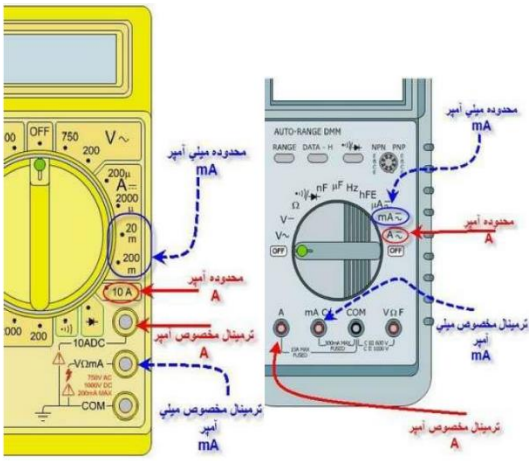
فصل اول

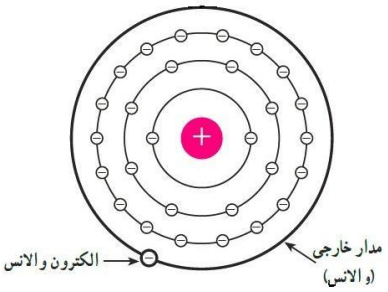
مقدمات برق خودرو



جریان الکتریکی چیست؟

رسانائی الکتریکی: موادی که در اطرافمان می‌بینیم، جامد، مایع و گاز، از ذرات ریزی به نام مولکول تشکیل شده‌اند. هر مولکول نیز از ترکیب دو یا چند اتم به وجود می‌آید و اتم‌ها از ذراتی به نام الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده‌اند.

الکترون سبکترین جزء اتم است و به دور هسته اتم می‌گردد و دارای بار منفی می‌باشد.

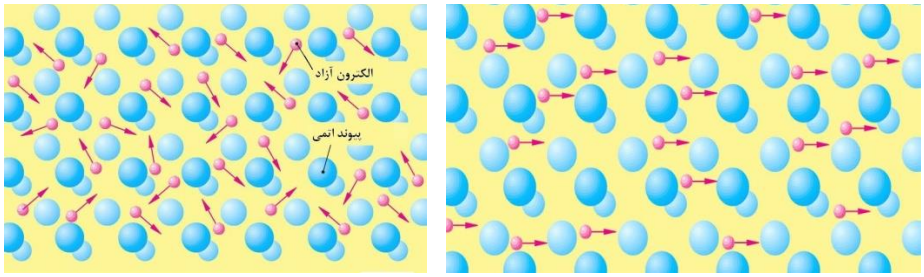


نکته: تعداد الکترونهای لایه آخر اتم، ماهیت مواد را از لحاظ رسانائی مشخص می‌کند.

- ✓ اگر تعداد الکترونهای لایه آخر ۱ تا ۳ الکترون باشد ماده مورد نظر رسانا می‌باشد.
- ✓ اگر تعداد الکترونها در لایه آخر ۴ الکترون باشد ماده موجود نیمه رسانا می‌باشد .
- ✓ اگر تعداد الکترونها در لایه آخر ۵ تا ۸ الکترون باشد ماده موجود عایق می‌باشد .

در مواد رسانا، الکترون‌ها به راحتی از هسته اتم کنده شده و آزادانه حرکت می‌کنند، در مواد نارسانا، الکترون آزاد وجود ندارد بنابراین انتقال و جابجائی الکترون در ساختار این مواد به سختی انجام می‌شود.

مواد رسانا و نارسانا: موادی مانند مس، آلومینیوم و آهن که جریان الکتریکی را از خود عبور می‌دهند، رسانا یا هادی، و موادی مانند چوب و کائوچو که قابلیت هدایت الکتریسیته را ندارند، نارسانا یا عایق می‌نامند.



(ب) (الف)

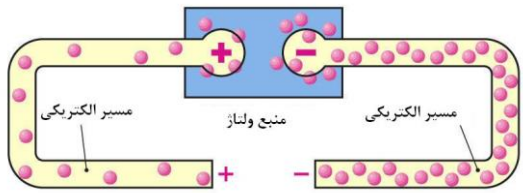
ساختار ماده رسانا الف) در حالت عبور جریان الکتریکی ب) بدون جریان الکتریکی

مواد نیمه‌هادی یا نیم‌رسانا: نیم‌رسانا یا نیمه‌هادی‌ها موادی هستند که از نظر رسانائی الکتریکی بین مواد رسانا و نارسانا قرار دارند. نیمه‌رسانا در حالت عادی عایق می‌باشند ولی با افزودن مقداری ناخالصی قابلیت هدایت الکتریکی پیدا می‌کنند. از نیمه رساناها برای ساخت قطعاتی مانند دیود، ترانزیستور، تریستور، آی سی و ... استفاده می‌شود. سیلیسیم و ژرمانیوم دو ماده نیم رسانای رایج می‌باشند.

جریان الکتریکی

وقتی در نقطه‌ای تراکم الکترون و در نقطه دیگر کمبود الکترون داشته باشیم (مثلا دو قطب یک باتری که در یک قطب، الکترون زیاد و در قطب دیگر الکترون کم وجود دارد) الکترون‌ها تمایل دارند از جائی که تراکم الکترون وجود دارد به جائی که الکترون کم است حرکت کنند، بنابراین اگر مسیر رسانائی بین دو قطب باتری وجود داشته باشد، الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت حرکت کنند. حرکت الکترونها را جریان الکتریکی می‌گوئیم.

الکترون‌ها تمایل دارند از جائی که تراکم وجود دارد به جائی که الکترون کم است حرکت کنند، بنابراین اگر مسیری بین دو قطب باتری وجود داشته باشد، الکترون‌ها از قطب منفی به قطب مثبت حرکت کنند. حرکت الکترونها را جریان الکتریکی گویند. معمولاً به جای اختلاف پتانسیل از واژه ولتاژ نیز استفاده می‌شود.



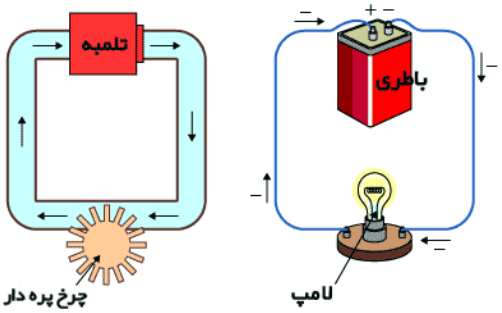
اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه

بین دو نقطه که تراکم و کمبود الکترون وجود دارد می‌گوئیم، **اختلاف پتانسیل الکتریکی** وجود دارد. مثلا دو قطب یک باتری اختلاف پتانسیل الکتریکی دارند. یعنی در یک قطب الکترون زیاد و در قطب دیگر الکترون کم وجود دارد. اختلاف پتانسیل الکتریکی عامل به وجود آمدن جریان است.

جریان الکتریکی در واقع جریان الکترون‌ها در یک مسیر است. برای اینکه جریان الکتریکی به وجود آید اولاً باید اختلاف پتانسیل الکتریکی داشته باشیم (یعنی در یک نقطه تراکم الکترون و در نقطه دیگر کمبود الکترون) همچنین الکترون‌ها برای جریان یافتن به مسیری رسانا، بین قطب مثبت و منفی نیاز دارند، این مسیر، **مدار** نام دارد.

مفهوم مدار: یک مدار الکتریکی مجموعه‌ای است شامل منبع تغذیه (ولتاژ)، اجزاء (مانند کلید، لامپ، رله و...) و سیمهای بین آنها. شکل زیر یک مدار ساده را نشان می‌دهد که از یک باتری، یک لامپ (مصرف‌کننده) و سیم‌های رابط تشکیل شده است.

مدار الکتریکی را می‌توان به مسیر لوله‌کشی آب تشبیه کرد. همان‌طور که در شکل می‌بینید جریان الکترون‌ها در مدار، مشابه جریان آب در لوله است، در این حالت، اختلاف پتانسیل مدار، نقش تلمبه یا پمپ در مسیر آب را ایفا می‌کند، یعنی تلمبه موجب جریان آب می‌شود و اختلاف پتانسیل عامل جریان الکتریکی است.



همانطور که چرخ پره‌دار در مسیر آب، مقاومت ایجاد می‌کند. لامپ نیز، درمسیر حرکت الکترون‌ها مقاومت ایجاد می‌کند.

نکته: مرسوم شده است که جریان الکتریکی را از قطب مثبت به قطب منفی در نظر می‌گیرند.

مدار الکتریکی باز: مداری که در آن ارتباط بین اجزاء، در یک یا چند نقطه قطع است. در نتیجه جریانی در مدار وجود ندارد.

مدار الکتریکی بسته: مداری است که مسیر عبور جریان وصل است و مصرف کننده از تولید کننده انرژی دریافت کرده و آنرا به صورتهای دیگر تبدیل میکند. مانند یک لامپ که برق را به نور تبدیل می‌کند.

مفاهیم اولیه برق خودرو

آشنائی با مفاهیم ولتاژ، جریان و مقاومت الکتریکی و یادگیری روابط بین آنها در برق خودرو اهمیت دارد.

۱-اختلاف پتانسیل الکتریکی: اختلاف پتانسیل الکتریکی عامل به وجود آمدن جریان است. اختلاف پتانسیل با حرف V نمایش داده می‌شود و واحد اندازه‌گیری آن ولت (v) است.

۲-شدت جریان الکتریکی: بار الکتریکی که در هر لحظه از زمان از مقطع سیم یا مصرف‌کننده می‌گذرد را جریان الکتریکی گوئیم. زمانی که صحبت از مصرف به میان می‌آید منظور جریان الکتریکی است که از مدار عبور می‌کند. واحد شدت جریان الکتریکی آمپر (A) است. شدت جریان الکتریکی با حرف I نمایش داده می‌شود.

۳-مقاومت الکتریکی: به این معنی است که یک مصرف کننده مانند لامپ چقدر در برابر عبور جریان الکتریکی ممانعت ایجاد می‌کند، مقاومت الکتریکی را با حرف R نمایش می‌دهند و واحد آن اهم (Ω) است.

کمیت الکتریکی	علامت مشخصه	واحد
اختلاف پتانسیل	V	ولت v
شدت جریان الکتریکی	I	آمپر A
مقاومت الکتریکی	R	اهم Ω

٤-قانون اهم: رابطه بین شدت‌جریان الکتریکی، اختلاف‌پتانسیل و مقاومت الکتریکی را قانون اهم گویند.

رابط زیر بین کمیتهای الکتریکی استوار است:

- ✓ هر چه اختلاف پتانسیل اعمالی به مدار بیشتر باشد جریانی که از مدار عبور می‌کند بیشتر است، بنابراین اختلاف پتانسیل و شدت جریان، رابطه مستقیم دارند.
- ✓ هر چه مقاومت الکتریکی، بالاتر باشد. جریان عبوری از آن کمتر است یعنی شدت جریان و مقاومت الکتریکی با هم رابطه معکوس دارند.

قانون اهم: شدت جریان الکتریکی در هر مدار برابر است با اختلاف پتانسیل دو سر مدار تقسیم بر مقاومت الکتریکی مدار.

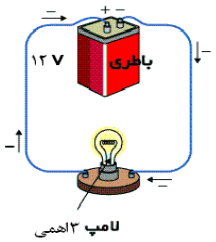
قانون اهم $I = \frac{V}{R}$

قانون اهم به صورت‌های زیر نیز نوشته می‌شود:

$R = \frac{V}{I}$ $V = I \times R$

مثال: یک لامپ سه اهمی مطابق شکل به یک باتری ۱۲ ولتی بسته شده است. اگر از مقاومت الکتریکی سیم‌ها صرفنظر کنیم به کمک قانون اهم شدت جریان عبوری از لامپ را بدست آورید.

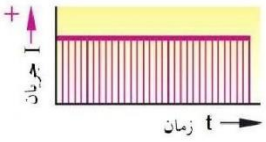
$$I = \frac{V}{R} \qquad \gg \qquad I = \frac{۱۲}{۳} = ۴A$$



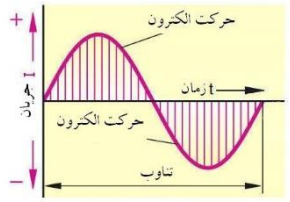
مثال: در مثال قبل اگر ولتاژ باطری ۱۲ ولت و شدت جریان عبوری از لامپ ۳ آمپر باشد مقاومت لامپ را بدست آورید.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۱۲}{۳} = ۴\,\Omega$$

۵-جریان مستقیم (DC): جریانی است که الکترون‌ها از قطب مثبت به قطب منفی حرکت می‌کنند در این جریان جهت الکترونها در سیم هادی تغییر نمی‌کند و همیشه در یک جهت است. جریان مستقیم مانند یک جاده یکطرفه است یعنی الکترونها در یک جهت در حال حرکتند.



٦-جریان متناوب یا (AC): در اینجا، جریان در یک سمت برقرار نیست. بلکه در هر لحظه بین این دو قطب جابجا می‌شود. مثلاً جریان برق شهری متناوب است و در هر ثانیه جهت جریان ۵۰ بار تغییر می‌کند.



و در جریان متناوب مفاهیمی به نام فرکانس و دوره تناوب داریم که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

فرکانس: تعداد دفعاتی که جریان الکتریکی در یک ثانیه بین فاز و نول جابجا می‌شود را فرکانس جریان گویند مثلاً در برق شهری فرکانس جریان ۵۰ است.

دوره تناوب: به این معنی است که چه مقدار زمان طول می‌کشد تا جهت جریان عوض شود. مثلاً در جریان برق شهری دوره تناوب $\frac{۱}{۵۰}$ ثانیه یا ۰/۰۲ ثانیه می‌باشد.

۷-توان الکتریکی: توان الکتریکی میزان جریان مصرف شده در واحد زمان است. توان الکتریکی با حرف P نشان داده می‌شود و واحد آن وات (W) است.توان الکتریکی از رابطه زیر بدست می‌آید:

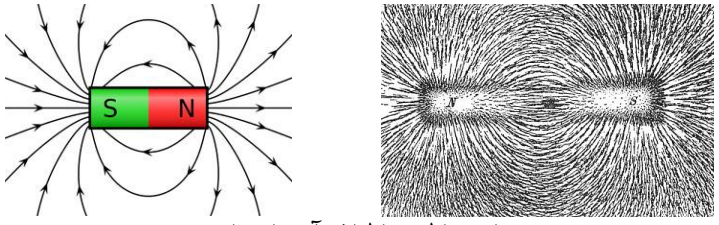
$$P = V \times I$$

مثال: لامپی را به باطری ۲۴ ولتی وصل می‌کنیم، اگر ۶ آمپر جریان از مدار عبور کند توان مصرفی مدار چقدر است؟

$$P=V.I \qquad P = ۲۴ \times ۶ = ۱۴۴\,w$$

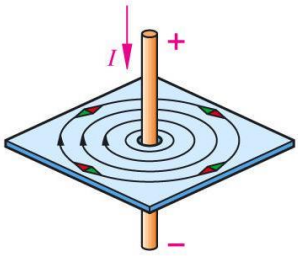
۸-میدان مغناطیسی: در اطراف آهنرباهای دائمی میدان مغناطیسی وجود دارد، ما نمی‌توانیم میدان مغناطیسی را ببینیم ولی می‌توانیم وجود آن را به کمک براده‌های آهن احساس کنیم. هرگاه مقداری براده آهن را اطراف یک آهنربا پخش کنیم خواهیم دید که براده‌ها به صورت خطوطی منظم قرار

می‌گیرند. خطوطی که براده‌ها اطراف آهنربا تشکیل می‌دهند، خطوط میدان مغناطیسی نامیده می‌شوند.



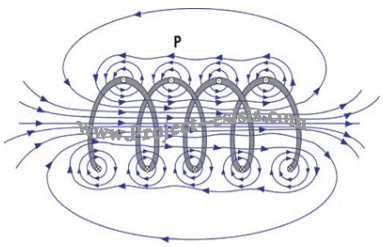
میدان مغناطیسی اطراف آهنربای دائمی

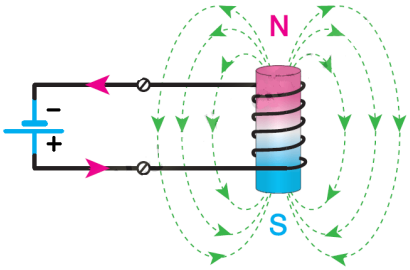
آهنرباهای دائمی، میدان‌های مغناطیسی مداوم تولید می‌کنند. همه آهنرباهای دائم دو قطب شمال(N) و جنوب (S) دارند. آنها از مواد فرومغناطیسی مانند آهن و نیکل ساخته شده‌اند.
در آهنرباها، قطبهای همنام همدیگر را دفع و قطبهای غیر همنام همدیگر را جذب می‌کنند. جهت خطوط میدان مغناطیسی همواره ازقطب N به قطب S آهنربا می‌باشد.
علاوه بر آهنرباهای دائمی در اطراف سیم‌های حامل جریان نیز میدان مغناطیسی به وجود می‌آید.



۹-میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان: اطراف سیمی که حامل جریان الکتریکی است نیز میدان مغناطیسی وجود دارد خطوط میدان مغناطیسی سیم حامل جریان در شکل دیده می‌شود. تا زمانی که جریان در سیم وجود دارد میدان مغناطیسی نیز وجود داشته و با قطع شدن جریان درون سیم، میدان مغناطیسی نیز از بین می‌رود.

۱۰-میدان مغناطیسی حاصل از سیم‌پیچ: عبور جریان الکتریکی از سیم‌پیچ، باعث می‌شود درون و اطراف سیم‌پیچ، میدان مغناطیسی پدید آید.



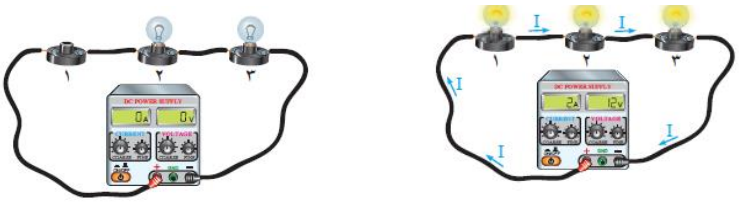


محاسبات مدارهای ساده الکتریکی

مدارهای سری و موازی: هرگاه در یک مدار بیش از یک مقاومت وجود داشته باشد اتصال آنها به یکی از روش‌های زیر می‌باشد:

۱-سری ۲-موازی ۳-سری - موازی (ترکیبی)

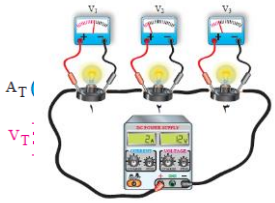
اتصال سری: دو یا چند لامپ مطابق شکل به صورت پشت سر هم در مدار قرار گیرند می‌گوئیم به صورت سری متصل شده‌اند.



خصوصیات مدار سری: در مدار سری هرگاه یکی از لامپ‌ها را باز کنیم بقیه لامپ‌ها نیز خاموش می‌شوند، بنابراین در مدار سری یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد.

در مدار سری، جریانی که از هر مصرف‌کننده می‌گذرد با هم برابر است. $I_T = I_1 = I_2 = I_3$

در مدار سری، ولتاژ کل مدار برابر است با مجموع ولتاژ دو سر مصرف‌کننده‌ها. بنابر این در مدار فوق داریم:



$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \qquad V_{کل} = V_1 + V_2 + V_3$$

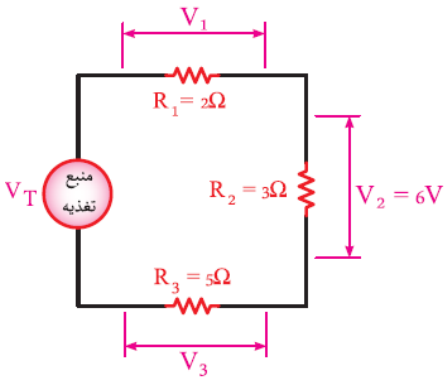
مثال: در مثال شکل زیر، جریان عبوری از هر مقاومت و ولتاژ دو سر هر کدام از مقاومت‌ها چقدر است؟

$$I_۲ = \frac{V_۲}{R_۲} = \frac{۶}{۳} = ۲A$$

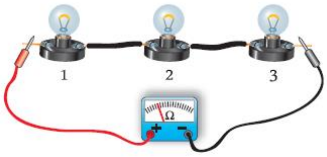
در مدارهای سری $I_۱ = I_۲ = I_۳ = ۲A$

$$V_۱ = R_۱ I_۱ = ۲ \times ۲ = ۴V$$

$$V_۳ = R_۳ I_۳ = ۵ \times ۲ = ۱۰V$$



مقاومت معادل: اگر چند مقاومت در مدار داشته باشیم، مقاومت معادل، مقاومتی است که اگر به جای آنها در مدار قرار بگیرد اثر معادل آنها را از خود نشان دهد، مقاومت معادل را مقاومت کل نیز می‌گویند و با R_t نشان داده می‌شود.



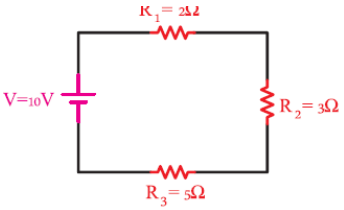
برای اندازه‌گیری مقاومت معادل می‌توان اهم‌متر را مطابق شکل به دو سر مدار بسته و مقاومت کل مدار را اندازه‌گیری کرد.

مقاومت معادل در مدار سری برابر مجموع مقاومت‌ها است

برای محاسبه مقاومت معادل در مدار سری میتوان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

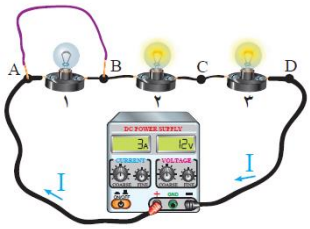
مثال: مقاومت معادل در مدار شکل زیر چند اهم است؟



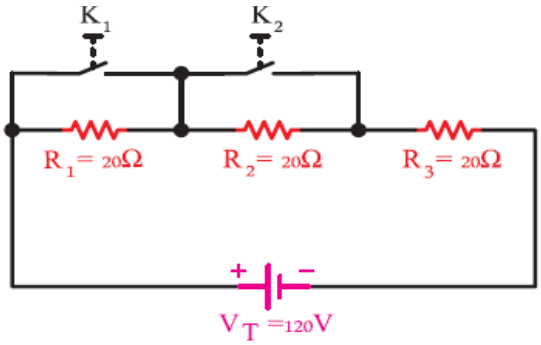
$$R_T = R_۱ + R_۲ + R_۳$$

$$R_T = ۲ + ۳ + ۵ = ۱۰\Omega$$

اتصال کوتاه در مدار سری: اگر مطابق شکل دو نقطه A و B را توسط یک تکه سیم به هم وصل کنیم حالت اتصال کوتاه در لامپ ۱ پدید می‌آید. یعنی مسیر فرعی در دو سر لامپ ۱ به وجود آمده و جریان از لامپ یک عبور نمی‌کند در نتیجه لامپ ۱ از مدار خارج می‌شود . در این حالت چون لامپ ۱ از مدار خارج شده است مقاومت کل مدار کاهش می‌یابد در نتیجه جریان مدار و روشنائی دو لامپ دیگر افزایش می‌یابد.



تمرین: هرگاه سه مقاومت مطابق شکل به هم متصل شده باشند مقاومت معادل و جریان مدار را در حالت‌های زیر پیدا کنید.

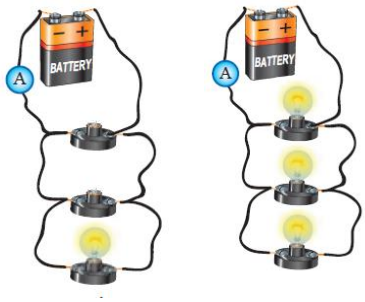


الف) کلید $K_۱$ و $K_۲$ قطع

ب) کلید $K_۱$ وصل و $K_۲$ قطع

ج) کلید $K_۱$ قطع و $K_۲$ وصل

د) کلید $K_۱$ و $K_۲$ وصل



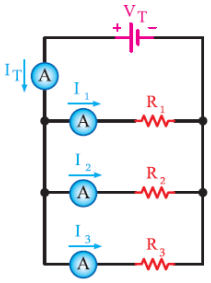
اتصال موازی: اتصال موازی به اتصالی گفته می‌شود که یک طرف همه مصرف‌کننده‌ها به همدیگر و طرف دیگر مصرف‌کننده‌ها نیز به هم یا منبع وصل شود.

در مدارهای موازی بیش از یک مسیر برای عبور جریان وجود دارد. بنابراین اگر یکی از مصرف‌کننده‌ها از مدار خارج شود تغییری در روشنائی لامپ‌های دیگر پدید نمی‌آید. اما آمپرمتری که در مسیر جریان قرار دارد مقدار کمتری را نشان می‌دهد.

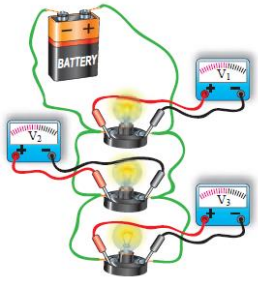
اگر مطابق شکل لامپی نیز از مدار باز شود روشنائی لامپ دیگر تغییر نمی‌کند، اما آمپرمتر عدد کمتری را نشان می‌دهد. بنابراین در مدار موازی جریان عبوری از هر مصرف‌کننده مستقل از سایر مصرف‌کننده‌هاست، اما جریان هر مصرف‌کننده بر جریان کل مدار تاثیرگذار است.

خصوصیات مدار موازی: در مدار موازی ولتاژ دو سر مصرف‌کننده‌ها با ولتاژ منبع تغذیه برابر است. ولی جریان عبوری از مصرف‌کننده‌ها با هم متفاوت است و جریان عبوری از کل مدار برابر مجموع جریان مصرف‌کننده‌ها می‌باشد:

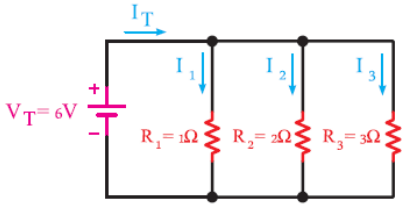
$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$



$$V_t = V_1 = V_2 = V_3$$



مثال: در مدار شکل مقابل ولتاژ دو سر مصرف‌کننده‌ها و جریان در هر شاخه از مدار چقدر است؟



حل : چون مدار موازی است پس :

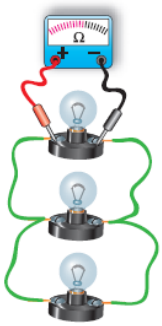
$$V_T = V_{R_1} = V_{R_2} = V_{R_3} = ۶V$$

$$I_{R_1} = I_1 = \frac{V_{R_1}}{R_1} = \frac{۶}{۱} = ۶A$$

$$I_{R_2} = I_2 = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{۶}{۲} = ۳A$$

$$I_{R_3} = I_3 = \frac{V_{R_3}}{R_3} = \frac{۶}{۳} = ۲A$$

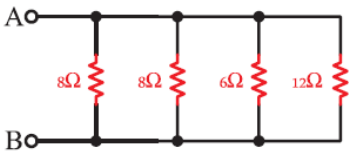
مقاومت معادل در مدار موازی: برای اندازه‌گیری مقاومت معادل در مدار موازی، ابتدا منبع تغذیه را از مدار باز کرده سپس مطابق شکل مقاومت دوسر مدار را اندازه می‌گیریم.



برای محاسبه مقاومت معادل در مدار موازی از رابطه زیر استفاده می‌شود:

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

مثال: مقاومت معادل در مدار شکل زیر چند اهم است؟



حل:

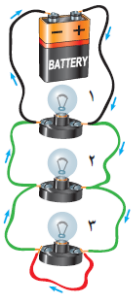
$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}$$

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{8}+\frac{1}{8}+\frac{1}{6}+\frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{R_T}=\frac{3+3+4+2}{24}=\frac{12}{24}$$

$$R_T=\frac{24}{12}=2\Omega$$

اتصال کوتاه در مدار موازی: در مدارهای موازی اتصال کوتاه خطرناک‌تر از مدار سری است. در صورت اتصال کوتاه یک مصرف‌کننده، جریان از مصرف‌کننده‌ها عبور نکرده و تمایل دارد که از مسیر اتصال کوتاه عبور نماید، بنابراین دو سر منبع تغذیه اتصال کوتاه شده و برای سیم کشی و منبع تغذیه خطرناک است.



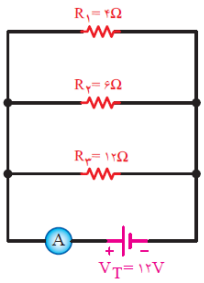
تمرین: در مدار شکل مقابل مطلوب است:

الف) مقاومت معادل کل مدار

ب) جریان کل مدار

ج) جریان عبوری از هر مصرف کننده

د) توان هر مصرف‌کننده و توان کل مدار

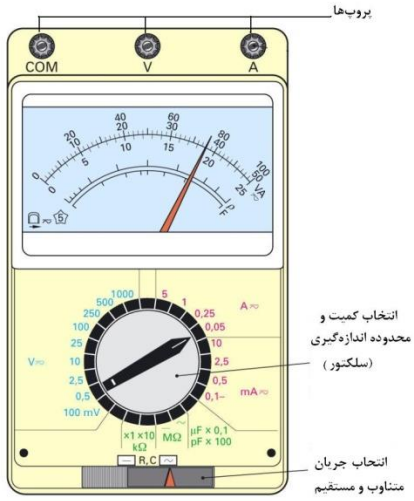


آشنائی با مولتی‌متر و اصول اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی

مولتی‌متر (آوومتر) وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری ولتاژ، شدت جریان و مقاومت به کار می‌رود. مولتی‌متر شامل سه دستگاه اندازه‌گیری زیر می‌باشد:

- ولت‌متر برای اندازه‌گیری ولتاژ
- اهم‌متر برای اندازه‌گیری مقاومت
- آمپرمتر برای اندازه‌گیری جریان

بعضی از مولتی‌مترها قابلیت‌های دیگری مانند اندازه‌گیری ظرفیت خازن نیز دارند. مولتی‌مترها در دونوع دیجیتالی و عقربه‌ای تولید می‌شوند، شکل زیر قسمت‌های یک مولتی‌متر را نشان می‌دهد.



سلکتور دستگاه: قبل از اندازه‌گیری ابتدا نوع کمیت را توسط سلکتور انتخاب می‌کنیم.

علائم اطراف سلکتور در معانی زیر به کار می‌روند:

Ω: اندازه‌گیری مقاومت (در سه رنج Ω:اهم، kΩ: کیلواهم(۱۰۰۰اهم) و mΩ:مگا اهم(۱۰۰۰کیلواهم))

≃V: اندازه‌گیری ولتاژ متناوب

⎓V: اندارزه‌گیری ولتاژ مستقیم

≃A: اندازه‌گیری جریان متناوب

⎓A: اندازه‌گیری جریان مستقیم

پروپ‌ها: محل اتصال سیم‌ها به دستگاه می‌باشند. مولتی‌متر دارای دو سیم قرمز و مشکی است که سیم مشکی به طور ثابت به پروپ com وصل می‌شود.

اگر بخواهیم مقاومت یا ولتاژ را اندازه‌گیری کنیم، سیم قرمز را به پروپ (VΩ) وصل کرده و اگر بخواهیم شدت جریان مدار را اندازه بگیریم سیم قرمز را به پروپ (mA) یا (A) وصل می‌کنیم.

کلید Range: برای تغییر محدوده اندازه‌گیری به کار می‌رود. مثلاً برای اندازه‌گیری مقاومت محدوده‌های اهم، کیلواهم و مگااهم داریم.

انتخاب صحیح محدوده اندازه‌گیری باعث می‌شود اندازه‌گیری با دقت بیشتری انجام شود. مثلاً برای اندازه‌گیری یک مقاومت حدود ۱۰۰۰۰ اهمی، باید دستگاه را روی محدوده کیلواهم قرار دهیم تا

خطای اندازه‌گیری کمتر باشد. یا مثلاً اگر مقاومتی که حدود چند اهم است با محدوده کیلو اهم اندازه‌گیری کنیم، دستگاه مقدار مقاومت را صفر نشان می‌دهد.
در صورتی که روی مانیتور دستگاه، کلمه AUTO نمایش داده شده باشد در این حالت نیاز به تغیر رنج به صورت دستی نیست و رنج توسط خود دستگاه به صورت اتوماتیک تنظیم می‌شود.
اندازه‌گیری مقاومت با مولتیمتر: برای اندازه‌گیری مقاومت، ابتدا سلکتور دستگاه را بر روی اندازه‌گیری مقاومت(Ω) تنظیم کرده و پروپ قرمز را به پورت مقاومت متصل می‌کنیم. سپس دو سر پروپ‌ها را به دو سر مصرف‌کننده یا قسمتی از مدار متصل کرده و مقدار مقاومت را می‌خوانیم.
تذکر: هیچ‌گاه مقاومت یک مدار که جریان در آن برقرار است اندازه‌گیری نکنید چون جریان مدار به دستگاه آسیب می‌رساند.
اندازه‌گیری شدت جریان با مولتیمتر: برای اندازه‌گیری جریان عبوری از یک مدار، سلکتور را در محدوده جریان مستقیم قرار داده و پروپ قرمزرنگ را به پورت (A) و پروپ مشکی به پورت (COM) متصل می‌کنیم. سپس پروپها رو طوری در مدار متصل می‌کنیم که آمپرمتر به صورت سری در مدار قرار گیرد. یعنی یک قسمت از مدار را باز کرده و آمپرمتر را بین آن قسمت متصل می‌کنیم به طوریکه جریان از آمپرمتر عبور کند. به یاد داشته باشید برای اندازه‌گیری شدت جریان، مدار باید وصل باشد.
اندازه‌گیری ولتاژ با مولتیمتر: ولتاژ یا اختلاف پتانسیل دو سر مصرف‌کننده یا منبع تغذیه خودرو را می‌توان به کمک مولتی‌متر اندازه گرفت. برای این کار ابتدا سلکتور را روی محدوده ولتاژ مستقیم قرار داده، سپس پروپ مشکی را به پورت (COM) و پروپ قرمز را به پورت (V) متصل می‌کنیم. برای اندازه‌گیری ولتاژ، مولتی‌متر باید به صورت موازی در مدار قرار گیرد یعنی پروپهای دستگاه را به دو سر محل مورد نظر اتصال می‌دهیم و نیاز به باز کردن مدار نیست.
بیزر: از بیزر مولتیمتر در موارد زیر استفاده می‌شود:
بررسی قطعی در مسیر سیم‌کشی
بررسی اتصال بدنه مدار
اگر سلکتور دستگاه روی وضعیت بیزر باشد، با اتصال پروپ‌ها، صدای بیزر شنیده می‌شود. وقتی بخواهیم قطع بودن یا وصل بودن قسمتی از سیم‌کشی را بررسی کنیم از بیزر استفاده می‌کنیم. صدای بیزر به ما می‌گوید مسیری که پروپها به دو سر آن اتصال دارند، قطع نیست. اگر صدای بیزر شنیده نشود به این معنی است که مسیر قطع است.

آشنائی با اجزاء مدارهای الکتریکی

سیم: سیم‌های مورد استفاده در مدارهای الکتریکی به دو دسته تقسیم می‌شوند
۱-سیم افشان ۲-سیم مفتولی
اکثر سیم‌های مورد استفاده در خودرو از نوع افشان هستند. سیم‌های افشان دیرتر گرم می‌شوند و به دلیل انعطاف‌پذیری، کار کردن با آنها ساده‌تر است.

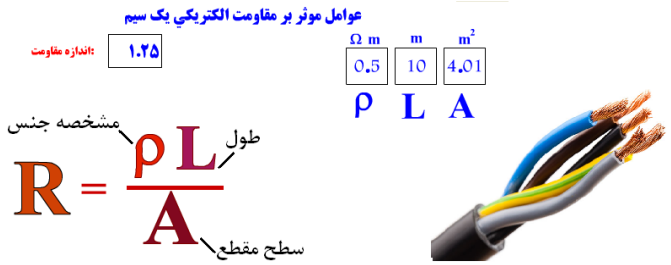
سیم‌ها در اندازه‌های مختلف تولید می‌شوند که معمولاً قطر سیم‌ها بر روی قسمت عایق سیم چاپ می‌شود. قطر سیمی که برای مدار انتخاب می‌شود باید با شدت‌جریان که از آن عبور می‌کند تناسب داشته باشد. هر چقدر جریانی که از سیم می‌گذرد بیشتر باشد، سیم ضخیم‌تر باید استفاده شود.

در بعضی قسمت‌های خودرو مانند اتصال باتری و استارتر که جریان زیادی را از خود عبور می‌دهد از کابل‌هائی با قطر ۱۰ الی ۱۵ میلیمتر استفاده می‌شود. جریان عبوری از استارتر ممکن است تا ۳۰۰ آمپر نیز برسد.

سیمها، مقداری مقاومت در مدار ایجاد می‌کنند و اگر طول آنها زیاد باشد مقاومت بیشتری دارند.

عوامل موثر در مقاومت سیم: فاکتورهائی مانند طول سیم، سطح مقطع سیم و جنس سیم‌ها بر مقاومت آنها موثر می‌باشند.

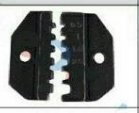
- ✓ هرچه طول سیم بیشتر باشد مقاومت آن بیشتر است.
- ✓ هرچه سطح مقطع سیم کوچکتر باشد مقاومت آن بیشتر است.



سرسیم: برای ارتباط بین سیمها یا اجزای دیگر مدار از سرسیم استفاده می‌شود. جنس سرسیم‌ها از آلیاژ مس یا آلومینیوم بوده و بسته به نوع کاربرد در شکل‌ها و اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند.

برای پرس سرسیمها از انبر پرس استفاده میشود. فکهای این انبر تعویض بوده و برای هر سرسیم مربوط به خود استفاده میشود. در زیر انواع سرسیم و فک مربوط به آن نمایش داده شده است

انواع سرسیم از لحاظ ابزار مورد استفاده برای پرس:

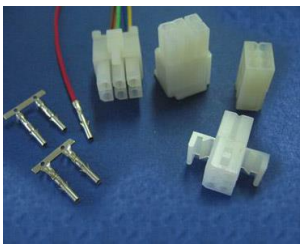
ترمینال مورد پرس	تصویر
وایرشو تکی و دوبل مورد استفاده جهت اتصال به سیم های با سطح مقطع ۰/۵ الی ۶ میلیمتر مربع	
وایرشو تکی و دوبل مورد استفاده جهت اتصال به سیم های با سطح مقطع ۱۰ الی ۳۵ میلیمتر مربع	
سرسیم های بدون روکش مورد استفاده جهت اتصال به سیم های با سطح مقطع ۱/۵ الی ۱۰ میلیمتر مربع	
سرسیم های پشت باز (برنجی) مورد استفاده جهت اتصال به سیم های با سطح مقطع ۰/۵ الی ۶ میلیمتر مربع	
سرسیم های روکش دار مورد استفاده جهت اتصال به سیم های سطح مقطع ۱/۵ الی ۶ میلیمتر مربع	

انبر چندکاره پرس سرسیم ابزاری کاربردی است که برای پرس سرسیمهای روکش دار نیز کاربرد دارد. سرسیمهای روکش دار در انواع مدلها و تولید شده و همه کاربردهای برق خودرو را پوشش می‌دهند.
در صورت استفاده از سرسیمهای روکش دار، میتوان به جای تهیه انواع فکهای انبر پرس سرسیم، تنها از یک انبر چندکاره پرس سرسیم برای همه کاربردها استفاده کرد.

انواع سرسیم از لحاظ کاربرد

سرسیم حلقوی: برای اتصال زیر پیچها
سرسیم نرو مادگی: برای اتصال دو سیم یا سیم به دستگاه
سرسیم یوشکل: برای اتصال زیر پیچ بدون باز کردن کامل پیچ
سرسیم سوزنی: برای اتصال سیم به ترمینال
وایرشو: برای اتصال سیم به ترمینال

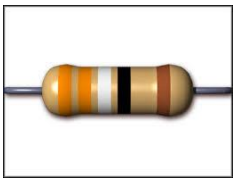
کانکتورها: کانکتورها مجموعه‌ای از سرسیم‌های نری و مادگی هستند که در روکشی از پلاستیک یا کائوچو قرار گرفته‌اند و چندین اتصال را در قالب یک مجموعه برقرار می‌کنند.



نکته: سرسیم‌های داخل کانکتور، دارای خارهائی هستند که پس از جا زدن سرسیم درون کائوچو مانع بیرون زدن آن می‌شوند.

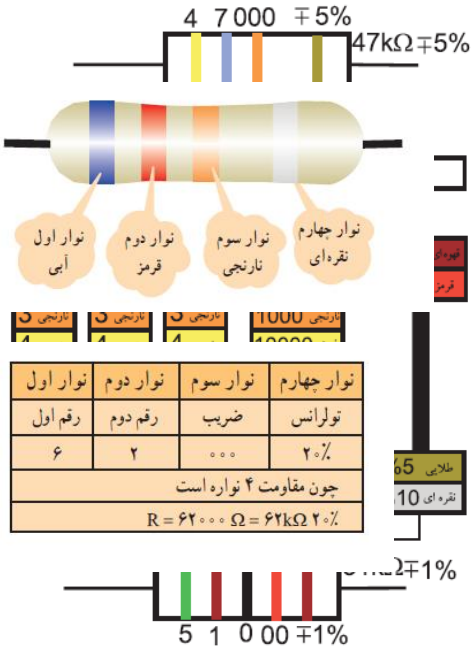
دسته سیم و درخت سیم‌کشی: سیم‌های مدارات الکتریکی خودرو برای نظم بیشتر به هم پیچیده و به صورت دسته‌سیم درمی‌آیند. مجموعه دسته‌سیم‌ها، درخت سیم‌کشی خودر گفته می‌شوند. دسته‌سیم‌ها از مسیرهای مشخصی در بدنه خودرو عبور کرده و توسط بست‌های پلاستیکی به بدنه خودرو متصل می‌شوند.

مقاومت: مخالفت در برابر جریان الکتریکی مقاومت نامیده می‌شود و با حرف R نمایش داده می‌شود. مصرف کننده‌هائی مانند لامپ، الکتروموتور و ... دارای مقاومت الکتریکی هستند. نوع دیگری از مقاومت، مقاومت‌های رنگی می‌باشند که در مدارهای الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



بعضی مقاومت ها هم به صورت ناخواسته و مزاحم در مدارهای الکتریکی ظاهر می‌شود، مانند مقاومت سیم‌های رابط مدار که باعث اتلاف انرژی (افت ولتاژ) می‌گردد.
محاسبه مقاومت رنگی ساده است برای محاسبه مقدار مقاومت رنگی از الگوئس مطابق شکل زیر استفاده کنید.

جدول محاسبه مقدار مقاومت رنگی



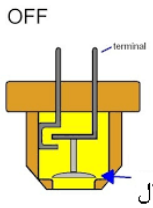
نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم
رقم اول	رقم دوم	ضریب	تولرانس
۶	۲	۰۰۰	۲۰٪
چون مقاومت ۴ نواره است			
R = ۶۲۰۰۰ Ω = ۶۲kΩ ۲۰٪			

سوئیچ (کلید): سوئیچ نقش قطع و وصل جریان الکتریکی را به عهده دارد، توسط سوئیچ می‌توان مدار الکتریکی را قطع یا وصل کرد. سوئیچ معمولاً به صورت سری در مدار بسته می‌شود.

سوئیچ‌های مکانیکی مانند سوئیچ اصلی خودرو، کلید کولر (A/R) ، کلید فن، سوئیچ لای دری و ... می‌باشد

سوئیچ حساس به فشار: این سوئیچ، دارای یک دیافراگم بوده که به فشار حساس است. زمانی که فشار سیال مورد نظر به حد خاصی برسد سوئیچ عمل کرده و باز یا بسته می‌شود. فشنگی روغن، نمونه‌ای از سوئیچ فشاری است.

سوئیچ حساس به دما: زمانی که دما به حد معینی برسد این سوئیچ عمل می‌کند مانند ترموستات کولر.



فیوز: وظیفه فیوز محافظت از مدار در برابر جریان‌های بالا است. حد تحمل فیوزها بر حسب آمپر بر روی آنها نوشته می‌شود. درون فیوز اتصال ذوب‌شونده‌ای قرار دارد که در صورت عبور جریانی بالاتر از تحمل آن، ذوب شده و مدار را قطع می‌کند، بنابراین اجزاء مدار در برابر عبور جریان بالا محافظت می‌شوند. فیوزها در انواع مختلف شیشه‌ای، سیمی، گچی و ... تولید می‌شوند. فیوزها بر اساس حداکثر جریان مجاز مدار انتخاب شده و به صورت سری در مدار قرار می‌گیرند.

مثال: برای مدار با مشخصات(۶۰ W , ۱۲V) فیوز چند آمپر مناسب است؟

حل: $I = 60 \div ۱۲ = ۵\ A$ $\gg I = P/V$ $P = V.I$

مقاومت متغیر: مقاومت متغیر، مقاومتی است که مقدار آن قابل تنظیم بوده و می‌توان آن را تغییر داد. مقاومت متغیر، پتانسیومتر و رئوستا هر دو مقاومت متغیر هستند می‌باشد. از مقاومت متغیر برای تغییر مقاومت و در نتیجه تغییر جریان در مدار استفاده می‌شود.

تفاوت پتانسیومتر و رئوستا: از پتانسیومتر برای کنترل ولتاژ و از رئوستا برای کنترل جریان استفاده می‌شود.

ترمیستور (Thermally Sensitive Resistor)**:** ترمیستور نوعی مقاومت حساس به حرارت است، یعنی مقدار مقاومت، تابع حرارت بوده و در اثر تغییر دما، مقاومت آن تغییر می‌کند. ترمیستورها در دو نوع ساخته می‌شوند که عبارتند از :

الف) ترمیستور با ضریب حرارتی مثبت (PTC) :Positive Temperature Coefficient

مقدار این نوع مقاومت با افزایش دما، افزایش می‌یابد . مقدار اصلی مقاومت PTC را در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بیان می‌کنند.

ب) ترمیستور با ضریب حرارتی منفی (NTC) :Negative Temperature Coefficient

مقدار این نوع مقاومت، با افزایش دما، کاهش می یابد .

سیم‌پیچ یا سلف: چند حلقه سیم پیچیده شده، سیم‌پیچ یا سلف ایجاد می‌کند. سیم‌پیچ می‌تواند دارای هسته یا بدون هسته باشد. سیم‌پیچ وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به صورت میدان مغناطیسی در خود ذخیره می‌کند. سیم‌پیچ معمولاً سه جزء اصلی دارد ۱-کلاف سیم ۲-قرقره ۳-هسته.

جنس هسته، آلیاژ آهن است و به خاطر جلوگیری از ایجاد جریان‌های گردابی و گرم شدن هسته آن را به صورت لایه لایه می‌سازند.

کاربرد: در موتورهای الکتریکی از سیم‌پیچ برای ایجاد میدان مغناطیسی استفاده می‌شود. در رله‌ها برای قطع و وصل پلاتین از سیم‌پیچ استفاده می‌شود. در سیستم جرقه‌زنی خودرو نیز از سیم‌پیچ استفاده می‌شود، کوئل از دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه و یک هسته تشکیل شده است.

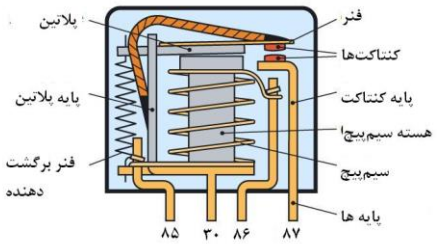
رله

رله یک نوعی سوئیچ اتوماتیک است. ساختار داخلی رله از دو جزء اصلی تشکیل شده است:
۱-بوبین و ۲-سوئیچ

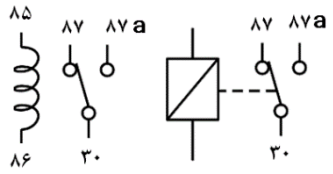
بوبین یک سیم‌پیچ است که وقتی برقدار می‌شود آهنربا شده و پلاتین را فعال می‌کند.

سوئیچ یک کلید پلاتینی است که با خاصیت آهنربائی بوبین، باز یا بسته شده و با نیروی فنر به محل خود بازمی‌گردد.

طرز کار رله: زمانیکه جریان در مدار بوبین وصل می‌شود، در اثر خاصیت الکترومغناطیسی، بوبین مانند آهنربا عمل کرده و کلید رله فعال می‌نماید. در نتیجه کلید عمل کرده و مدار دیگری را قطع یا وصل می‌کند.



مدار مربوط به سیم‌پیچ رله را مدار تحریک و مدار مربوط به کلید را مدار قدرت می‌نامند. شکل زیر یک نوع رله و مدار داخلی آن را نشان می‌دهد.

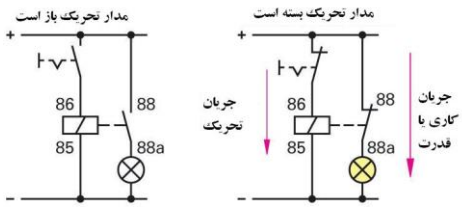


افت ولتاژ ناشی از سیم‌کشی: مسیر طولانی سیم‌کشی، مانند یک مقاومت در مسیر عمل می‌کند، و موجب می‌شود تا مقداری از ولتاژی که قرار است سر مصرف‌کننده برسد صرف غلبه بر مقاومت سیم شود. در نتیجه مصرف‌کننده ولتاژ کمتری از آنچه برای آن طراحی شده است دریافت می‌کند. بعلاوه اگر سیم‌کشی قدیمی باشد این موضوع بیشتر نمود پیدا می‌کند.

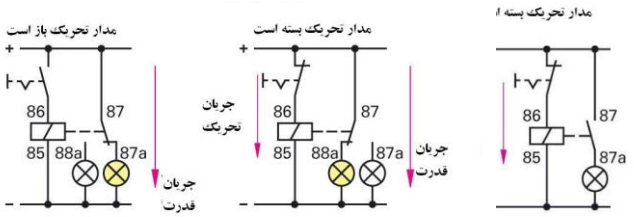
برای اجتناب از افت ولتاژ ناشی از سیم‌کشی در خودرو از وسیله‌ای به نام رله استفاده می‌شود. رله با یک جریان ضعیف فعال شده و برق قوی را برای مصرف کننده تامین می‌کند.

انواع رله

رله‌ها با توجه به نیاز و کاربرد در انواع و تعداد پایه‌های مختلف تولید می‌شوند. به طور کلی رله‌ها در انواع زیر می‌باشند:



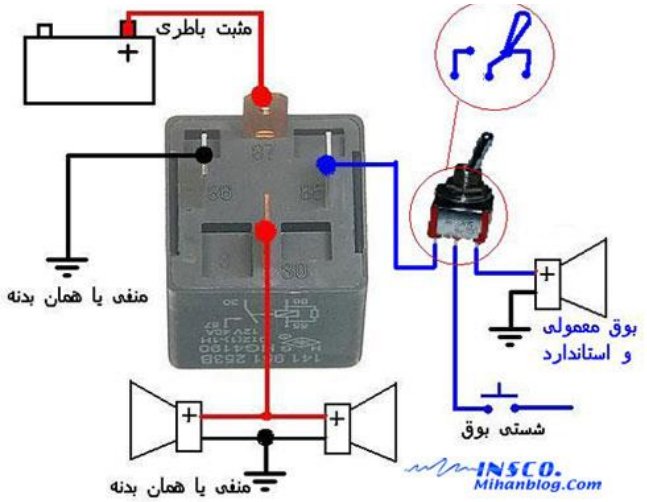
۱) رله‌ی NO (NORMAL OPEN): رله‌ای است که سوئیچ آن در حالت عادی، باز است و با وصل شدن جریان بوبین، سوئیچ آن بسته می‌شود و مدار را وصل می‌کند.
۲) رله‌ی NC (NOrMAL CLOSE): رله‌ای است که در حالت عادی سوئیچ آن بسته بوده و با عبور جریان از مدار بوبین، سوئیچ آن باز می‌شود و مدار را قطع می‌کند.
۳) رله ترکیبی NO-NC: سوئیچ این نوع رله، دو راهه است و دارای هر دو پایه NO و NC می‌باشد.



رله‌های NO و NC ،چهار پایه دارند. دوپایه آنها مربوط به بوبین و دو پایه دیگر مربوط به سوئیچ می‌باشند.
رله ترکیبی حداقل ۵ پایه دارد. دوپایه مربوط به بوبین و سه پایه مربوط به سوئیچ می‌باشد.
طرز کار رله: با عبور جریان از مدار تحریک، سیم‌پیچ رله آهنربا شده و در اثر جاذبه مغناطیسی، پلاتین سوئیچ را به سمت خود می‌کشد. در نتیجه پلاتین باز یا بسته شده در نتیجه جریان مدار اصلی، قطع یا وصل می‌شود.
شماره پایه‌های رله: پایه‌های شماره ۸۵ و ۸۶ به دو سر سیم‌پیچ متصل‌اند. پایه‌های ۳۰ و ۸۷ مربوط به کلید NO و پایه‌های شماره ۳۰ و ۸۷a مربوط به کلید NC
کاربرد رله: یکی از موارد استفاده رله زمانی است که به دلیل طولانی بودن مسیر سیم‌کشی ولتاژ دریافتی سر مصرف‌کننده کاهش می‌یابد. این افت ولتاژ به خاطر مقاومت مسیر سیم‌کشی می‌باشد. به منظور حذف افت ولتاژ ناشی از سیم‌کشی از رله استفاده می‌شود.
مورد استفاده دیگر زمانی است که یک مصرف کننده‌ای توسط دستگاه الکترونیکی دیگری قطع و وصل می‌شود. مانند فن رادیاتور که توسط وسیله‌ای به نام یونیت فن، کنترل می‌شود. از آنجائیکه یونیت فن یک مدول الکترونیکی است توانائی تامین برق مدار فن را به طور مستقیم ندارد. در این حالت یونیت فن، مدار تحریک رله را فعال کرده و برق مثبت فن از طریق مدار اصلی رله تامین می‌شود.

مثالی از کاربرد رله
فرض کنید می‌خواهیم بوق بزرگتری را برای خودرو ببندیم. اما می‌دانید که صداهای ناهنجار در مناطق مسکونی برای سالمندان و کودکان آزار دهنده است. با استفاده از یک کلید کلنگی ساده می‌توان همچنان بوق استاندارد خود را حفظ کرد و در این گونه مناطق بجای استفاده از بوق با صدای شدید از بوق استاندارد وسیله خود استفاده کرد .
شکل زیر نشان می دهد که با استفاده از یک کلید دو حالته کلنگی و یک رله می‌توان وسیله خود را دارای دو بوق کنید یکی استاندارد و دیگری بوق مورد نظرتان.

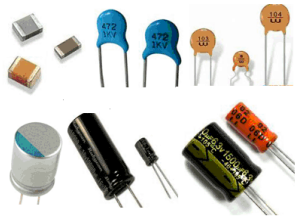
کلید دو حالته کلنگی بصورت پیچ و رزوه ای در بازار موجود است که به راحتی می توانید آن را در هر قسمت از وسیله خود نصب کنید.

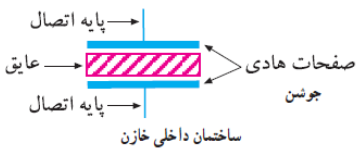


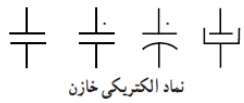
نکته: برخی از شرکتها بجای استفاده از سیم مثبت در شستی بوق (کلید بوق)، از سیم منفی استفاده می کنند.

خازن

خازن می تواند انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند. خازن از دو صفحه رسانا تشکیل شده است که بین آنها عایقی قرار دارد. در شکل ساختار داخلی خازن، نماد فنی و شکل ظاهری آن را مشاهده می کنید.





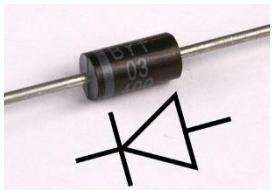


بار الکتریکی در صفحات خازن ذخیره می‌شود. زمانی که خازن شارژ است یک صفحه بار الکتریکی مثبت و صفحه دیگر بار الکتریکی منفی را در خود ذخیره می کند. در نتیجه دو سر خازن دارای اختلاف پتانسیل بوده و می تواند مانند یک باتری عمل کند.

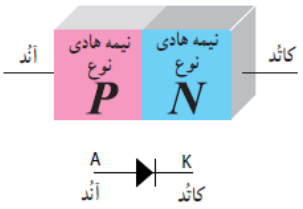
از خازن ها برای صاف کردن سطح ولتاژ مستقیم نیز استفاده می شود. از خازن ها به عنوان فیلتر نیز استفاده می کنند چرا که سیگنالهای متناوب را به راحتی عبور می دهند ولی مانع عبور سیگنال های مستقیم می شوند.

ظرفیت خازن: میزان توانائی ذخیره بار الکتریکی را ظرفیت خازن گویند. هرچه سطح صفحات خازن بزرگتر باشد ظرفیت آن نیز بزرگتر است. واحد ظرفیت خازن فاراد است. فاراد واحد بزرگی بوده به همین دلیل اغلب از واحدهای کوچکتر مثل میکروفاراد و نانوفاراد استفاده می‌شود.

دیود

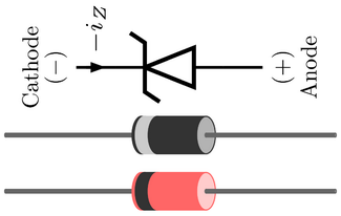


دیود یا یکسوساز از اتصال یک نیمه‌هادی نوع N و یک نیمه‌هادی نوع P مطابق شکل تشکیل شده است. دیود مانند یک جاده یکطرفه است، یعنی از یک سمت اجازه عبور جریان را می‌دهد ولی از طرف دیگر اجازه عبور جریان را نمی‌دهد. شکل زیر اتصال P-N دیود و نماد دیود را نشان می‌دهد.



نیمه‌هادی نوع N را قطب آند(مثبت) و نیمه‌هادی نوع P را قطب کاتد(منفی) دیود می گویند. اگر دیود طوری در مدار قرار گیرد که قطب مثبت(آند) آن به قطب مثبت باطری و قطب منفی(کاتد) آن به قطب منفی باتری وصل شود دیود اجازه عبور جریان را داده و می گوئیم دیود در بایاس موافق قرار دارد. اگر دیود به گونه‌ای در مدار قرار گیرد که قطب مثبت آن به قطب منفی باتری و قطب منفی آن به قطب مثبت باتری وصل شود، دیود مانند یک کلید قطع عمل کرده و جریان از آن عبور نمی کند در این حالت می گوئیم دیود در بایاس مخالف قرار دارد.

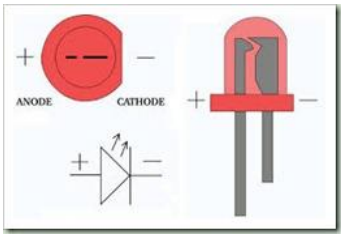
تست دیود با مولتی متر: سلکتور مولتی متر را روی دیود قرار داده و پراپ قرمز را به سر آند وصل کرده و پراپ مشکی را به سر کاتد (با نوار سفید روی دیود مشخص شده است) وصل کنید. در این حالت مولتی متر مقداری را نشان می دهد. حال جای پراپها را عوض کرده و پراپ مشکی را به آند و پراپ قرمز را به کاتد دیود وصل کنید که باید مولتی متر مقدار بینهایت را بصورت ۱ یا L ۰ نشان دهد یعنی دیود جریانی را در جهت عکس از خود عبور نمی‌دهد.



دیود زنر: یک نوع ویژه از دیود است که اجازه می دهد تا جریان الکتریکی در یک جهت به جریان یابد، اما ویژگی

دیگر این دیود این است که اجازه میدهد که جریان الکتریکی در جهت معکوس، فقط زمانی که ولتاژ بالاتر از یک مقدار مشخص باشد حرکت کند. این ولتاژ مشخص ولتاژ شکست، یا ولتاژ زنر نام دارد.

دیود نورانی(LED): دیود های LED نیز مانند دیودهای معمولی هستند و بصورت مستقیم بایاس می‌شوند یعنی قطب مثبت منبع تغذیه به آند و قطب منفی آن به کاتد دیود وصل می‌شود. تفاوت آنها با دیودهای معمولی اینست که با عبور جریان الکتریکی از خود نور منتشر می کنند.

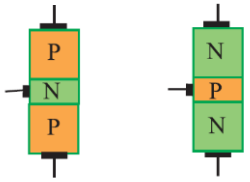


برای تست دیود LED آن را از مدار خارج کرده و پروپ قرمز را به سر آند و پروپ مشکی را به سر کاتد وصل کنید در این حالت دیود LED باید روشن شود. دقت کنید اگر جای پروپ ها را عوض کنید مولتی متر باید مقدار ۱ یا L۰ (بینهایت) را نشان دهد.

ترانزیستور

ترانزیستور یک عنصر سه پایه می باشد که با اعمال سیگنال به یکی از پایه های آن میزان جریان عبوری از دو پایه دیگر آن کنترل می‌شود. برای عملکرد صحیح ترانزیستور ها باید توسط المانهای دیگر مانند مقاومت و خازن و ... جریان ها و ولتاژ های لازم را برای آن فراهم کرد و یا اصطلاحا آن را بایاس کرد.

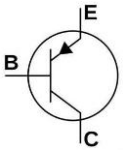
از ترکیب سه نیمه‌هادی نوع N و نوع P، ترانزیستور معمولی به وجود می‌آید. نحوه قرار گرفتن نیمه‌هادی‌ها در کنار هم به دو صورت می‌باشد:

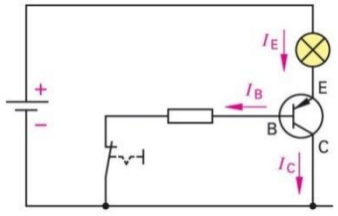


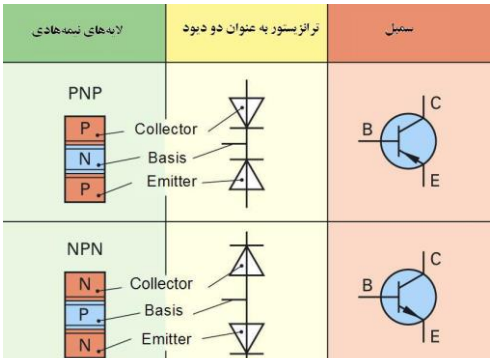
۱) ترانزیستور PNP : یک نیمه‌هادی نوع N در وسط و دو قطعه نیمه‌هادی نوع P در طرفین آن رار می گیرد.

۲) ترانزیستور NPN : یک نیمه‌هادی نوع P در وسط و دو نیمه‌هادی نوع N در طرفین آن قرار می گیرد.

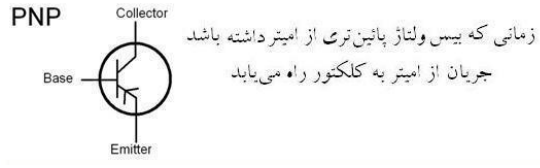
پایه‌های ترانزیستور را بیس، امیتر و کلکتور می‌نامند. پایه بیس با حرف B، پایه کلکتور با حرف C و پایه امیتر را با حرف E نمایش می‌دهند.



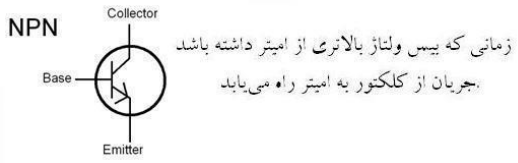


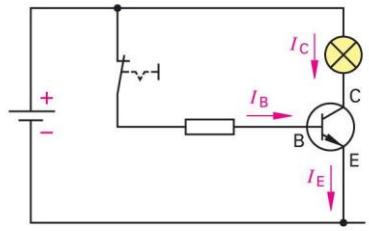


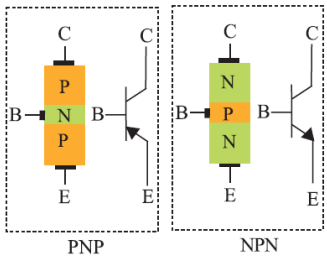
در سمبل ترانزیستور PNP جهت فلش از امیتر به سمت کلکتور است. این ترانزیستور زمانی فعال می‌شود که پایه بیس منفی و پایه امیتر مثبت باشد در این حالت جریان کمی از بیس گذشته و جریان قوی از امیتر به کلکتور راه می‌یابد.

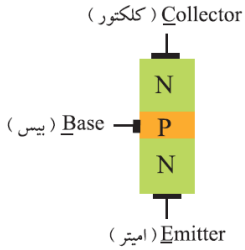


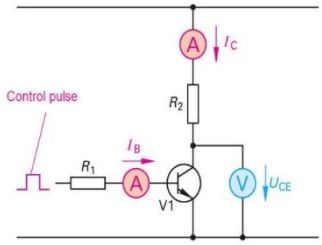
در سمبل ترانزیستور NPN جهت فلش از کلکتور به سمت امیتر است و این ترانزیستور زمانی فعال می‌شود که پایه بیس به مثبت و امیتر به منفی وصل شود در این حالت جریانی قوی از کلکتور به امیتر راه می‌یابد در شکل زیر I_B جریان ضعیف و I_E جریان قوی است. توجه به جهت فلش در سمبل این دو نوع ترانزیستور به یادگیری این مطالب کمک می‌کند.











ترانزیستور ها به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

ترانزیستور های نوع BJT: ترانزیستورهائی که با اعمال جریان به پایه Base تحریک می شود.

ترانزیستور های نوع FET: ترانزیستورهائی که با اعمال ولتاژ به پایه Gate تحریک می شود.

جدول علائم اجزای مدارات الکتریکی

علامت	نام قطعه	علامت	نام قطعه
	سیم		مقاومت متغیر، پتانسیومتر
0.75W	قطر و رنگ سیم (علائم روی سیم)		فیوز آمپر بالا
	سیمهای عبوری از روی یکدیگر		دیود
	سیمهای متصل به هم		انشعاب
	اتصال به بدنه		خازن ظرفیت ثابت
	فیوز		خازن ظرفیت متغیر
V	ولت متر	M	الکتروموتور
A	آمپرمتر		کانکتور
	منبع ولتاژ متناوب		برق
	باطری		بلندگو
	مقاومت		آنتن
	سیم پیچ		رادیوپخش

لحیم کاری

لحیم کاری به عملی می‌گویند که ضمن آن دو فلز را در گرمای مناسب به وسیله ذوب کردن آلیاژ قلع و سرب به هم وصل می‌کنند. این عمل با کمک ابزاری به نام هویه انجام می‌شود. برای انجام کارهای برق خودرو هویه با قدرت ۶۰ تا ۱۰۰ وات نیاز است. برای لحیم کاری، آلیاژ ۶۰ درصد قلع و ۴۰ درصد سرب را به صورت مفتول‌هایی به نام "سیم لحیم" در می‌آورند.

در مغز برخی سیم‌های لحیم سوراخ‌هایی ایجاد کرده اند که از "رزین" مخصوصی پر شده است. با ذوب شدن سیم لحیم در موقع لحمیکاری "رزین" داخل آن نیز ذوب شده و در محل لحیم کاری جاری می شود، این ماده شیمیایی سبب می گردد تا لحیم کاری به نحو مطلوب انجام شود و با این روش ذوب کردن قلع در محل لحیم کاری نیازی به روغن لحیم نیست.

انواع هویه:

هویه ابزار اولیه لحیم‌کاری است که دارای یک نوک فلزی بوده و در حدود ۴۳۰ درجه سانتیگراد داغ می‌شود.

۱- هویه‌ی ساده که به وسیله ی حرارت چراغ پریموس، گاز یا زغال گرم می شود.

۲- هویه‌ی برقی بر دو نوع می باشد: هویه‌ی قلمی(مقاومتی) و هویه‌ی هفت تیری (ترانسفورماتوری) تفاوت این دو نوع هویه در این است که هویه‌ی هفت‌تیری در مدت زمان کوتاه‌تری گرم می‌شود و معمولاً برای تولید توان‌های بالاتر ساخته می‌شود.

مراحل لحیم کاری

لحیم‌کاری در سه مرحله انجام می‌شود:

۱-گرم کردن محل لحیم کاری، ۲- ذوب کردن ، ۳-سیلان

قبل از لحیم‌کاری سطح قطعات را از چربی و سولفات پاک کنید تا اتصال به خوبی انجام شود.

گرم کردن: نوک هویه را در محل لحیم کاری گذاشته به طوریکه با هر دو قطعه تماس پیدا کند. به این ترتیب هر دو قطعه گرم شده و آمادگی پذیرش قلع ذوب شده را می‌یابند. چنانچه لحیم‌کاری بر روی قطعات حساسی مثل آی سی ، ترانزیستور ، دیود و ... انجام می‌شود، نباید هویه را به مدت طولانی در محل پایه ها قرار داد و تا حد امکان این زمان را کمتر کنید.

ذوب کردن سیم لحیم و سیلان:چند لحظه پس از گذاشتن هویه، سیم لحیم را در محل لحیم کاری قرار داده تا بتواند گرما را از محل لحیم کاری و نوک هویه جذب کرده و ذوب شود. با ذوب شدن سیم لحیم، روغن موجود در مغز آن نیز ذوب میشود سپس هویه را در محل نگه دارید تا مواد مذاب در محل لحیم کاری جاری شده و نفوذ کند به این مرحله سیلان یا نفوذ گفته می‌شود.

در لحیم‌کاری مدار چاپی، حدود نیم سانتی متر از سیم لحیم که ذوب شد، آن را عقب بکشید و چند لحظه بعد هویه را نیز از محل لحیم کاری دور کنید. اما چون چند ثانیه طول می‌کشد تا لحیم ذوب شده کاملا سفت و جامد شود، بنابراین لازم است چند لحظه محل لحیم کاری را ثابت و بی حرکت نگهدارید.حداکثر زمان لحیم کاری روی فیبرهای مدار چاپی حدود ۲ تا ۳ ثانیه می باشد.

قبل از لحیم‌کاری سطح قطعات را از چربی و سولفات پاک کنید تا اتصال به خوبی انجام شود.

چند توصیه در مورد لحیم کاری

در هنگام لحیم‌کاری حتما از ماسک استفاده کنید یا تهویه مناسب داشته باشید. برای جلوگیری از آسیب‌های احتمالی که ممکن است در اثر ریختن قلع ذوب شده به میز کارتان وارد شود، یک تکه پارچه نخی تمیز و یا یک تکه روزنامه زیر دستتان پهن کنید. هویه لحیم کاری را حتما روی پایه هویه قرار دهید و اگر پایه هویه در اختیار ندارید آن را روی یک سینی فلزی نسبتا پهن قرار دهید. در موقع لحیم‌کاری می‌توانید گاهی اوقات نوک هویه را وارد روغن کنید و آن را با دستمال کاغذی

یا ابر نسوز تمیز نمایید. درضمن توجه داشته باشید که بخار ناشی از کالیفان (روغن لیحیم‌کاری) در صورت استشمام، به ریه‌ها آسیب می‌رساند.

برداشتن قلع های اضافی: گاهی اتفاق می‌افتد که بین دو نقطه به وسیله قلع ذوب شده اتصال نابجا به وجود می‌آید. برای برداشتن قلع‌های اضافی، ابزار مخصوص به نام "قلع کش" وجود دارد. اگر به این ابزار دسترسی ندارید. راه ساده‌ای برای این کار وجود دارد.کافی است فیبر را با یک دست به صورت عمودی یا مایل بگیرید و با دست دیگر هویه داغ را در محل اتصال نابجا قرار داده قلع آن را ذوب کنید خواهید دید که قلع اضافی پس از ذوب شدن جذب هویه می‌گردد و اتصال نابجا بین دو نقطه از بین می‌رود.