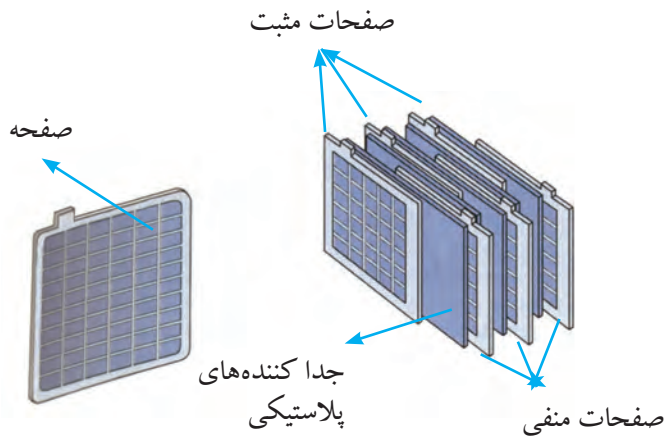
ولتاژ پیل قلیایی مانند پیل روی-کربن $1/5$ ولت است. با ابعاد مشابه، پیل قلیایی می تواند گنجایش جریانی دو تا پنج برابر پیل روی-کربن را داشته باشد. همچنین در اثر کشیدن جریان، ولتاژ پیل قلیایی افت کمتری نسبت به پیل روی-کربن دارد (زیرا مقاومت داخلی کوچکتری دارد). بنابراین در جایی که جریان بیشتر، همراه با عمر بیشتر، مورد نظر باشد می توان از باتری قلیایی به جای باتری روی-کربن استفاده کرد. شکل ۲-۱۱۴ چند نمونه از باتری قلیایی را نشان می دهد.



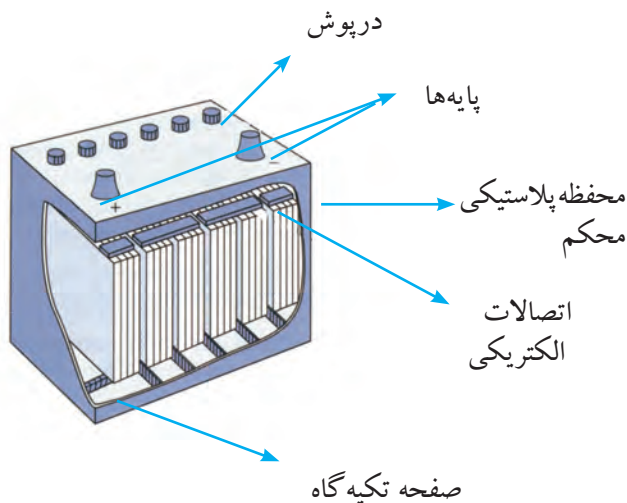
شکل ۲-۱۱۴ چند نمونه پیل قلیایی

پیل سرب-اسید

پیل سرب-اسید یکی از قدیمی ترین و رایج ترین پیل ها و از نوع ثانویه و قابل شارژ شدن است. در باتری های به کار رفته در اکثر اتومبیل ها از این نوع پیل استفاده می شود. در شکل ۱۱۷-۲ ساختمان داخلی باتری سرب-اسید را مشاهده می کنید که معمولاً در اتومبیل به کار می رود.



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



شکل ۱۱۷-۲ ساختمان باتری سرت - اسید

پیل های نیکل - کادمیوم

این پیل نیز از انواع پیل های ثانویه است و قابلیت شارژ شدن را دارد. ولتاژ نامی این پیل دربار کامل $1/2$ ولت و در حالت بی باری $1/3$ تا $1/38$ ولت است. میزان جریان دهی لحظه ای



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

۳-۱۳-۲ پیل های ثانویه

پیل های ثانویه، قابلیت پر شدن (شارژ) و خالی شدن (دشارژ) مکرر را دارند.
از انواع این نوع پیل ها می توان پیل های سرب-اسید و نیکل-کادمیوم را نام برد.

۱۴-۲ اتصال پیل‌ها

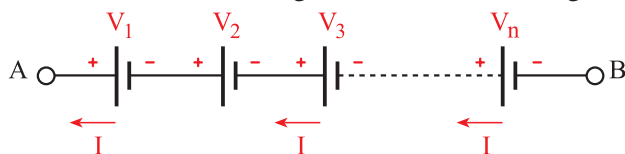
۱۴-۱-۲ اتصال سری پیل‌ها

اگر پیل‌ها را طوری به هم وصل کنیم که قطب منفی هریک به قطب مثبت دیگری اتصال داشته باشد و این روش اتصال تا آخرین پیل ادامه یابد، این نوع اتصال را «اتصال سری» موافق پیل‌ها می‌نامند، شکل ۲-۱۲۰.



شکل ۲-۱۲۰ اتصال سری پیل‌ها

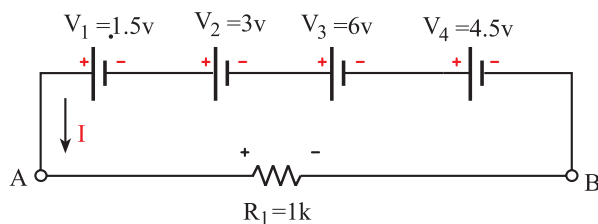
جریان عبوری از مدار چند پیل که با هم سری شده‌اند، برای همه‌ی پیل‌ها مساوی است. ولتاژ کل پیل‌های سری در شکل ۲-۱۲۱ از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:



شکل ۲-۱۲۱ جریان عبوری از اتصال سری پیل‌ها

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

مثال ۲۸: هرگاه چهار باتری مانند شکل ۲-۱۲۲ به صورت سری موافق به هم وصل شوند، ولتاژ کل مدار چه مقدار است؟



شکل ۲-۱۲۲ اتصال چهار باتری به صورت سری

این پیل خیلی زیاد است به دفعات بسیار زیاد می‌تواند شارژ شود. این پیل را می‌توان به‌طور کامل تخلیه و مجدداً شارژ کرد. باتری بسیاری از اتومبیل‌های جدید و همچنین بعضی از تلفن‌های همراه از ترکیب پیل‌های نیکل - کادمیوم است. معمولاً بر روی پیل‌های نیکل - کادمیوم واژه «RECHARGABLE» به معنی قابل شارژ شدن را می‌نویسند. در شکل ۲-۱۱۸ نمونه‌هایی از پیل‌های نیکل - کادمیوم نشان داده شده است.

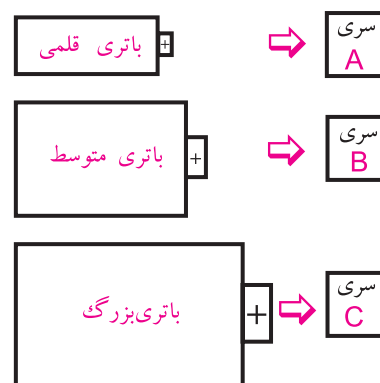


شکل ۲-۱۱۸ پیل نیکل کادمیوم

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

مثلاً باتری AA بزرگ‌تر از AAA است. در شکل ۲-۱۱۹

نام انواع باتری‌های خانگی در زیر هر یک نوشته شده است.



شکل ۲-۱۱۹ نمادهای انواع پیل‌های قلمی، متوسط و بزرگ

حل:

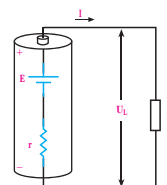
برای محاسبه‌ی ولتاژ کل باید ولتاژ هر یک از پیل‌ها را با هم جمع کنیم.

$$\begin{aligned} V_{AB} &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \\ V_{AB} &= 1/5 + 3 + 6 + 4/5 \\ V_{AB} &= V_T = 15V \end{aligned}$$

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 مجدداً ولتاژ دو سر پیل را اندازه‌گیری می‌گیریم. از مقایسه‌ی ولتاژها در می‌یابیم 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 این‌گونه تعبیر می‌کنیم که باید حتماً 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 I نمایش می‌دهند. این مقاومت همیشه با مصرف‌کننده 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.



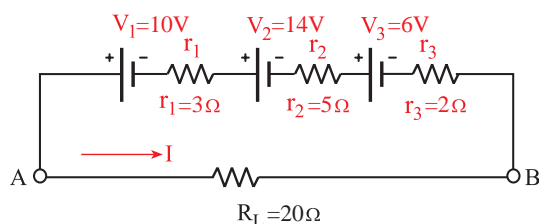
اگر پیل‌های سری شده را به صورت واقعی یعنی با مقاومت داخلی r ، در نظر بگیریم، اثر مقاومت پیل‌ها در مدار مانند چند مقاومت ظاهر می‌شود.

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:

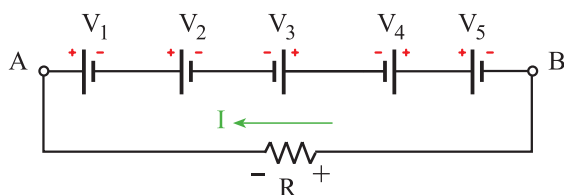
ولتاژ کل را بدون در نظر گرفتن مقاومت‌های داخلی پیل‌ها محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{aligned} V_T &= V_1 + V_2 + V_3 \\ V_T &= 10 + 14 + 6 = 30V \end{aligned} \quad \text{(الف)}$$

ب) چون مقاومت داخلی پیل‌ها به صورت سری با هم بسته شده‌اند، مقاومت معادل آن را به دست می‌آوریم:

$$\begin{aligned} r_T &= r_1 + r_2 + r_3 \\ r_T &= 3 + 5 + 2 = 10\Omega \end{aligned}$$

منفی پیل‌ها و ولتاژهای ولتاژ دو سر مقاومت بار را مشخص می‌کنیم، سپس یک جهت فرضی را برای جریان مدار در نظر می‌گیریم و طبق آن در حلقه‌ی بسته حرکت می‌کنیم، 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:

$$V_1 + V_2 - V_3 - V_4 + V_5 + RI = 0$$

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 همه‌ی پیل‌ها به یکدیگر و قطب منفی آن‌ها نیز به هم متصل شوند، این نوع اتصال را «**اتصال موازی**» می‌گویند، شکل ۲-۱۲۷.

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

$$I_L = \frac{V_{AB}}{R_L + r_T} = \frac{30}{20 + 10} \\ \Rightarrow I_L = 1A$$

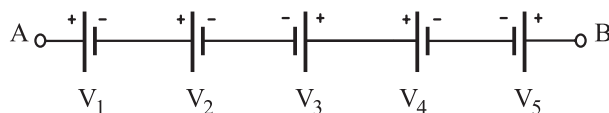
توجه

اگر ولتاژ پیل‌های سری شده با هم برابر باشند، ولتاژ کل آن‌ها از رابطه‌ی $V_T = n \cdot V$ 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 نحوه‌ی 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، کاملاً با هم مشابه باشد.

برای محاسبه‌ی ولتاژ کل مدار، ابتدا قطب‌های مثبت و

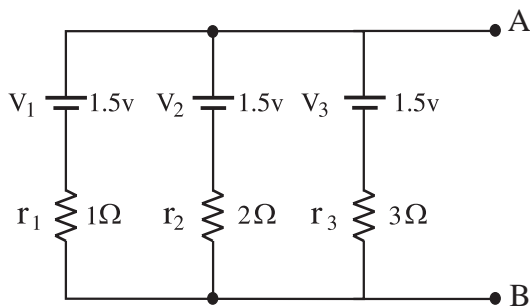
از طرفی چون پیل‌ها مساوی هستند، می‌توانیم از رابطه‌ی زیر نیز استفاده کنیم:

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

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:

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

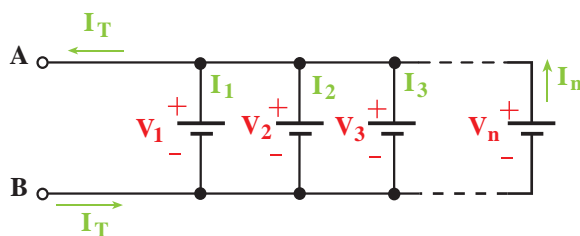
ب) مقاومت داخلی از رابطه‌ی مقاومت‌های موازی به

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \quad \text{دست می‌آید:}$$

مقادیر مقاومت‌های داخلی پیل‌ها را در رابطه جایگزین

می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \frac{1}{r_T} &= \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \\ \frac{1}{r_T} &= \frac{6+3+2}{6} = \frac{11}{6} \\ r_T &= 0.54\Omega \end{aligned}$$



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:

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

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

از طرفی چون پیل‌ها از نظر ولتاژ یکسان هستند پس

می‌توانیم بنویسیم:

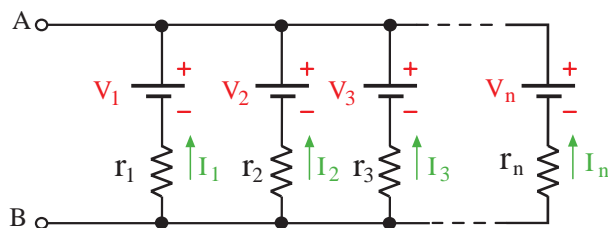
$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \Rightarrow I_T = nI$$

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

$$\frac{1}{r_T} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

۱۵-۲ آزمایش شماره (۴)

زمان اجرا: ۳ ساعت آموزشی

۱-۱۵-۲ هدف آزمایش:

اتصال سری و موازی پیل ها به صورت عملی.

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

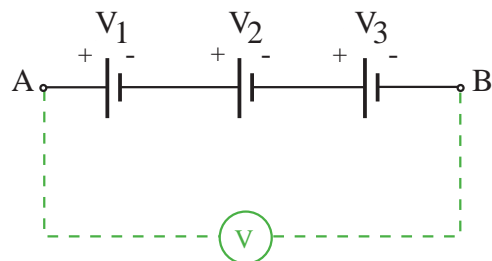
ردیف	نام و مشخصات	تعداد / مقدار
۱	ولت متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	پیل قلمی ۱/۵ ولتی	سه عدد
۳	مقاومت $1K\Omega$ ، $1W$	یک عدد
۴	بردبرد	یک قطعه
۵	سیم های دو سرگیره سوسماری	پنج رشته
۶	سیم رابط تلفنی	به مقدار لازم
۷	سیم چین	یک عدد
۸	سیم لخت کن	یک عدد

۳-۱۵-۲ مراحل اجرای آزمایش:

موضوع الف- به هم بستن سری پیل ها

■ با استفاده از ولت متر دیجیتالی، ولتای DC پیل ها را

اندازه بگیرید و یادداشت کنید، شکل ۲-۱۳۰.



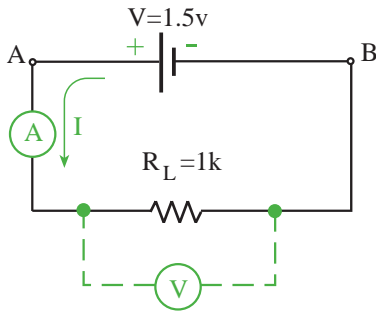
شکل ۲-۱۳۰

$$V_1 = \dots\dots\dots V$$

$$V_2 = \dots\dots\dots V$$

$$V_3 = \dots\dots\dots V$$

■ 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.

$$V_{R_L} = \dots\dots\dots V$$

■ رنج دستگاه اندازه گیری را جهت اندازه گیری جریان

آماده کنید.

■ مولتی متر دیجیتالی را در حوزه ی کار آمپر متر به

صورت سری در مدار قرار دهید و جریان را اندازه بگیرید

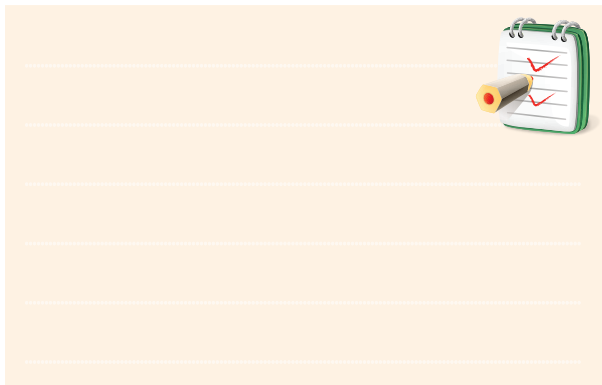
و یادداشت کنید.

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

سوال ۲۴: آیا ولتاژ اندازه گیری شده ی دو سر پیل با

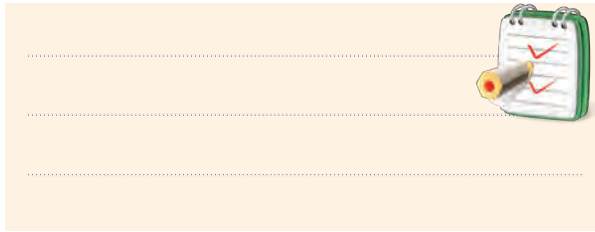
ولتاژ اندازه گیری شده ی دو سر مقاومت یکی است؟

در هر صورت پاسخ خود را شرح دهید.



سوال ۲۶: آیا بین مقدار این ولتاژ و V_{AB} که قبلا

اندازه گیری کردید، تفاوتی وجود دارد؟ چرا؟

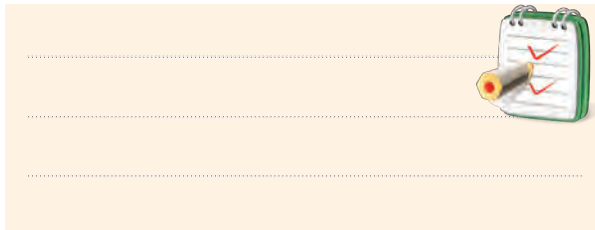


■ مولتی متر دیجیتالی را برای اندازه گیری جریان در حوزه ی کار آمپر متر قرار دهید.

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

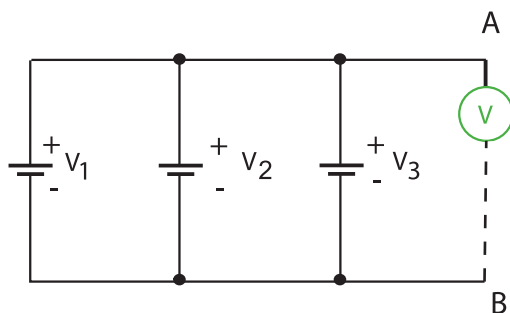
$$I_L = \dots\dots\dots A$$

سوال ۲۷: جریان در این مرحله که سه پیل در مدار وجود دارد نسبت به مرحله ای که فقط یک پیل در مدار وجود داشت، چه تغییری کرده است؟ شرح دهید.



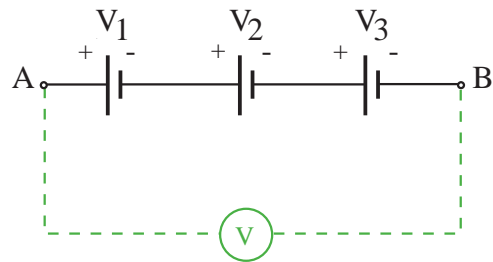
موضوع ب- اتصال موازی پیل ها و اندازه گیری مقادیر ولتاژ و جریان

■ مدار شکل ۲-۱۳۴ را ببندید.



شکل ۲-۱۳۴

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



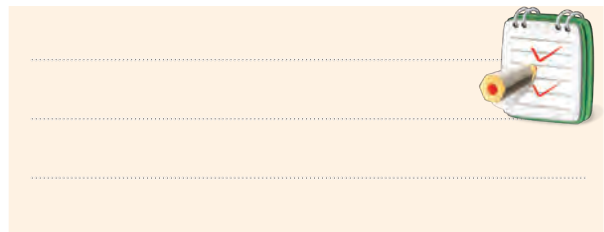
شکل ۲-۱۳۲

■ با ولت متر dc، ولتاژ دو نقطه ی A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

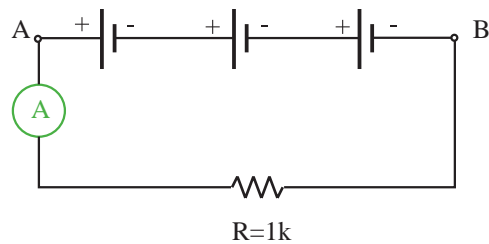
$$V_{AB} = \dots\dots\dots V$$

سوال ۲۵: از مقدار ولتاژ به دست آمده چه نتیجه ای

می گیرید؟



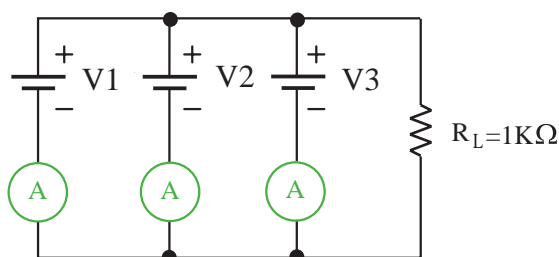
■ یک مقاومت $1K\Omega$ را مانند شکل ۲-۱۳۳ به مدار اضافه کنید.



شکل ۲-۱۳۳

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

$$V_{R_L} = \dots\dots\dots V$$



شکل ۲-۱۳۶

$$I_1 = \dots\dots\dots$$

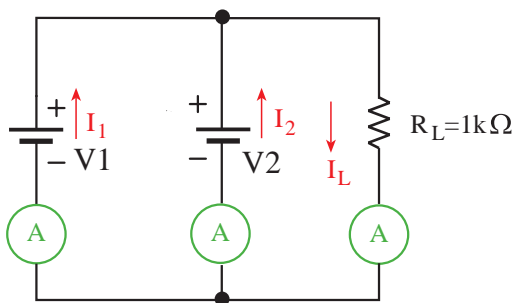
$$I_2 = \dots\dots\dots$$

$$I_3 = \dots\dots\dots$$

سوال ۲۹: از مقایسه‌ی جریان‌ها در این دو مرحله چه

نتیجه‌ای می‌گیرید؟ توضیح دهید.

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



شکل ۲-۱۳۷

■ با استفاده از مولتی‌متر که در حوزه‌ی کار ولت‌متر

DC قرار دارد، ولتاژ دو سر مقاومت R_L را اندازه بگیرید و

یادداشت کنید.

$$V_{R_L} = \dots\dots\dots V$$

■ با مولتی‌متری که در حوزه‌ی کار ولت DC قرار دارد،

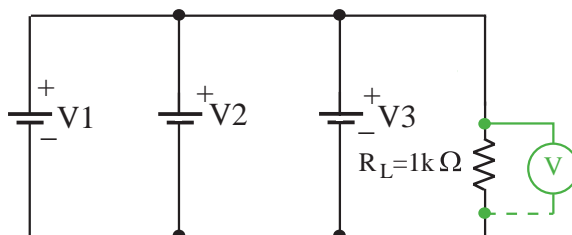
ولتاژ دو نقطه‌ی A و B را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

$$V_{AB} = \dots\dots\dots V$$

■ یک مقاومت $1K\Omega$ را با پیل‌ها موازی کنید.

■ ولتاژ دو سر مقاومت R_L را با استفاده از مولتی‌متر DC

اندازه بگیرید و یادداشت کنید، شکل ۲-۱۳۵.



شکل ۲-۱۳۵

$$V_{R_L} = \dots\dots\dots V$$

سوال ۲۸: ولتاژ اندازه‌گیری شده در این دو مرحله یکی

هستند؟ چرا؟ توضیح دهید.

■ با استفاده از مولتی‌متر در حوزه‌ی کار آمپر متر dc،

جریان جاری شده در مقاومت R_L را اندازه بگیرید و یادداشت

کنید.

$$I_L = \dots\dots\dots A$$

■ مولتی‌متر را در حوزه‌ی کار آمپر متر به تفکیک در

مسیر پیل‌ها قرار دهید و مانند شکل ۲-۱۳۶، جریان هر یک از

پیل‌ها را یادداشت کنید.

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.

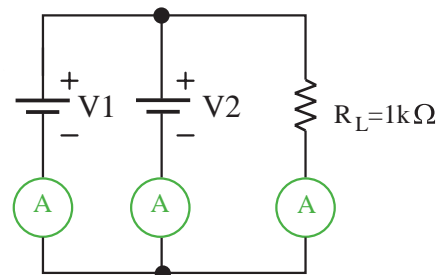
سوال ۳۰: آیا این ولتاژ با ولتاژ دو سر مقاومت R_L در

حالی که سه پیل با هم موازی شده بودند، یکی است؟ چرا؟ توضیح دهید.



■ با استفاده از آمپر متر dc جریان هر یک از شاخه‌ها را

مانند شکل ۲-۱۳۸ اندازه بگیرید و یادداشت کنید.



شکل ۲-۱۳۸

$$I_1 = \dots\dots\dots A$$

$$I_V = \dots\dots\dots A$$

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

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.





آزمون پایانی فصل (۲)

۱- پیل های لیتیوم چند ولتی هستند؟

الف) ۱/۲ (ب) ۱/۵

ج) ۳ (د) ۶

۲- پیل های ۱/۵ ولت کوچک (مخصوص ساعت مچی)

معمولا از کدام نوع پیل ساخته می شوند؟

الف) آلکالین (ب) روی-کربن

ج) لیتیوم (د) اکسید نقره

۳- پیل های اولیه ی قابل شارژ و پیل های ثانویه قابل

شارژ.....

الف) هستند- نیستند (ب) هستند- هستند

ج) نیستند- نیستند (د) نیستند- هستند

۴- مزیت باتری های آلکالین بر باتری های روی-کربن

کدام است؟

الف) حجم کم تر (ب) ولتاژ بیش تر

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

۵- مقدار مقاومت شکل ۲-۱۳۸ کدام است؟

470RM

شکل ۲-۱۳۹

الف) $470\Omega \pm 20\%$ (ب) $470\Omega \pm 10\%$

ج) $470M\Omega \pm 20\%$ (د) $470M\Omega \pm 10\%$

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



شکل ۲-۱۴۰

الف) $2200\Omega \pm 10\%$ (ب) $220\Omega \pm 10\%$

ج) $2200\Omega \pm 5\%$ (د) $220\Omega \pm 5\%$

۷- ترمیستوری را که تغییر مقاومت آن با افزایش دما

نسبت مستقیم دارد،..... می گویند.

۸- مقاومت های لایه ای معمولا از ترکیبات اکسید فلزی

..... و ساخته می شوند.

۹- مقاومت هایی که در اثر افزایش دما، مقدار مقاومت شان

کاهش می یابد، NTC نام دارد.

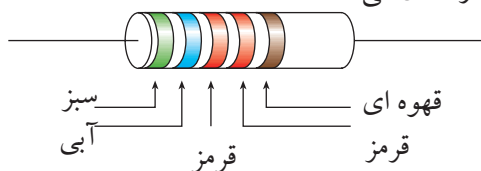
صحيح ☐ غلط ☐

۱۰- تُلرانس مقاومت های سری E۱۲ برابر $\pm 10\%$ است.

صحيح ☐ غلط ☐

۱۱- کدام گزینه مقدار اهم و تُلرانس مقاومت شکل

۲-۱۴۱ را نشان می دهد؟



شکل ۲-۱۴۱

الف) $56/2\Omega \pm 2\%$ (ب) $6/84\Omega \pm 10\%$

ج) $56/2K\Omega \pm 1\%$ (د) $6/84K\Omega \pm 1\%$

۱۲- در مدارهای الکتریکی آمپر متر به صورت..... و

ولت متر 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- الکتروود مثبت کدام یک از باتری‌های زیر از جنس

اکسید منگنز است؟

الف) سرب - اسید ب) روی - کربن

ج) قلیایی د) جیوه‌ای

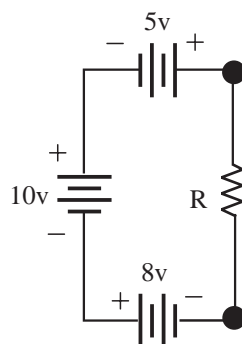
۱۵- ولتاژ دو سر مقاومت در مدار شکل ۲-۱۴۲ چند ولت

است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.

الف) ۷ ب) ۱۳

ج) ۱۸ د) ۲۳

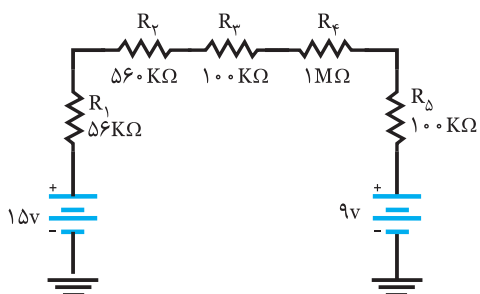


شکل ۲-۱۴۲



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

است؟

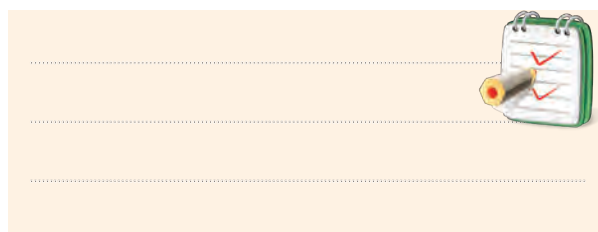


شکل ۲-۱۴۳

مراحل محاسبه را بنویسید.

الف) ۳/۳ ب) ۰/۰۲

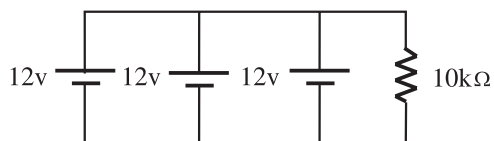
ج) ۰/۰۴۵ د) ۱۰



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

الف) ۱/۴۴mW ب) ۱۴/۴mW

ج) ۱/۴۴W د) ۱۴/۴W



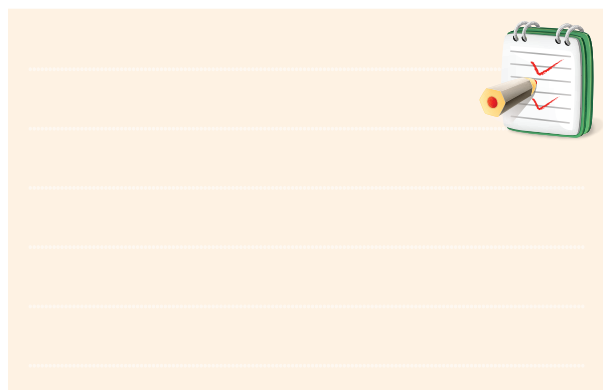
شکل ۲-۱۴۴

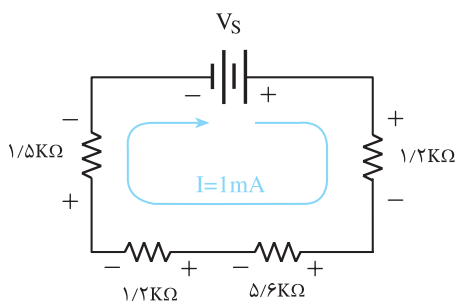
۱۸- جریان عبوری از مقاومت بار شکل ۲-۱۴۵ چند

میلی آمپر است؟

الف) ۱۱/۹ ب) ۶

ج) ۳ د) ۱۲/۴





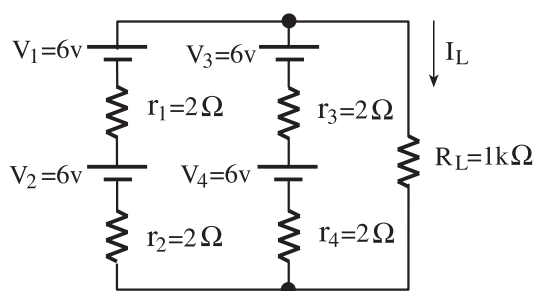
شکل ۱۴۷-۲

(ب) ۰/۹۵

(د) ۰/۰۹۵

(الف) ۹/۵

(ج) ۹۵



شکل ۱۴۵-۲

۱۹- جریان عبوری از مدار شکل ۲-۱۴۶ چند میلی آمپر

است؟

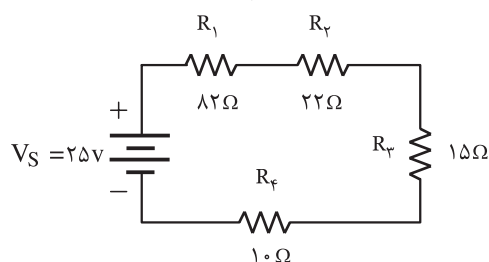
مراحل محاسبه را بنویسید.

(ب) ۴/۸

(الف) ۱۹۴

(د) ۵/۶

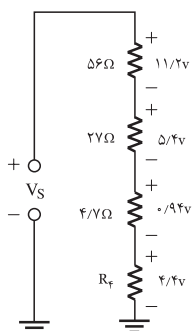
(ج) ۶/۲



شکل ۱۴۶-۲

۲۰- در مدار شکل ۲-۱۴۷ ولتاژ V_S چند ولت است؟

مراحل محاسبه را بنویسید.



شکل ۱۴۸-۲

(د) ۲۲

(ج) ۲۲۰

(ب) ۲/۲

(الف) ۰/۸۸