ـ عامل مشترک در مدار سری:

چنانچه مداری را مطابق شکل ۵ـ۶ اتصال دهید مشاهده می کنید که هر یک از آمپرمترها جریان های مساوی (مثلاً یک آمپر) نشان می دهند.

چون در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان الکتریکی وجود دارد در نتیجه جریان در تمام مقاومت ها مساوی و ثابت است. به همین دلیل در مدارهای سری جریان را می توان به عنوان یک عامل مشترک برای تمام عناصر موجود در مدار دانست.

برای جریان در مدار سری می توان رابطه زیر را نوشت:

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

یعنی:

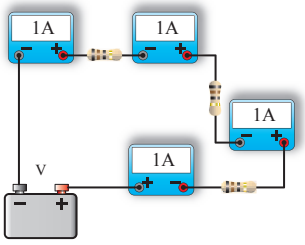
$$I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = I_{R_4} = I_T$$

ـ عامل غیرمشترک در مدار سری:

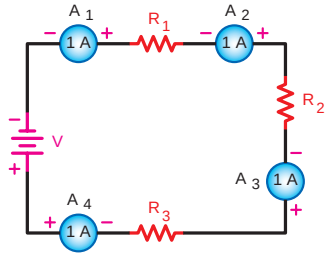
بر اثر عبور جریان از هر مقاومت الکتریکی در دو سر آن افت ولتاژی به وجود می آید. (شکل ۵ـ۷) مقدار آن را براساس قانون اهم از رابطه $V = I.R$ می توان محاسبه کرد. چون جریان در مدار سری ثابت است لذا مقدار افت ولتاژ در دو سر مقاومت با مقدار اهم آن رابطه مستقیم دارد. یعنی در صورت افزایش مقاومت (R) مقدار ولتاژ (V) نیز افزایش می یابد.

به عنوان مثال اگر مداری را مطابق شکل ۵ـ۸ ببندیم ولت مترها مقادیر ولتاژی متفاوتی را در دو سر مقاومت ها نشان می دهند ولت مترهای V_1 ، V_2 و V_3 مقادیر ولتاژ دو سر مقاومت های R_1 ، R_2 و R_3 و ولت متر V_T مقدار ولتاژ کل مدار را نشان می دهد.

طبق قانون KVL در حلقه بسته شکل ۵ـ۸ ولتاژ کل منبع تغذیه به نسبت مقدار مقاومت ها بین مقاومت های مدار تقسیم می شود بنابراین می توانیم بنویسیم:

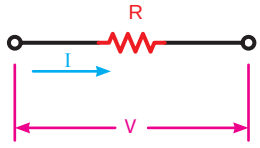


الف ـ مدار واقعی

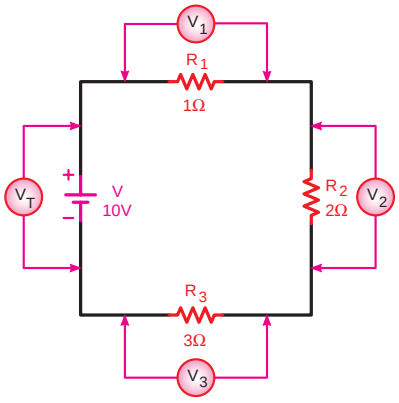


ب ـ شکل مداری

شکل ۵ـ۶ـ جریان در مدار سری همواره ثابت است.



شکل۵ـ۷ افت ولتاژ دو سر مقاومت در یک مدار سری



شکل ۵ـ۸ـ بررسی ولتاژها در مدار سری
(توجه داشته باشید که ولتاژ در دو سر هر مقاومت متناسب با مقدار مقاومت تغییر می کند)

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$
$$V_{R_T} = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3}$$

با توجه به موارد فوق می توانیم نتیجه بگیریم اگر مقدار افت ولتاژ دو سر همه مقاومت های مدار سری مساوی نباشد پس می تـوان ولتاژ را به عنوان یک عامل غیرمشـترک در مدار سری در نظر گرفت.

ـ مقاومت معادل در مدار سری[1]:

مقاومـت کل[2] یـا «مقاومت معادل» بـه مقاومتی گفته می شـود که بتواند به تنهایی اثر همه مقاومت های موجود در مدار را داشته باشد و جایگزین آن ها شود.

در شـکل ۹ـ۵ مقاومـت R_T می توانـد معـادل تمام مقاومت های موجود در مدار باشد و جایگزین آن ها شود.

بـا توجه به خصوصیات مطرح شـده در مورد مدارهای سـری رابطه نهایـی مقاومت معادل R_T بـه صورت زیر به دست می آید:

خصوصیات مدار سری

$$I_T = I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = ... = I_{R_n} \quad (1)$$

$$V = V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + ... + V_{R_n} \quad (2)$$

براساس قانون اهم برای هر مقاومت و ولتاژ کل می توانیم روابط مقابل را بنویسیم:

مقادیر فوق را در معادله (۲) قرار می دهیم:

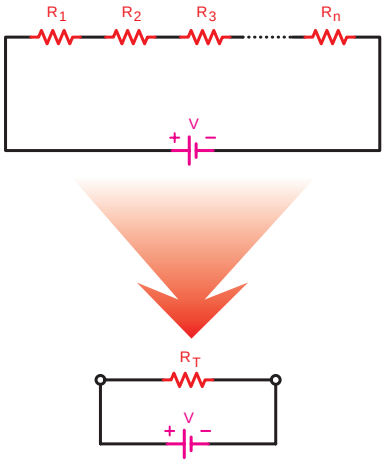
$$R_T I_T = R_1 I_1 + R_2 I_2 + R_3 I_3 + ... = R_n I_n$$

چون جریان در مدار سـری شـکل ۱۰ـ۵ ثابت اسـت. بنابراین داریم:

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

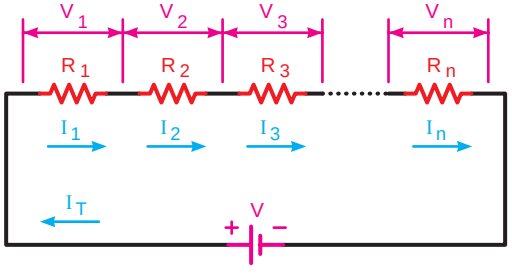
بجای I_1 ، I_2 ، I_3 و I_n مقدار I_T راقرار می‌دهیم:

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



شکل ۹ـ۵ـ مقاومت معادل در مدار سری

ولتاژ دو سر مقاومت R_1	$V_1 = R_1 I_1$
ولتاژ دو سر مقاومت R_2	$V_2 = R_2 I_2$
ولتاژ دو سر مقاومت R_3	$V_3 = R_3 I_3$
ولتاز دو سر مقاومت R_n	$V_n = R_n I_n$
ولتاژ کل مدار	$V_T = R_T I_T$



شکل ۱۰ـ۵ـ جریان ها و ولتاژها در مدار سری

1 -Total Resistor ـــ R_T

2 -Equivalent Resistor ـــ Req

از I_T در طرف دوم معادله فاکتور می گیریم و سپس آن را ساده می کنیم (مقدار I_T در طرفین حذف می شود.)

$$R_T \cancel{I_T} = \cancel{I_T}(R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n)$$

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

مقاومت معادل مدار شکل فوق را در شکل ۱۱ـ۵ مشاهده می کنید.

مثال: مقاومت معادل در شکل ۱۲ـ۵ چند اهم است؟

حل:

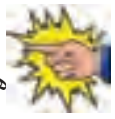
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_T = ۳۳ + ۶۸ + ۱۰۰ + ۴۷ + ۱۰$$

$$R_T = ۲۵۸\Omega$$

ـ حالات خاص در مدارهای سری مقاومتی

منظور از حالات خاص مواردی است که به لحاظ شباهت های گوناگون می توان روابط اصلی را در شکل ساده تر و با سرعت عمل بیشتری مورد استفاده قرار داد. دو حالت عمده از حالات خاص در مدار سری به شرح زیر است:



هرگاه چند مقاومت مساوی به صورت سری به یکدیگر اتصال یابند مقدار مقاومت معادل از حاصل ضرب تعداد مقاومت ها در مقدار یک مقاومت به دست می آید. (شکل ۱۳ـ۵)

R ـ مقدار اهم یک مقاومت

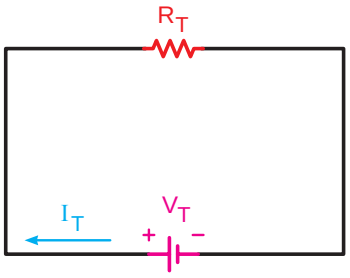
n ـ تعداد مقاومت ها

$$R_T = n.R$$

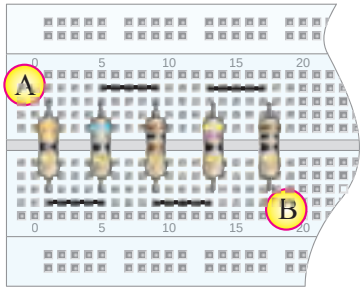
مثال: در صورتی که چهار مقاومت ۳۳ اهمی مطابق شکل ۱۴ـ۵ به هم اتصال یابند مقدار مقاومت معادل چند اهم خواهد شد؟

حل: مدار به صورت سری است و مقاومت ها نیز مساوی هستند پس:

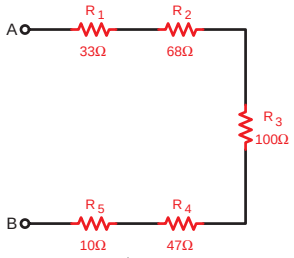
$$R_T = n.R = ۴ \times ۳۳ = ۱۳۲\Omega$$



شکل ۱۱ـ۵ـ مدار معادل شکل قبل

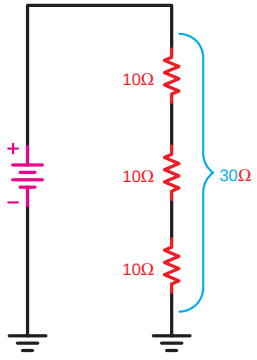


الف-مقاومت های نصب شده روی بردّبرد

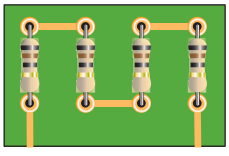


ب-نقشه فنی

شکل ۱۲ـ۵ـ پنج مقاومت سری



شکل ۱۳ـ۵ـ اتصال سه مقاومت سری مساوی به یکدیگر



شکل ۱۴ـ۵ـ اتصال چهار مقاومت مساوی به صورت سری روی بُرد مدار چاپی

اگر دو مقاومت طبق شکل ۱۵ـ۵ به صورت سری بسته شوند، مقدار ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت ها را از روابط زیر می توان محاسبه کرد:

$$V_1 = R_1.I$$

می دانیم:

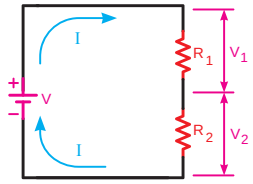
$$I = \frac{V}{R_1 + R_2}$$

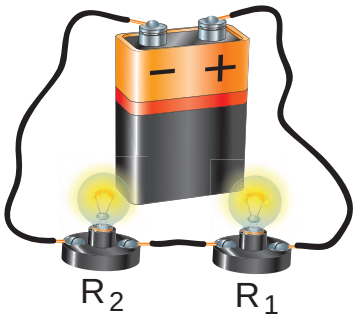
با جایگذاری معادل I در معادله فوق داریم:

$$V_1 = V\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

بر همین اساس برای محاسبه ولتاژ V_2 می توانیم بنویسیم:

$$V_2 = V\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$





شکل ۱۵ـ۵ـ محاسبه ولتاژ دو سر مقاومت ها در مدار سری شامل دو مقاومت

مثال: در صورتی که دو لامپ با مقاومت داخلی ۴Ω مطابق شکل ۱۶ـ۵ به صورت سری و به باتری ۱/۵ ولت اتصال یابند افت ولتاژ در سر هر لامپ چند ولت است؟

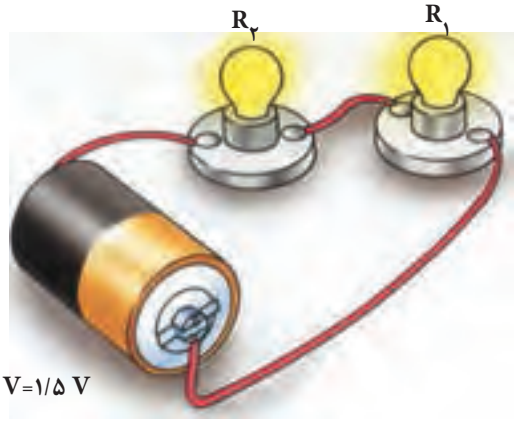
حل:

$$V_1 = V\frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_1 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} \Rightarrow V_1 = \frac{6}{8} = 0/75v$$

$$V_2 = V\frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_2 = 1/5 \times \frac{4}{4+4} \Rightarrow V_2 = \frac{6}{8} = 0/75v$$



شکل ۱۶ـ۵ـ اتصال دو لامپ سری به یک باتری

تذکر مهم: مقدار مقاومت معادل هر مدار سری از بزرگ ترین مقاومت موجود در مدار بیشتر است.

مثـال: بـا توجه به شـکل ۱۷ـ۵ مقدار اهـم هر یک از مقاومت ها را حساب کنید.

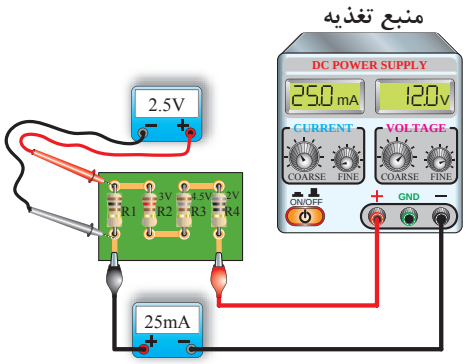
حل: چون جریان در کل مدار ثابت است پس طبق قانون اهم داریم.

$$R_۱ = \frac{V_۱}{I} = \frac{۲/۵v}{۲۵mA} = ۱۰۰\Omega$$

$$R_۲ = \frac{V_۲}{I} = \frac{۳v}{۲۵mA} = ۱۲۰\Omega$$

$$R_۳ = \frac{V_۳}{I} = \frac{۴/۵v}{۲۵mA} = ۱۸۰\Omega$$

$$R_۴ = \frac{V_۴}{I} = \frac{۲v}{۲۵mA} = ۸۰\Omega$$



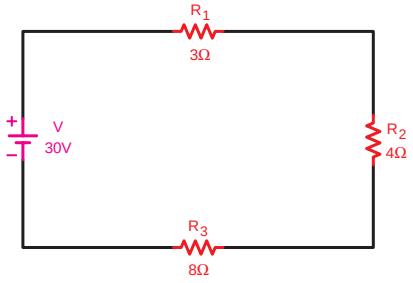
شکل ۱۷ـ۵ـ محاسبه مقادیر مقاومت ها در مدار سری

مثال: در مدار شکل ۱۸ـ۵ مطلوب است محاسبه:

الف ـ جریان مدار

ب ـ ولتاژ در دو سر هر مقاومت

ج ـ تحقیق درباره قانون KVL



شکل ۱۸ـ۵ـ محاسبه مقادیر در مدار سری و تحقیق قانون KVL

حل:

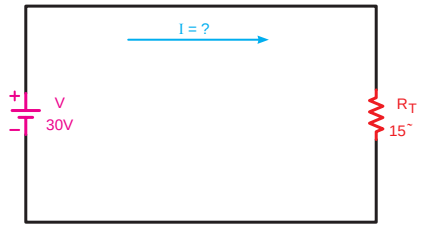
$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳$$

$$R_T = ۳ + ۴ + ۸ = ۱۵\Omega$$

شکل ۱۹ـ۵ مدار ساده شده را نشان می دهد.

الف ـ

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{۳۰}{۱۵} = ۲A$$



شکل ۱۹ـ۵

ب ـ

$$V_{R_۱} = R_۱ I = ۳ \times ۲ = ۶v$$

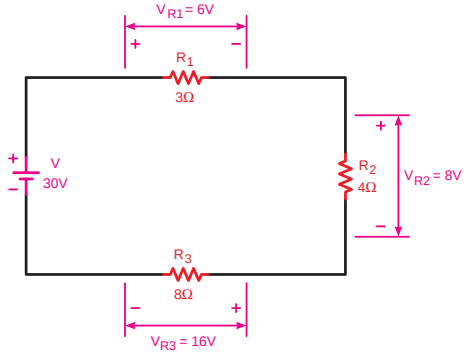
$$V_{R_۲} = R_۲ I = ۴ \times ۲ = ۸v$$

$$V_{R_۳} = R_۳ I = ۸ \times ۲ = ۱۶v$$

ج ـ براساس قانون KVL داریم:

$$\sum V = \sum R.I$$

$$۳۰ = ۶ + ۸ + ۱۶ \Rightarrow ۳۰ = ۳۰$$



شکل ۲۰ـ۵ـ محاسبه افت ولتاژ دو سر هر یک از مقاومت های مدار

توضیح

در صورتی که در مدار سری به خاطر هر یک از دلایل زیر مسیر عبور جریان قطع شود جریان مدار صفر خواهد شد.

۱ـ قطع منبع تغذیه (خالی شدن باتری)

۲ـ قطع شدن سیم های رابط (پارگی سیم)

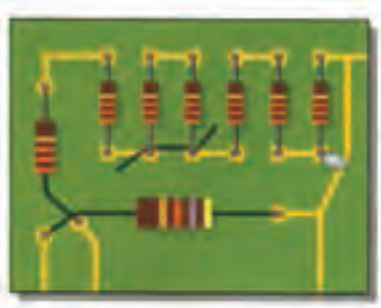
۳ـ قطع شدن مقاومت مصرف کننده از داخل مقاومت

شکل ۲۱ـ۵ یک نمونه از حالات فوق را نشان می دهد.

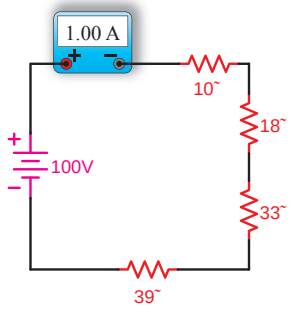
شکل ۲۱ـ۵ـ قطع لامپ موجب قطع شدن مدار سری می شود.

توضیح

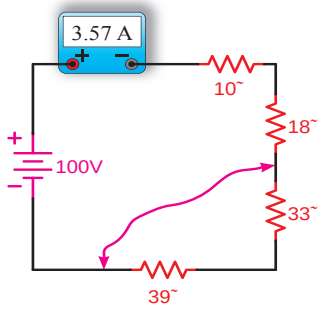
در صورتی که در یک مدار سری اتصال کوتاه رخ دهد جریان مدار متناسب با تعداد (مقدار) مقاومت های اتصال کوتاه شده افزایش می یابد. شکل ۲۲ـ۵ این نکته را نشان می دهد.



الف ـ حالت های مختلف اتصال کوتاه روی برد مدار چاپی



ب ـ جریان مدار در حالت عادی



ج ـ جریان مدار در حالت اتصال کوتاه

شکل ۲۲ـ۵ـوضعیت مدار در حالت عادی و اتصال کوتاه

عملیات کارگاهی

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: آشنایی با وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ باتری قلمی و کتابی	از هر کدام یک عدد
۳ـ اسیلوسکوپ دو کانالهای	۱دستگاه
۴ـ آوومتر دیجیتالی و عقربهای	از هر کدام یک دستگاه
۵ـ بردبُرد	یک قطعه
۶ـLC متر	۱ دستگاه
۷ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۸ـ سیم چین	۱ عدد
۹ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۰ـ سیم تلفنی	۲ متر
۱۱ـ سیگنال ژنراتور	۱ دستگاه
۱۲- آمپرمتر، ولتمتر، اهممتر آزمایشگاهی	از هر کدام یک عدد

تذکر: قبل از شـروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفتهاید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

اطلاعات اولیه آزمایشگاهی

منبع تغذیه

در مدارهـای الکتریکی جهت تأمیـن ولتاژ dc موردنیاز از منابع تغذیه الکترونیکی مشـابه شـکل ۲۳ـ۵ اسـتفاده می شود.

شکل ۲۳ـ۵ـ یک نمونه منبع تغذیه

آمپرمتر

در مدارها از آمپرمتر برای اندازه گیری جریان اسـتفاده می شـود. آمپرمتر سری در مدار قرار می گیرد. شکل ۲۴ـ۵ یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی را نشان می دهد.

شکل ۲۴ـ۵ـ یک نمونه آمپرمتر آزمایشگاهی

ولت متر

در مدارهـا از ولت متر برای اندازه گیری ولتاژ اسـتفاده می شـود. ولت متر به صورت مـوازی در مدار قرار می گیرد. شـکل ۲۵ـ۵ یـک نمونه ولت متر آزمایشـگاهی را نشـان می دهد.

شکل ۲۵-۵ یک نمونه ولت متر آزمایشگاهی

اهم متر

در مدارها از اهم‌متر برای اندازه گیری مقاومت اسـتفاده می شـود. اهم متـر در مدار بصورت سـری یا مـوازی قرار می گیرد. شـکل ۲۶ـ۵ یک نمونه اهم متر آزمایشـگاهی را نشان می دهد.

شکل ۲۶ـ۵ یک نمونه اهم متر آزمایشگاهی

مولتی متر

در اغلب آزمایشگاه ها و کارگاه ها از وسیله ای به نام «مولتی متر[1]» یا «آوومتر» استفاده می شود. این وسیله قادر به اندازه گیری کمیت های ولتاژ، جریان، مقاومت و... است.

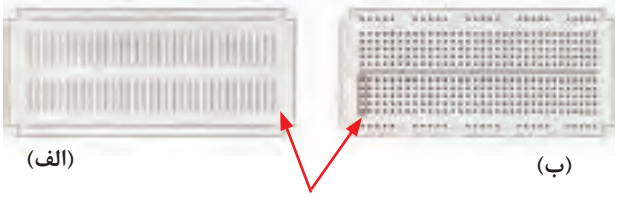
شکل ۵ـ۲۷ دو نمونه مولتی متر عقربه ای و دیجیتالی را نشان می دهد.

عقربه‌ای　　دیجیتالی

شکل ۵ـ۲۷

بردبُرد

از جمله وسایل موردنیاز برای انجام آزمایش ها استفاده از صفحات مشبک است. این صفحات «بردبُرد» نام دارد. در شکل ۵ـ۲۸ تصویر یک نمونه بردبرد را مشاهده می کنید. سوراخ های تعبیه شده روی بردبرد برای نصب قطعات مدار روی آن است. سوراخ های هر ستون طبق شکل ۵ـ۲۸ـ الف با یکدیگر ارتباط دارند. این شرایط برای سوراخ هایی که در یک سطر قرار دارند نیز وجود دارد. شکل ۵ـ۲۸ـ ب نمایی از پشت بردبرد را نشان می دهد که در آن اتصالات سوراخ ها به هم نشان داده شده است.



(الف)　　(ب)

هر ردیف پنج تایی سوراخ‌ها به وسیله یک نوار مشترک از پشت به هم وصل شده‌اند.

شکل ۵ـ۲۸ـ صفحه آزمایش یا بردبُرد

امروزه از وسایل دیجیتالی به نام LC متر جهت سنجش اندوکتانس و ظرفیت خازنی[2] استفاده می شود. (شکل ۵ـ۲۹)

شکل ۵ـ۲۹ـ یک نمونه CL متر

در برخی از آوومترهای دیجیتالی و عقربه ای نیز قسمتی برای اندازه گیری ظرفیت خازن وجود دارد. شکل ۵ـ۳۰ تصویر یک نمونه از این آوومترها را نشان می دهد.

شکل ۵ـ۳۰ـ یک نمونه آوومتر دیجیتالی با رنج ظرفیت سنج

---

1 -Multimeter　به معنی چند اندازه‌گیر است و به دستگاه‌هایی اطلاق می‌شود که چند کمیت را می‌توانند اندازه بگیرند.

۲ ـ درباره ایجاد ظرفیت خازنی و اندوکتانس بوبین‌ها متعاقباً صحبت خواهیم کرد.

۳- شکل بزرگ شده بردبُرد در صفحه ۳۶۶ کتاب آمده است.

پیل الکتریکی

شکل ۵ـ۳۱ تصویر دو نمونه پیل قلمی ـ کتابی را نشان می دهـد. پیل های الکتریکـی در مدارها بـه عنوان منابع تغذیه dc به کار می روند.

شکل ۵ـ۳۱

سیگنال ژنراتور

سـیگنال ژنراتور ـ دستگاهی اسـت که قادر است شکل موج های مختلف سینوسی، مربعی، مثلثی و ... را با دامنه ها و فرکانس های مختلف تولید کند.

شکل ۵ـ۳۲ دو نمونه سیگنال ژنراتور را نشان می دهد.

شکل ۵ـ۳۲

اسیلوسکوپ

وسـیله ای که در آزمایشـگاه برای مشـاهده شکل موج بکار می رود، اسیلوسکوپ اسـت در شکل ۵ـ۳۳ یک نمونه اسیلوسکوپ را مشاهده می کنید.

شکل ۵ـ۳۳

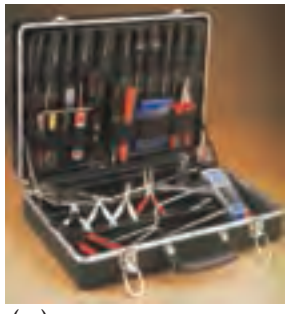
میز آزمایشگاهی

در اختیار داشـتن یک میز آزمایشـگاهی مناسب برای انجام آزمایش ها سرعت و دقت انجام کار را افزایش می دهد. در شکل ۵ـ۳۴ یک نمونه میز آزمایشگاهی نشان داده شده است.

شکل ۵ـ۳۴ـ یک نمونه میز آزمایشگاهی

جعبه ابزار

در هر میز آزمایشـگاهی لازم اسـت یکسـری وسایل از قبیل سیم چین، انبردست، سیم لخت کن، هویه، سیم لحیم و... نیز وجود داشـته باشد. زیرا در برخی مواقع به آن ها نیاز داریم. در شـکل ۵ـ۳۵ دو نمونه جعبه ابزار نشان داده شده است.



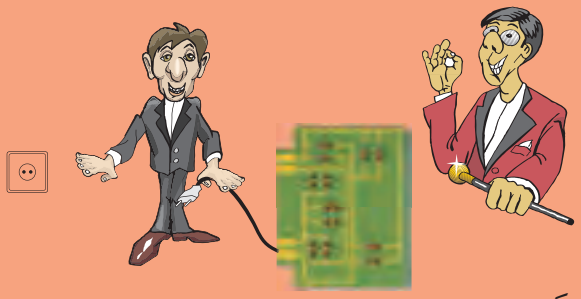
(ب)

(الف)

شکل ۵ـ۳۵ـ دو نمونه جعبه ابزار

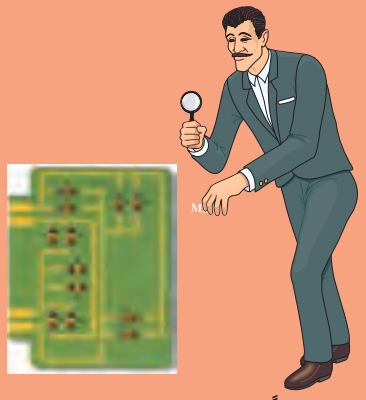
نکات ایمنی

۱ـ مدارهای کامل شده را فقط با اجازه و نظارت مربی به برق وصل کنید.

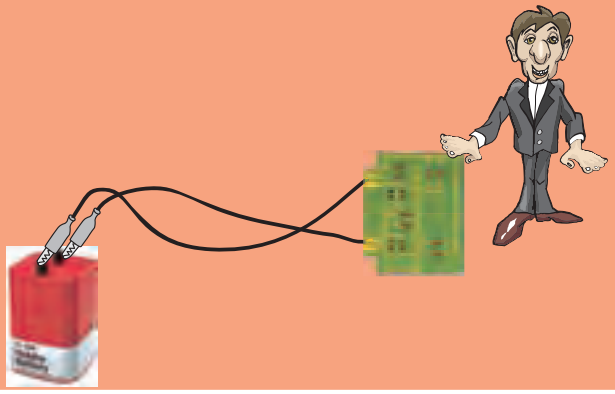


۲ـ قبل از وصل کردن برق مدار، یک بار دیگر آن را بررسی کنید.

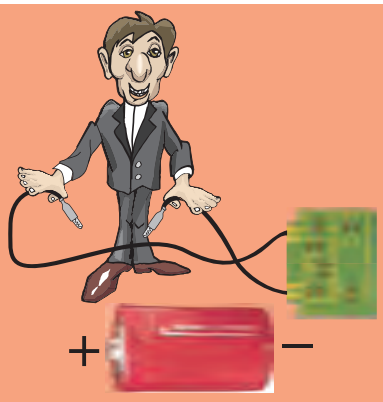
۳ـ در زمان وصل کردن مدارها روی بردبُرد مسیرها را بررسی کنید تا پایه ها و سیم های رابط درست متصل شده باشند.



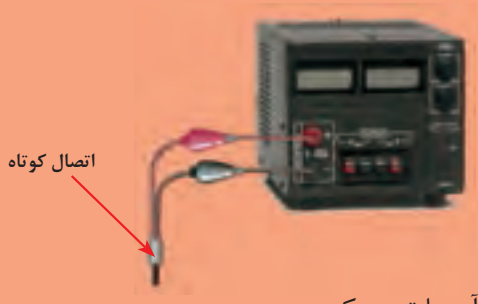
۴ـ هنگام خارج کردن قطعات از مدار یا اتصال کوتاه کردن آن ها منبع تغذیه را حتماً قطع کنید.



۵ـ هنگام اتصال منابع تغذیه (باتری ها) به پلاریته آن ها دقت کنید.



۶ـ اگر از منابع تغذیه الکترونیکی dc اســتفاده می کنید توجه داشــته باشید که سیم های خروجی دستگاه هیچ وقت به هم متصل نشوند. زیرا ممکن است منبع تغذیه شما در مقابل اتصال کوتاه شدن حفاظت نشده باشد و صدمه ببیند.



۷ـ هنگام استفاده از منابع تغذیه الکترونیکی به میزان جریان دهی آن ها توجه کنید.

۸ـ هنگام انتخاب مقاومت های اهمی موردنیاز به توان مجاز و کد رنگی یا حروف رمزی آن ها دقت کنید.

۹ـ هنگام استفاده از دستگاه های اندازه گیری به مقادیر مجاز و نحوه استفاده از آن ها دقت کنید.

توضیح

بـرای انجام آزمایش های پیش بینی شـده عملیات کارگاهی توصیه می شـود در صورت عدم دسترسـی به قطعات، وسایل یا میز آزمایشـگاهی الکترونیکی مناسب می توانیـد به جای مقاومت های لازم برای مدارهای سـری، موازی و سـری ـ موازی از لامپ های رشته ای ۲۲۰ولت با مشخصات زیر استفاده کنید.

وات $L_1 = ۱۰۰w$	معادل لامپی آن	مقاومت $R_1 = ۱k\Omega$
وات $L_2 = ۶۰w$	معادل لامپی آن	مقاومت $R_2 = ۳/۳k\Omega$
وات $L_3 = ۴۰w$	معادل لامپی آن	مقاومت $R_3 = ۴/۷k\Omega$
وات $L_4 = ۲۰۰w$	معادل لامپی آن	مقاومت $R_4 = ۵/۶k\Omega$

تذکر خیلی مهم:

خطـر برق گرفتگـی: در مراحـل مختلف آزمایش هـای پیش بینی شـده اگر لامپ های رشـته‌ای را جایگزین مقاومت هـای الکتریکـی کرده اید هیچ گاه آزمایـش اتصال کوتاه را انجـام ندهید. زیرا بـه خاطر بالا بودن مقدار ولتاژ شـبکه، در حالت اتصال کوتاه جرقه های شدیدی به وجود می آید که احتمال برق گرفتگی و آتش سوزی دارد.

عملیات کارگاهی
(کارعملی۱)

ساعت		
نظری	عملی	جمع
-	۱	۱

هدف: بررسی مدارهای مقاومتی سری در جریان مستقیم

وسایل و تجهیزات مورد نیاز (برای هر گروه کار)

۱ـ منبع تغذیه dc (الکترونیکی)	۱ دستگاه
۲ـ پیل ۱/۵ ولتی	۴ عدد
۳ـ بردبُرد	۱ عدد
۴ـ آوومتر دیجیتالی	۱ عدد
۵ـ آوومتر عقربه‌ای	۱ عدد
۶ـ میز آزمایشگاهی	۱ دستگاه
۷ـ مقاومت های اهمی	
۱ وات $R_1 = 1k\Omega$	۵ عدد
۱ وات $R_2 = 3/3\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_3 = 4/7\,k\Omega$	۱ عدد
۱ وات $R_4 = 5/6\,k\Omega$	۱ عدد
۸ـ سیم تلفنی	۰/۵ متر
۹ـ سیم چین	۱ عدد
۱۰ـ سیم لخت کن	۱ عدد
۱۱ـ گیره سوسماری	۶ عدد

تذکر: قبل از شـروع کار عملی کلیه موارد ایمنی که در ابتدای کار عملی ۱ فرا گرفته‌اید را به دقت مطالعه کرده و به کار ببرید.

الف

اندازه گیـری و محاسـبه مقاومت در مدار سری مراحل اجرای آزمایش

۱ـ مقدار اهـم و درصد خطای مقاومت های R_1 تا R_4 را بـا توجـه به نوارهای رنگی بخوانیـد و مقادیر آن ها را در جدول ۱ـ۵ بنویسید.

۲ـ بـه کمک آوومتر مقدار اهـم هر یک از مقاومت ها را اندازه بگیرید و در جدول ۱ـ۵ بنویسید.

۳ـ مقاومت های R_1 و R_2 و R_3 را مطابق شکل ۳۶ـ۵ روی بردبرد به صورت سری اتصال دهید.

تذکر ۱: در اتصال مقاومت ها روی بردبُرد توجه داشـته باشید تا از ردیف های مرتبط با هم به شکل صحیح استفاده کنید تا مقاومت ها اتصال کوتاه نشوند.

تذکر ۲: سیم های رابطی را که جهت اتصال مقاومت ها به یکدیگر اسـتفاده می کنیـد به اندازه لازم بـه کار ببرید (شکل ۳۶ـ۵).

۴ـ کلید رنج اهم متر را روی ضرب $R\times 1k$ قرار دهید و مقاومت بین دو نقطه A و B را در شکل ۳۶ـ۵ اندازه گیری کنید.

$R_{AB_1} =$ ☐

۵ـ مقاومـت R_4 را مطابق شـکل ۳۷ـ۵ به مدار اضافه کنید و سـپس به کمـک یک اهم متر (کلیـد روی ضریب $R\times 1k$) مقاومـت مـدار را بین نقطـه A و B اندازه گیری کنید.

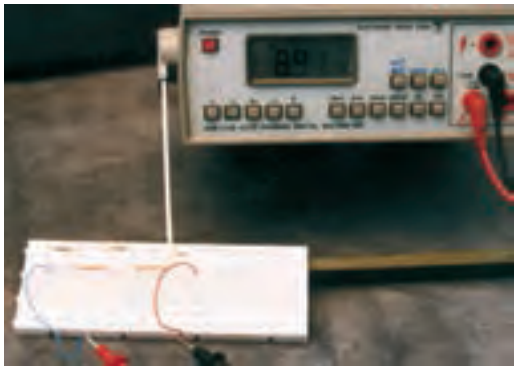
$R_{AB_2} =$ ☐

۶ـ مطابق شـکل ۳۸ـ۵ دو مقاومت R_1 و R_4 را از مدار خارج کنید و سـپس با اسـتفاده از اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

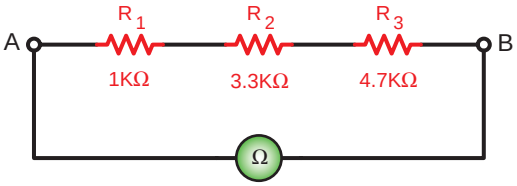
$R_{AB_3} =$ ☐

جدول ۱ـ۵

مقدار اندازه گیری شده	مقدار اهم و تلرانس خوانده شده	نوارهای رنگی	مقاومت
			R_1
			R_2
			R_3
			R_4

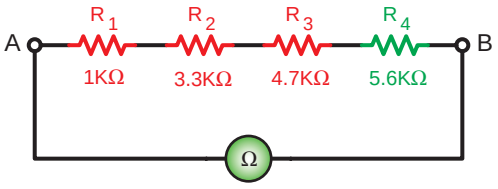


الف ـ تصویر واقعی مدار

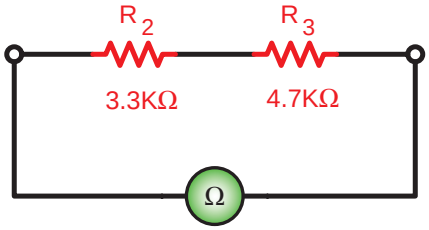


ب ـ شکل مدار

شکل ۳۶ـ۵



شکل ۳۷ـ۵



شکل ۳۸ـ۵

۷ـ مداری را مطابق شـکل ۵ـ۳۹ اتصال دهید. سـپس با اسـتفاده از یک قطعه سـیم دو طرف مقاومت R_4 را به یکدیگر وصـل کنید. (اتصـال کوتاه) در ایـن حالت مقدار مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه بگیرید.

$R_{AB_4} =$ ☐

۸ـ سـه مقاومت $1k\Omega$ مطابق شـکل ۵ـ۴۰ به صورت سـری اتصال دهید و توسط اهم متر مقاومت معادل بین دو نقطه A و B را اندازه گیری کنید.

$R_{AB_5} =$ ☐

۹ـ به مدار شـکل ۵ـ۴۰ مطابق شکل ۵ـ۴۱ دو مقاومت $1k\Omega$ را به صورت سـری اضافه کنید و مجدداً با استفاده از اهم متـر مقاومـت معادل بین دو نقطـه A و B را اندازه بگیرید.

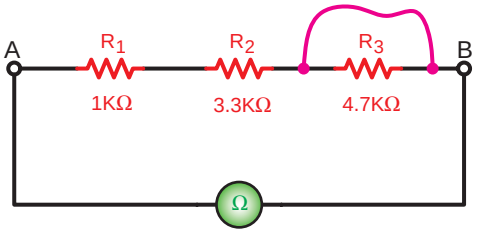
$R_{AB_6} =$ ☐

۱۰ـ مقادیر به دسـت آمده در مدارهای شـکل ۵ـ۴۰ و شکل ۵ـ۴۱ را با هم مقایسه کنید. چه نتیجه ای می گیرید؟ توضیح دهید.

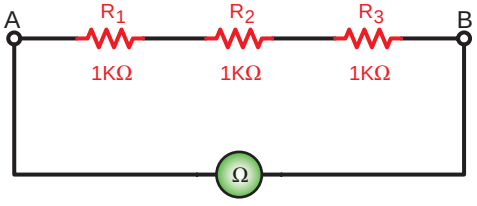
۱۱ـ بـا اضافه کـردن مقاومت R_4 به شـکل ۵ـ۳۷ یا برداشـتن مقاومت های R_1 و R_4 در شکل ۵ـ۳۸ مقاومت معـادل بین دو نقطه A و B در حالات مختلف چه تغییری کرده اند؟ چرا؟ شرح دهید.

۱۲ـ در صورت اتصال کوتاه شدن یکی از مصرف کننده های مدار سری، مقاومت معادل مدار چه تغییری می کند؟ چرا؟ شرح دهید.

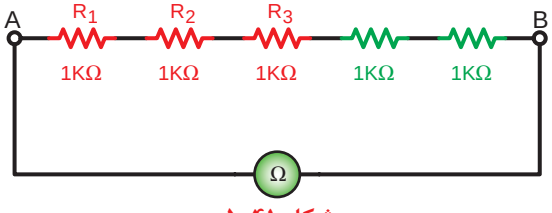
۱۳ـ آیا نتایج به دسـت آمده از مراحل مختلف آزمایش بـا مطالب تئوری و روابط مطابقت دارد. با ذکر نمونه شـرح دهید.



شکل ۵ـ۳۹



شکل ۵ـ۴۰



شکل ۵ـ۴۱

پاسخ سوال‌های

۱۰ـ

۱۱ـ

۱۲ـ

پاسخ سوال‌های

۱۳ـ

توجه

در صورتـی کـه پـس از انجـام آزمایـش نتیجه مورد نظر به دست نیامد یا پاسخ ها صحیح نبودند، قطعات، وسایل اندازه گیری و مدار اتصال داده شـده را بررسـی کنید و مراحـل آزمایش را مجدداً تکرار کنید.

ب اندازه‌گیری و محاسبه شدت جریان در مدار سری

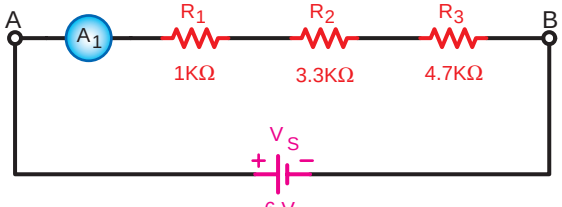
۱ـ مدار شکل ۵ـ۴۲ را روی بردبرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شده برای ۱mA باشد.

۲ـ منبع تغذیه dc را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

$I_{R_1} =$ ☐

الف-تصویر واقعی مدار



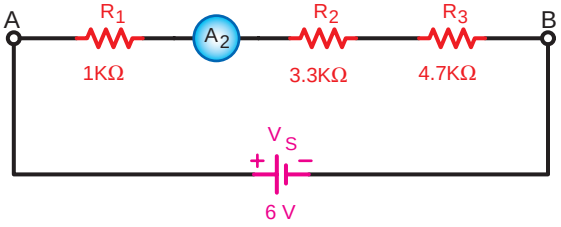
ب-تصویر مدار

شکل ۵ـ۴۲

۳ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل ۵ـ۴۳ تغییر دهید.

۴ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

$I_{R_2} =$ ☐

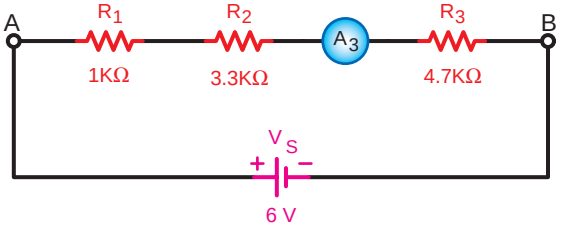


شکل ۵ـ۴۳

۵ـ منبع تغذیه را خاموش کنید و محل قرار گرفتن آمپرمتر را مطابق شکل ۵ـ۴۴ تغییر دهید.

۶ـ کلید منبع تغذیه را وصل کنید و جریان عبوری از مقاومت R_3 را اندازه بگیرید.

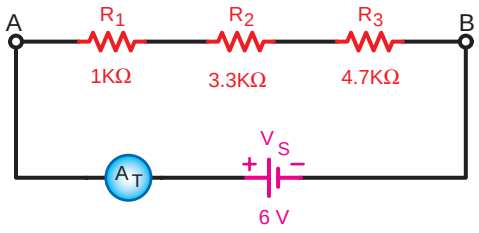
$I_{R_3} =$ ☐



شکل ۵ـ۴۴

۷ـ در آخریــن مرحلــه آمپرمتر را در مســیر ورودی جریان به مدار قرار دهید و جریان کل مدار را اندازه بگیرید. (شکل۴۵ـ۵)

$I_T =$ ☐



شکل ۴۵ـ۵

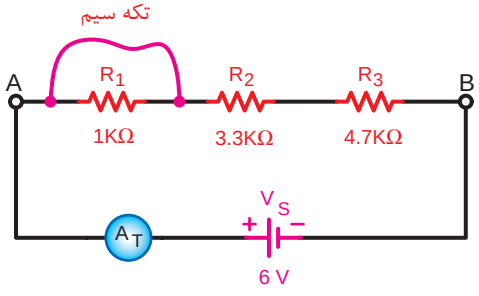
پاسخ سوال‌های

۸ـ از مقایســه جریان های بدســت آمده با یکدیگر چه نتیجه‌ای می گیرید؟ توضیح دهید.

۹ـ آیا نتایج به دســت آمده در ایــن آزمایش با مطالب تئــوری و روابــط توضیح داده شــده مطابقت دارد؟ شــرح دهید.

۱۰ـ آیا براســاس نتایج به دســت آمده در این آزمایش می توان مقاومت کل مدار را به دســت آورد؟ در صورتی که امکان دارد محاسبه کنید.

۱۱ـ مدار شــکل ۴۶ـ۵ را اتصال دهید. در شرایطی که منبع تغذیه خاموش است با تکه سیمی دو سر مقاومت R_1 را اتصــال کوتاه کنید. حداقل رنــج آمپرمتر باید روی عدد ۲mA باشد.



شکل ۴۶ـ۵

پاسخ سوال

۱۲ـ منبــع تغذیــه را وصل نموده و جریــان مدار را در ایــن حالت اندازه بگیرید. (جریان در حالتی که R_1 اتصال کوتاه است)

$I_{TSC} =$ ☐

۱۳ـ از مقـدار به دسـت آمـده I_{Tsc} (جریان اتصال کوتاه مدار در حالتی که R_1 اتصال کوتاه اسـت) چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

۱۴ـ برای حفاظت مدار ۴۶ـ۵ در مقابل اتصال کوتاه چه قطعه‌ای را پیشنهاد می کنید؟

پاسخ سوال ۱۳

پاسخ سوال ۱۴

پ اندازه گیری و محاسبه ولتاژ در مدار سری

۱ـ مدار شکل ۴۷ـ۵ را روی بردبُرد ببندید.

تذکر: دقت کنید که ولت متر دو سـر مصرف کننده به صـورت موازی قرار گیرد و حداقل رنج انتخاب شـده برای آن $5V$ باشد.

۲ـ بـا وصل منبع تغذیه افت ولتاژ دو سـر مقاومت R_1 را اندازه بگیرید.

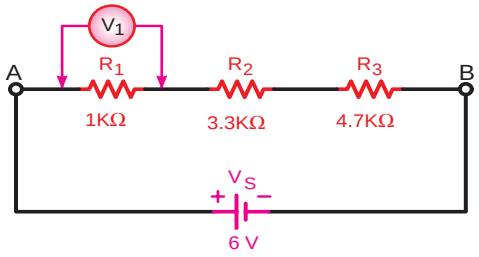
$V_{R_1} =$ ☐

۳ـ منبـع تغذیه را خاموش کنید و محـل قرار گرفتن ولت متر را مطابق شـکل ۴۸ـ۵ تغییر دهید و ولتاژ دو سـر مقاومت R_2 را اندازه بگیرید.

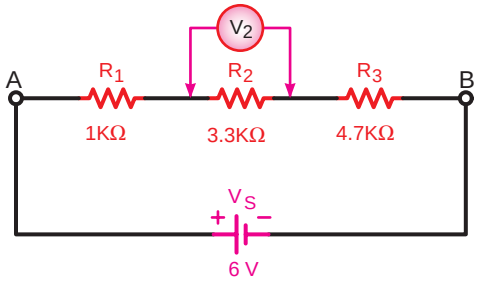
$V_{R_2} =$ ☐

بار دیگر مطابق شکل ۴۹ـ۵ برای بدست آوردن ولتاژ دو سر مقاومت ولت متر را در مدار قرار دهید.

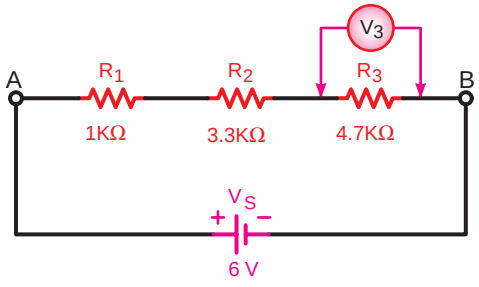
$V_{R_3} =$ ☐



شکل ۴۷ـ۵



شکل ۴۸ـ۵



شکل ۴۹ـ۵

۴ـ ولت متر را به دو سـر منبع تغذیه اتصال داده و ولتاژ خروجی آن را اندازه گیری کنید.

$V_S =$ ☐

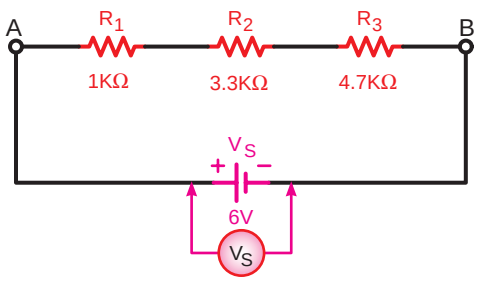
پاسخ سوال

۵ـ

۵ـ از مقایسه مقادیر ولتاژهای بدست آمده در مراحل ۲ تا ۴ چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

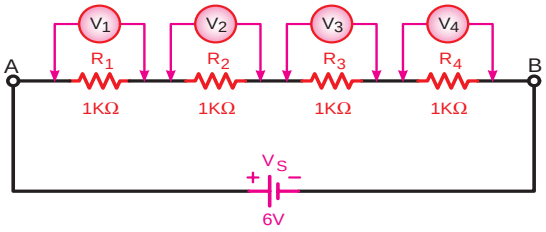
۶ـ آیـا نتایج به دسـت آمده با مطالب تئـوری و روابط مربوط به آن مطابقت دارد؟ با ذکر دلیل شرح دهید.

۷ـ آیا براساس نتایج آزمایش ها می توان جریان کل مدار و جریان هر یک از مقاومت ها را به دست آورد؟



شکل ۵ـ۵۰

۸ـ مدار شـکل مقابل را روی بردبُرد اتصال دهید و طی مراحـل مختلف و با انتقال ولت متر ولتاژ دو سـر هر یک از مقاومت ها را اندازه گیری کنید. توجه داشته باشید که کلید رنج ولت متر حداقل روی ۵ ولت باشد.



شکل ۵ـ۵۱

$V_{R_1} =$ ☐

$V_{R_2} =$ ☐

$V_{R_3} =$ ☐

$V_{R_4} =$ ☐

پاسخ سوال

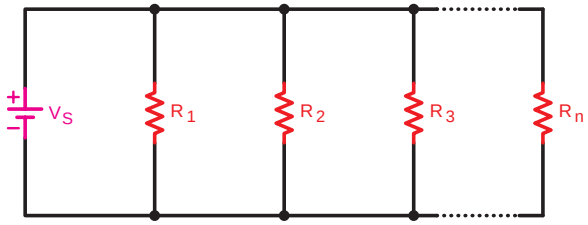
۹ـ

۹ـ از مقادیـر بـه دسـت آمـده در مدار شـکل ۵ـ۵۱ چه نتیجه‌ای می گیرید؟ شرح دهید.

۲ـ ۱ـ ۵ ـ اتصال موازی مقاومت ها:

اگر دو یا چنـد مقاومت (n مقاومت) به ترتیبی اتصال داده شـوند کـه یک طرف هـر یک از آن ها بـه یکدیگر و طرف دیگر آن ها نیز به یکدیگر متصل شـوند این اتصال را «اتصال موازی[1]» می گویند.

شکل ۵ـ۵۲ تصویر چهار مقاومت را که به صورت موازی اتصال دارند نشان می دهد.



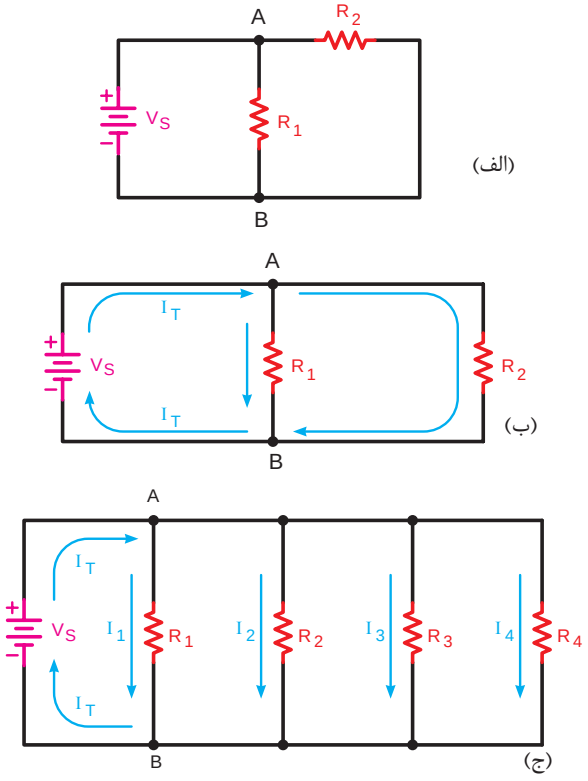
شکل ۵ـ۵۲ـ اتصال چند مقاومت موازی

در شـکل ۵ـ۵۳ سه لامپ را که به صورت موازی بسته شده اند مشاهده می کنید.

شکل ۵ـ۵۳ اتصال سه لامپ به صورت موازی

در شکل ۵ـ۵۴ نمونه های دیگری از مدارهای موازی را مشـاهده می کنید. در این مدارها یک طرف مقاومت ها در نقطه A و طرف دیگـر مقاومت ها در نقطه B به هم وصل شده اند.

بیـن دو نقطه A و B قطب های (+) و (–) باتری اتصال داده شده است.

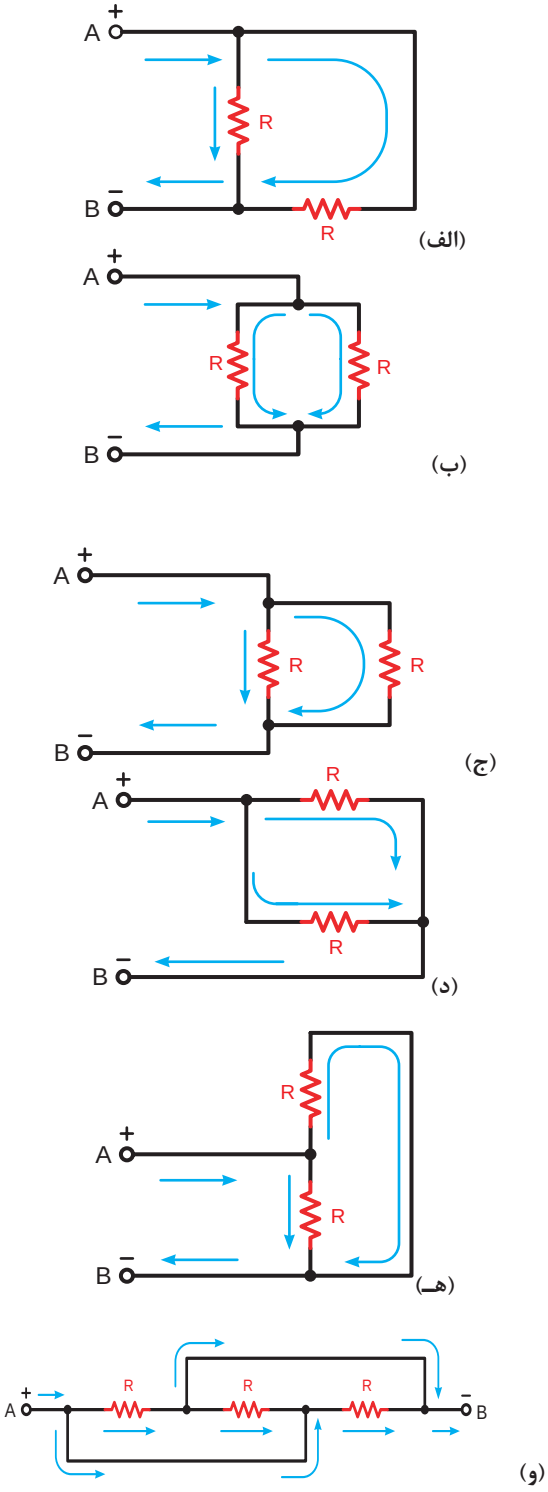


شکل ۵ـ۵۴ـ چند نمونه از مدارهای موازی

1 -Parallel

آرایش مقاومت‌های موازی می تواند به شکل های گوناگون باشد. برای تشخیص موازی بودن مقاومت ها باید به نقاط ابتدا و انتهای آن ها توجه کنید.

در تصاویر (الف) تا (و) از شکل (۵ـ۵۵) دو یا سه مقاومت را می توان مشاهده کرد که به صورت موازی اتصال داده شده اند. در نتیجه دو یا سه مسیر عبور جریان وجود دارند.



شکل ۵ـ۵۵ـ آرایش های مختلف مدارهای موازی

برای تحلیـــل مدارهای موازی می توانیـــم به ترتیب زیر عمل کنیم:

ـ عامل مشترک در مدار موازی

در مدارهای موازی چون دو سر هر مقاومت مستقیماً به دو سر باتری متصل است بنابراین ولتاژ دو سر همه مقاومت ها با هم مســـاوی است. مســـاوی بودن ولتاژ در مدار موازی به عنوان عامل مشـــترک مدار در نظر گرفته می شود. با اتصال مداری طبق شکل ۵ـ۵۶ مطلب فوق تأیید می شود.

ســـپس برای مدارهـــای مـــوازی می توان رابطـــه زیر را نوشت:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \ldots\ldots = V_S$$

یعنی:

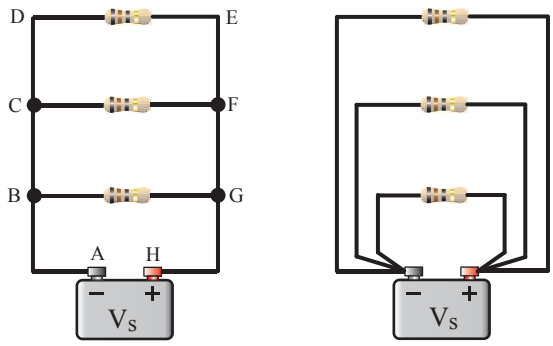
$$V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = \ldots\ldots = V_S$$

ـ عامل غیرمشترک در مدار موازی

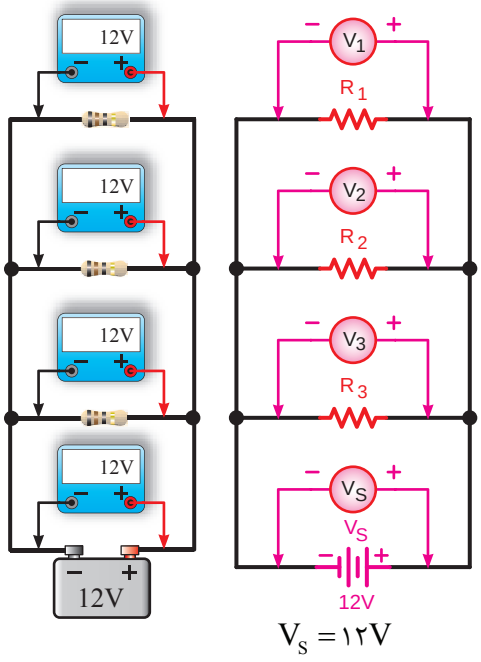
عاملـــی که در مدارهای مـــوازی دارای مقدار ثابتی برای تمام عناصر مدار نیســـت را «عامل غیرمشترک» می نامیم. جریان در هر شـــاخه یک مدار موازی به نسبت عکس مقدار مقاومت های هر شاخه تقسیم می شود. زیرا طبق قانون اهم $I = \frac{V}{R}$ است.

با اتصال مداری مطابق شکل ۵ـ۵۷ هر یک از آمپرمترهای A_1 , A_2 , A_3 و A_T جریانی مشخص را نشان می دهند.

جریـــان کل (I_T) که توســـط آمپرمتر A_T نشـــان داده می شود از قانون KCL پیروی می کند. رابطه جریان کل را می توان براساس این قانون به صورت مقابل نوشت:



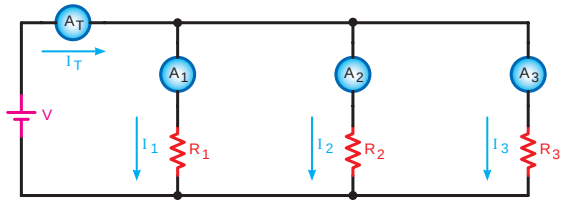
الف ـ شکل واقعی مقاومت ها



$V_S = ۱۲V$

ب ـ شکل مداری با وسایل اندازه گیری

شکل ۵ـ۵۶ـ مدار با چهار مقاومت موازی و وسایل اندازه گیری



شکل ۵ـ۵۷ـ بررسی جریان های هر شاخه و جریان کل در مدار موازی

ـ مقاومت معادل در مدار موازی:

برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی شکل ۵ـ۵۸ می توان از رابطه نهایی R_T زیر استفاده کرد:

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

نحـوه بدسـت آوردن رابطه مزبور به شـرح زیر اسـت:

خصوصیات مدار موازی

$$V=V_{R_۱}=V_{R_۲}=V_{R_۳}=....=V_{R_n} \quad (۱)$$

$$I_T=I_۱+I_۲+I_۳+....I_n \quad (۲)$$

بـا توجه به قانـون اهم برای هر مقاومت مطابق سـتون مقابل می توان نوشت:

حـال مقادیر جریان ها را در معادله (۲) قرار می دهیم و از V در طرف دوم معادله فاکتور می گیریم.

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

از V در طرف دوم فاکتور می گیریم.

$$\frac{V}{R_T}=V\left(\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+....+\frac{۱}{R_n}\right)$$

مقـدار V از دو طـرف معادله حذف می شـود و معادل نهایی به صورت مقابل خواهد شد.

حالات خاص در مدارهای موازی مقاومتی

اگر چند مقاومت مساوی طبق شکل ۵ـ۵۹ به طور موازی به یکدیگر اتصال داده شـوند مقدار مقاومت معادل از رابطه زیر به دست می آید:

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

که در این رابطه:

R ـ مقدار یک مقاومت و

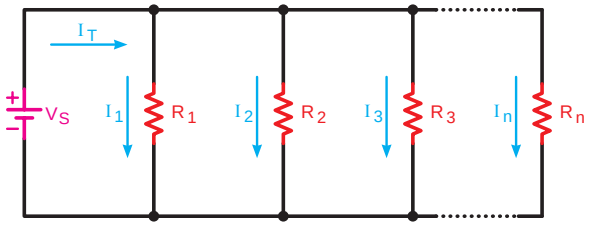
n ـ تعداد مقاومت ها می باشد.

$$R_T=\frac{۱۰}{۴}=۲/۵\,k\Omega$$

یعنی:

$$I_{A_T}=I_{A_۱}+I_{A_۲}+I_{A_۳}$$

$$I_T=I_۱+I_۲+I_۳$$



شکل ۵ـ۵۸ـ بررسی مقاومت معادل در مدار موازی

جریان عبوری از مقاومت $R_۱$: $I_۱=\frac{V}{R_۱}$

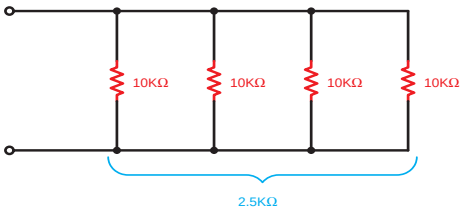
جریان عبوری از مقاومت $R_۲$: $I_۲=\frac{V}{R_۲}$

جریان عبوری از مقاومت $R_۳$: $I_۳=\frac{V}{R_۳}$

جریان عبوری از مقاومت R_n: $I_n=\frac{V}{R_n}$

جریان عبوری از کل مدار: $I_T=\frac{V}{R_T}$

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



شکل ۵ـ۵۹ـ چهار مقاومت مساوی موازی

مثـال: مقـدار مقاومت معـادل مدار شـکل ۵ـ۶۰ چند کیلواهم است؟

$$R_T = \frac{۳۳}{۵} = ۶/۶\,k\Omega$$

نکته مهم:

مقـدار مقاومـت معـادل هـر مـدار مـوازی از کوچک تریـن مقاومـت موجـود در مدار نیـز کمتر است.

اگر دو مقاومت را به صـورت موازی اتصال دهیم مقـدار مقاومت معادل با اسـتفاده از رابطه اصلی (R_T) به صورت زیر خلاصه می شد:

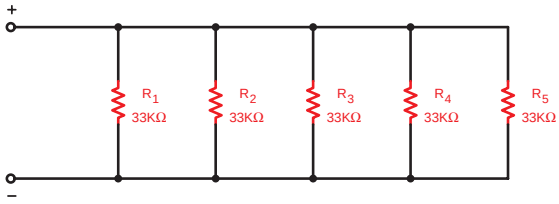
$$R_T = \frac{R_۱ R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

جریان های هـر شـاخه را در دو مقاومت موازی شـکل ۵ـ۶۲ با استفاده از جریان کل (I_T) می توان محاسبه کرد:

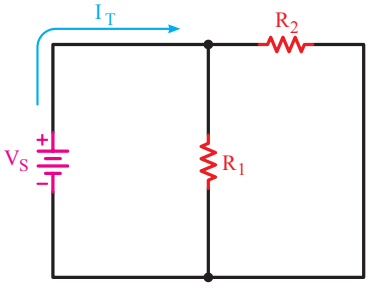
$$I_۱ = I_T \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲}$$

$$I_۲ = I_T \frac{R_۱}{R_۱ + R_۲}$$

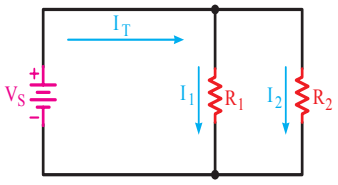
مثـال: دو لامـپ با مقاومت داخلی $۴\,\Omega$ مطابق شـکل ۵ـ۶۳ با هم موازی می شـوند و به باتـری ۱/۵ ولتی اتصال می یابند و در صورتی که جریان کل عبوری از مدار $۱/۵\,A$ باشد جریان هر یک از لامپ ها چقدر است؟



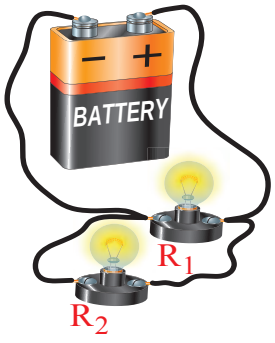
شکل ۵ـ۶۰



شکل ۵ـ۶۱



الف ـ شکل مداری



ب ـ شکل واقعی

شکل ۵ـ۶۲ـ دو مقاومت موازی

شکل ۵ـ۶۳ـ اتصال دو لامپ به صورت موازی