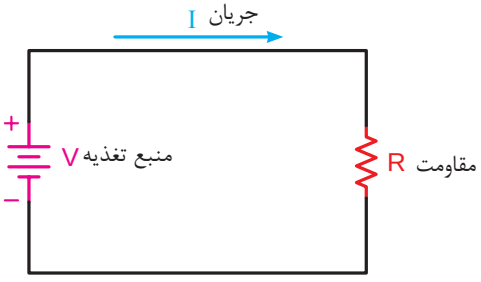
۲ـ۴ـ۳ـ عوامل الکتریکی مؤثر در مقاومت:

هرگاه مقاومت الکتریکی در مدار به عنوان مصرف کننده مطرح باشـد عوامل الکتریکـی مختلفی در تعیین مقدار آن مؤثر است. از جمله می توان ولتاژ مدار و جریان قابل تحمل مقاومـت را نام برد. برای مشـخص نمودن مقدار مقاومت از روابط خاصی استفاده می شـود که در بحث قوانین اساسی برق با آن آشـنا خواهید شـد. علامت اختصاری مقاومت در مدارهای الکتریکی به صورت R یا R است. (شکل ۲۶ـ۳)



شکل ۲۶ـ۳

۳ـ۴ـ۳ـ چگونگی تبدیل واحدها به یکدیگر:

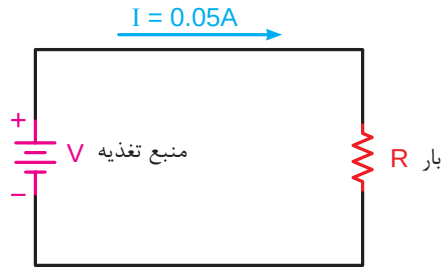
همان گونه که اشاره شد کمیت های الکتریکی جریان (I) و ولتـاژ (V) و مقاومت (R) به ترتیب دارای واحدهای آمپر (A)، ولت (V) و اهم (Ω) هستند. در مدارهای الکتریکی ایـن واحدها در مقیاس های کوچک تـر یا بزرگ تر از واحد اصلـی خود نیز به کار می روند. جدول ۱ـ۳ نحوه تبدیل این واحدها را به یکدیگر نشان می دهد.

توضیح: ضرایبی که با رنگ قرمز مشـخص شده اند در مباحث الکتریسیته کاربرد دارند.

مثال: شـدت جریان عبوری از مدار شکل ۲۷ـ۳ معادل چند میلی آمپر است؟

$I = ۰/۰۵ \times ۱۰^{۳} = ۵ \times ۱۰^{-۲} \times ۱۰^{۳}$

$I = ۵۰mA$



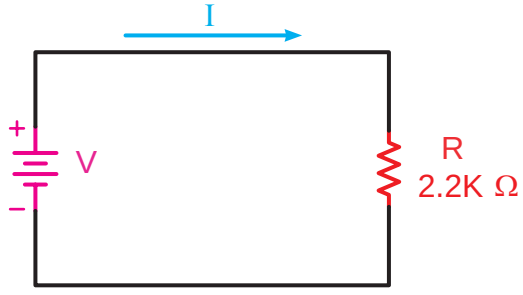
شکل ۲۷ـ۳

جدول ۱ـ۳ـ اجزاء و اضعاف واحدهای اصلی الکتریکی

چگونگی تبدیل ضرایب		حرف اختصاری	نام ضریب	شکل‌نمایی ضریب	مقدار ضریب
از واحدهای کوچکتر به واحدهای بزرگتر در ضرایب دارای توان منفی ضرب یا برضرایب دارای توان مثبت تقسیم می کنیم.	از واحدهای بزرگتر به واحدهای کوچکتر در ضرایب دارای توان مثبت ضرب یا برضرایب دارای توان منفی تقسیم می کنیم.	T	ترا	$۱۰^{۱۲}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
		G	گیگا	$۱۰^{۹}$	۱۰۰۰۰۰۰۰۰
		M	مگا	$۱۰^{۶}$	۱۰۰۰۰۰۰
		K	کیلو	$۱۰^{۳}$	۱۰۰۰
		H	هگتو	$۱۰^{۲}$	۱۰۰
		da	دکا	۱۰	۱۰
			واحد اصلی	$۱۰^{۰}$	۱
		d	دسی	$۱۰^{-۱}$	۰/۱
		c	سانتی	$۱۰^{-۲}$	۰/۰۱
		m	میلی	$۱۰^{-۳}$	۰/۰۰۱
		m	میکرو	$۱۰^{-۶}$	۰/۰۰۰۰۰۱
		n	نانو	$۱۰^{-۹}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۱
		p	پیکو	$۱۰^{-۱۲}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

مثـال: مقاومت R مدار شـکل ۲۸ـ۳ معـادل چند اهم است؟

$$R = ۲/۲ \times ۱۰^{۳} = ۲۲۰۰\Omega$$



شکل ۲۸ـ۳ـ منبع تغذیه

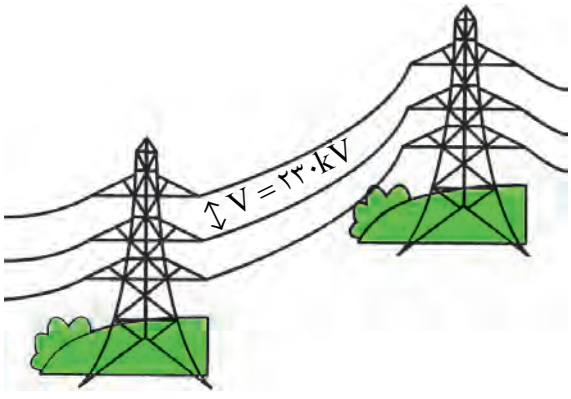
مثال: ولتاژ نشان داده شده در بین دو سیم شکل ۲۹ـ۳ معادل چند میلی ولت است؟

$$V = ۲۳۰ \times ۱۰^{۳} = ۲۳۰۰۰۰$$

$$V = ۲۳۰۰۰۰ \div ۱۰^{-۳} = ۲۳۰۰۰۰ \times ۱۰^{۳}$$

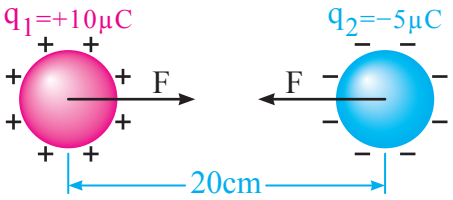
$$= ۲۳ \times ۱۰^{۴} \times ۱۰^{۳} = ۲ \times ۱۰^{۷}$$

$$V = ۲۳۰۰۰۰۰۰۰mV$$



شکل ۲۹ـ۳

مثـال: انـدازه نیروی بیـن دو ذره بارهار $Q_1 = ۱۰_{\mu c}$ و $Q_۲ = -۵_{\mu c}$ که مطابق شـکل در فاصله ۲۰ سانتی متری از هم قرار گرفته اند چند نیوتن است؟ $\left(k = ۹\times ۱۰^{۹}\right)$



$$F = k\frac{q_۱ q_۲}{d^۲}$$

$$F = ۹\times ۱۰^{۹} \times \frac{۱۰\times ۱۰^{-۶} \times -۵\times ۱۰^{-۶}}{\left(۲۰\times ۱۰^{-۲}\right)^{۲}}$$

$$F = \frac{-۴۵۰\times ۱۰^{۹} \times ۱۰^{-۱۲}}{۴۰۰\times ۱۰^{-۴}} = \frac{-۴۵۰\times ۱۰^{-۳}}{۴۰۰\times ۱۰^{-۴}}$$

$$F = \frac{-۴۵۰\times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۴}}{۴۰۰} = -۱/۱۲\times ۱۰ = -۱۱/۲ \quad N$$

مثـال: بار الکتریکی $q = ۲\mu c$ در یک نقطه از میدان بر بـار $q_۰$ ، نیروی ۶ میلی نیوتن وارد می شـود. اندازه میدان الکتریکی در این نقطه چند $\frac{N}{C}$ است؟

$$E = \frac{F}{q}$$

$$E = \frac{۶\times ۱۰^{-۳}}{۲\times ۱۰^{-۶}} = \frac{۶\times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^{۶}}{۲}$$

$$E = ۳\times ۱۰^{۳} = ۳۰۰۰ \frac{N}{C}$$

۵ـ۳ـ انواع مقاومت ها

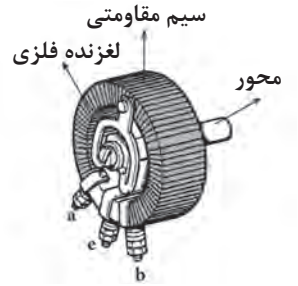
مقاومت های الکتریکی به انواع زیر تقسیم می شوند:

انواع مقاومت ها

۱ـ مقاومت های ثابت

۲ـ مقاومت های متغیر { الف ـ با تنظیم دستی / ب- تابع عوامل فیزیکی

در شکل ۳۰ـ۳ نمونه هایی از مقاومت های ثابت و متغیر را مشاهده می کنید.



الف)

ب)

شکل ۳۰ـ۳ـ مقاومت های ثابت و متغیر

۱ـ۵ـ۳ـ مقاومت های ثابت

بـه آن گـروه از مقاومت ها که مقدار آن ها را با دسـت نمی توان تغییـر داد «مقاومت های ثابـت» می گویند. این مقاومت ها در انواع مختلف ساخته می شوند که شکل ۳۱ـ۳ نمونه هایی از آن را نشان می دهد.

شکل ۳۱ـ۳ـ مقاومت های ثابت

۲ـ۵ـ۳ـ مقاومت های متغیر

گروهـی از مقاومت ها هسـتند که امـکان تغییر مقدار در آن ها به کمک دسـت و عوامـل فیزیکی وجود دارد. این مقاومت ها را «مقاومت متغیر» می گویند.

مقاومت های متغیر دارای دو پایه ثابت و یک پایه متغیر هستند مقاومت های متغیر به دو صورت «تنظیم دستی» و «تابع عوامل فیزیکی» ساخته می شوند.

در نوع دسـتی، مقدار مقاومت را می تـوان با یک اهرم (لغزنده) و با چرخاندن پیچ گوشـتی به کمک دسـت تغییر داد. در شکل ۳۲ـ۳ تصویر ظاهری انواع مقاومت های متغیر با تنظیم دستی را مشاهده می کنید.

مقاومت‌هـای متغیر با تنظیم دسـتی بـه دو صورت در مدارها به کار می‌روند.

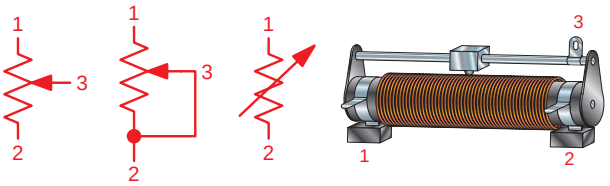
الف ـ مقدار مقاومت با چرخاندن ولوم به وسیله پیچ گوشتی تغییر می کند.

ب ـ مقدار مقاومت با چرخاندن ولوم به کمک دست تغییر می کند.

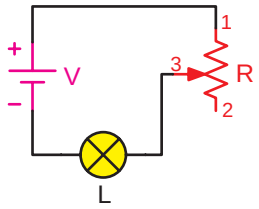
شکل ۳۲ـ۳ـ انواع مقاومت های متغیر با تنظیم دستی

ـ حالت های رئوســتایی: هرگاه از یک پایه ثابت و پایه متغیر اســتفاده شــود در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت رئوســتایی قرار گرفته است. شکل ۳ـ۳۳ پایه هــای ثابت و متغیر مقاومــت را به همراه علامت اختصاری آن نشان می دهد.

از مقاومت متغیر در حالت رئوستایی برای کنترل جریان مصرف کننده اســتفاده می شــود. یعنی به واسطه تغییر در مقــدار مقاومت می توانیم جریان مــدار را کم یا زیاد کنیم. شــکل ۳ـ۳۴ نحوه اتصال مقاومت متغیر به حالت رئوستایی در مدار را نشان می دهد.

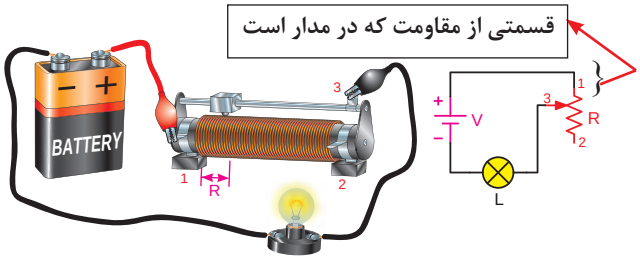


شکل ۳-۳۳- تصویرظاهری وعلائم اختصاری مقاومت متغیر



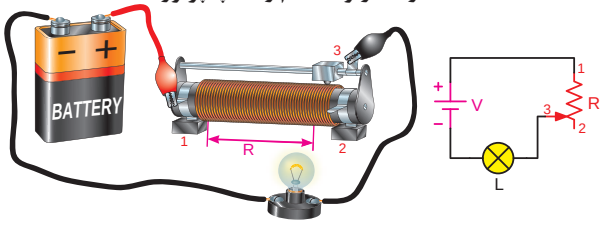
شکل ۳ـ۳۴ـ نحوه اتصال مقاومت متغیر در حالت رئوستایی

همان گونه که در شکل ۳ـ۳۵ـ الف مشاهده می کنید با حرکت دادن پایه متحرک (۳) به سمت پایه ثابت (۱) مقدار مقاومــت موجود در مســیر لامپ کاهــش می یابد و جریان عبوری زیاد می شود و لامپ را پر نورتر می کند.



الف ـ مقاومت رئوستا کم و لامپ پرنور است.

در صورت حرکــت دادن پایه متحرک (۳) به طرف پایه ثابت (۲) مقدار مقاومتی که در مســیر لامپ قرار می گیرد افزایــش یافته و جریان عبوری از لامپ را کاهش می دهد و لامپ را کم نور می کند.

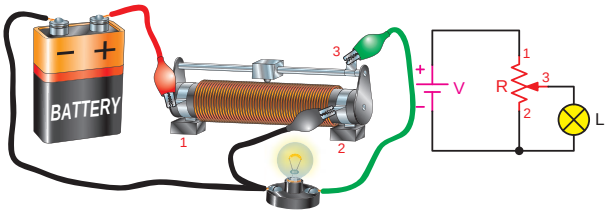


ب ـ مقاومت رئوستا زیاد و لامپ کم نور است.

شکل ۳ـ۳۵

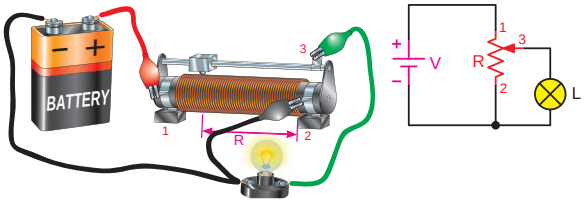
ـ حالت های پتانســیومتری: اگر از هر ســه پایه (دو پایه ثابت و یک پایه متغیر) یک مقاومت متغیر استفاده شــود در اصطلاح گفته می شود که مقاومت متغیر در حالت پتانسیومتری بسته شده است.

از این حالــت اتصال مقاومت های متغیر در مدارها برای کنترل ولتاژ مصرف کننده اســتفاده می شود. یعنی با تغییر در مقــدار مقاومت می توان ولتاژ مصرف کننده را کم و زیاد کرد. شکل ۳ـ۳۶ نحوه اتصال مقاومت در حالت پتانسیومتری را نشان می دهد.

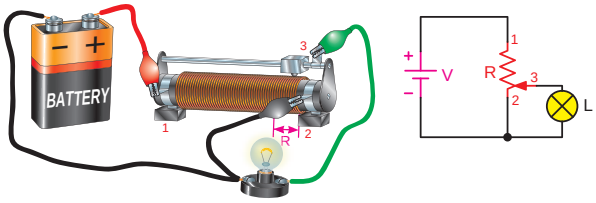


شکل ۳ـ۳۶

در مدار شـکل ۳۷ـ۳ـ الف هرگاه پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۱) نزدیک کنیم مقدار مقاومت پتانسیومتر که به دو سـر لامپ اتصال دارد، افزایـش می یابد و نور لامپ زیاد می شود. در صورتی که پایه متحرک (۳) را به پایه ثابت (۲) نزدیـک کنیم مقدار مقاومت متصل شـده به دو سـر لامپ کاهش می یابد و نور لامپ کم می شود. (شکل ۳۷ـ۳ـ ب)



الف ـ مقاومت پتانسیومتر زیاد و نور لامپ زیاد



ب ـ مقاومت پتانسیومتر کم و نور لامپ کم.

شکل ۳۷ـ۳

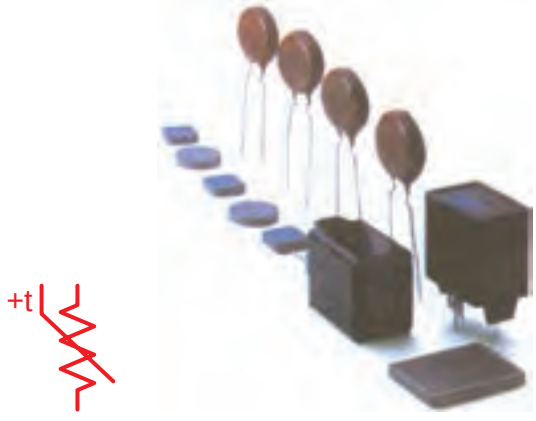
۳ـ۵ـ۳ـ مقاومت وابسته به حرارت (ترمیستور[1]):

این مقاومت ها تابع حرارت هستند و تغییرات دما روی مقدار مقاومت آن هـا اثر می گذارد. این نوع مقاومت ها در دو نوع NTC و PTC وجود دارند.

ـ مقاومت حرارتی NTC[2]:ترمیسـتورهایی هسـتند کـه در اثر افزایش دما مقدار مقاومـت آنها کاهش می یابد. (شکل۳۸ـ۳)

شکل ۳۸ـ۳ـ انواع مقاومت های NTC و علامت اختصاری آن.

ـ مقاومـت حرارتی PTC[3]: ترمیسـتورهایی هستند کـه در اثر افزایـش دما مقدار مقاومتشـان افزایش می یابد. (شکل۳۹ـ۳)



ب- شکل ظاهری الف- علامت اختصاری

شکل ۳۹ـ۳ـ انواع مقاومت های PTC و همراه علامت اختصاری آن

1 - PTC-Positive Temperature Cofficient

2 - Photo Resistor

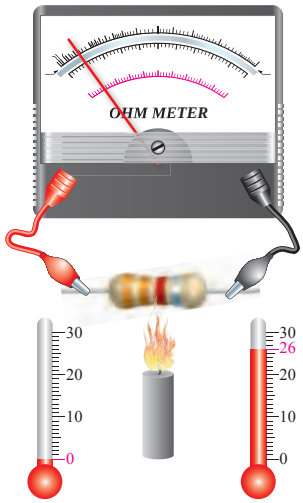
3 - LDR- light dependent Resistor

اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی:

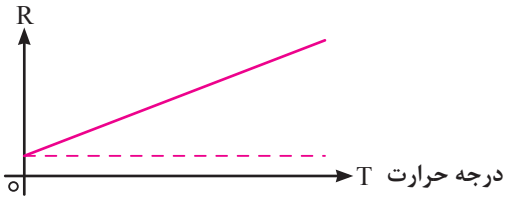
یکـی از عوامل فیزیکی که بـر روی مقدار مقاومت ها تأثیر بسزایی داشته و زمینه کاربردی زیادی را نیز دارد اثر حرارت بر مقدار مقاومت الکتریکی اسـت. هـر مقاومت الکتریکی در مقابـل افزایش حرارت از خود واکنش خاصی را نشـان می دهند.

اصطلاحـاً به تغییرات مقدار مقاومت به ازای یک درجه سـانتیگراد «ضریب حرارتی» می گویند که به (α) نمایش می دهند.

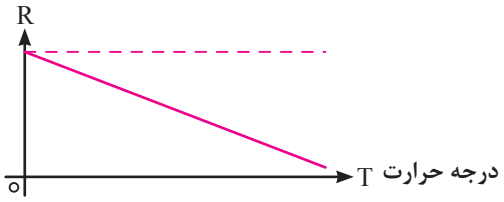
همان گونـه که اشـاره شـد مقاومت های تابـع حرارت (ترمیسـتورها) در دو نـوع PTC و NTC وجود دارند. در واقع مقاومت هـای PTC دارای ضریب حـرارتی مثبت ($+\alpha$) و مشخصه‌ای بصورت شکل (۴۱ ـ۳) و مقاومت های NTC دارای ضریـب حرارتی منفی ($-\alpha$) و مشـخصه‌ای بصورت شکل (۴۲ ـ۳) است.



شکل ۴۰-۳



شکل ۴۱-۳



شکل ۴۲-۳

بـرای محاسـبه مقدار مقاومـت در اثـر افزایش درجه حرارت از رابطه مقابل می توان استفاده کرد.

$$R_t = R_o(1+\alpha t)$$

R_o ـ مقدار مقاومت در دمای صفر درجه بر حسب اهم $[\Omega]$

α ـ ضریب حرارتی بر حسب $\left[\frac{1}{c^o}\right]$

t ـ مقدار دمای افزایش یافته نسبت به صفر درجه سانتی گراد.

R_t ـ مقاومت در دمای t درجه سانتیگراد بر حسب اهم $[\Omega]$

مثال: مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه سانتی گراد 50Ω است. اگر دمای سیم به ۱۵۰ درجه سانتیگراد برسد؛ مقاومت الکتریکی سیم چند اهم می شود؟ $\left(\alpha = 0/004\right)_{\frac{1}{c}}$

$$R_t = R_o(1+\alpha t)$$
$$R_t = 50(1+0/005\times 150)$$
$$R_t = 87/5\Omega \qquad \left(\alpha = 0/004\right)_{\frac{1}{c}}$$

تمرین

اگر مقاومت المنت یک سماور برقی در صفر درجه سانتیگراد 100Ω بوده و در ضمن کار کردن به 150Ω برسد چه مقدار درجه حرارت المنت افزایش یافته است؟ $(\alpha = 0/005)$

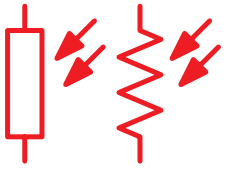
الف) ۱۰۰ **ب) ۱۲۰**

ج) ۸۰ **د) ۱۵۰**

۴ـ۵ـ۳ـ مقاومت وابسته به نور (فتورزیستور[1]):

مقدار مقاومت تابع نور (LDR)[2] وابسته به شدت نور تابیده شده به آن می باشد. هر قدر شدت نور بیشتر شود مقدار مقاومت فتورزیستور کاهش می یابد. (شکل ۴۰ـ۳)

الف) شکل ظاهری



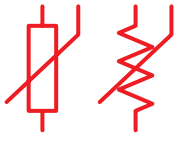
ب) علامت اختصاری

شکل ۴۰ـ۳ـ تصویر ظاهری و علامت اختصاری مقاومت LDR

۵ـ۴ـ۳ـ مقاومت وابسته به ولتاژ (واریستور)[3]:

مقاومت های متغیری هستند که مقدار مقاومت آن ها به ازای ولتاژهای مختلف ثابت نیست و تغییر می کند. در این نوع مقاومت ها که به (VDR)[4] معروف هستند، هر قدر ولتاژ داده شده بیشتر شود، مقدار مقاومت کاهش می یابد. (شکل ۴۱ـ۳)

الف) شکل ظاهری



ب) علامت اختصاری

شکل ۴۱ـ۳ـ تصویر مقاومت وابسته به ولتاژ و علامت اختصاری آن

1 - Photo Resistor

2 - LDR- Light Dependent Resistor

3 - Varistor

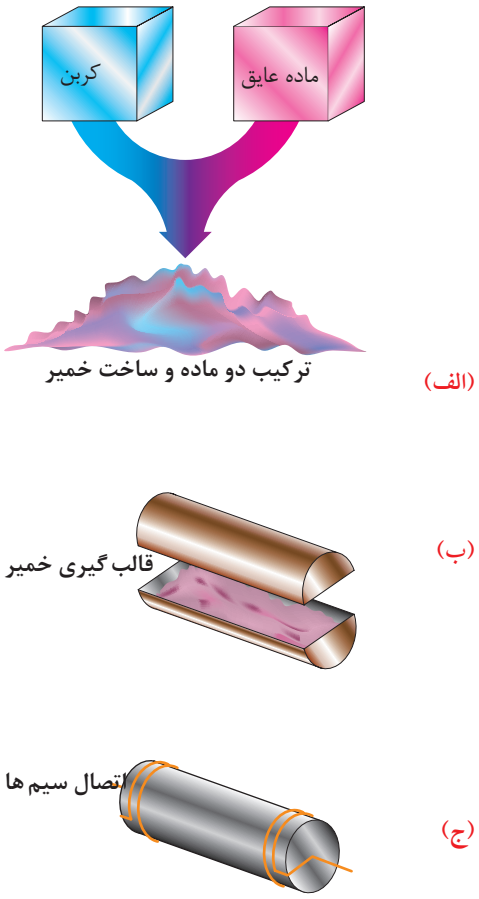
4 - VDR- Voltage Dependent Resistor

۶ـ۳ـ تکنیک ساخت مقاومت ها

مقاومت های الکتریکی را از نظر تکنولوژی ساخت به سه گروه می توان تقسیم کرد:

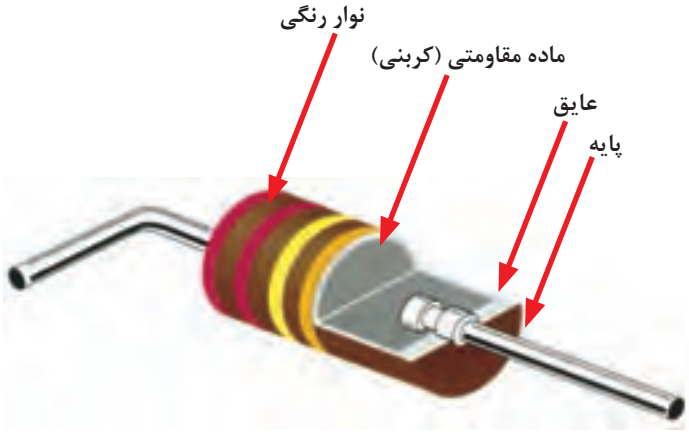
۱ـ۶ـ۳ـ مقاومت هـای توده کربنی (ترکیب کربن[1]):

مقاومت های توده کربنی از مخلوط کردن پودر نرم کربن یا گرافیت با پودر عایق ساخته می شوند. به مخلوط فوق یک نوع چسـب اضافه شده تا به صورت خمیر درمی آید و درون یک قابل اسـتوان های با ابعاد خاص فشرده می شود. سپس سیم های اتصال را در درون خمیر فرو می برند و مجموعه را درون کوره می پزند تا سـخت شود. در انتها برای محافظت در مقابل رطوبت و عایق کردن مقاومت، روی آن را یک لایه لاک محکم می کشند. (شکل ۴۲ـ۳)



شکل ۴۲ـ۳ـ مراحل ساخت مقاومت توده کربنی

شـکل ۴۳-۳ نمونه برش خورده ای از این مقاومت ها را نشان می دهد.

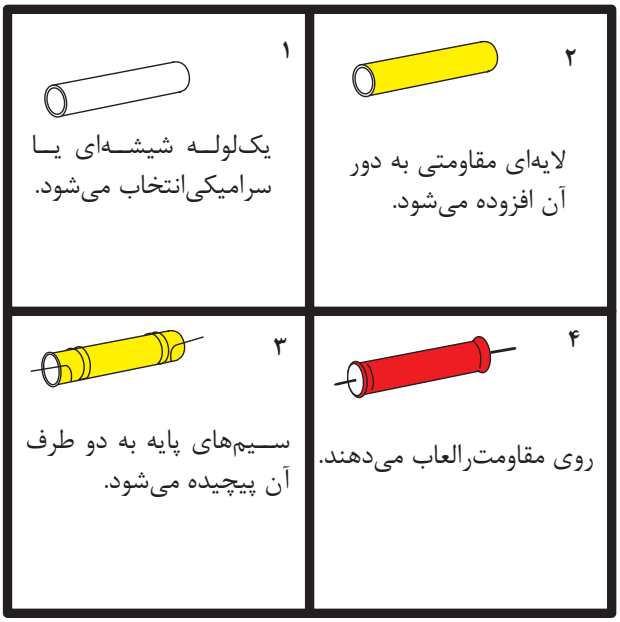


شکل ۴۳ـ۳ـ نمونه برش خورده مقاومت توده کربنی

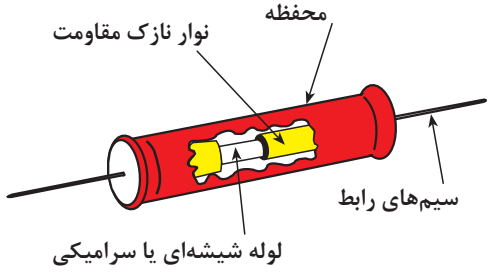
1 - Carbon Composition Resistor

۲ـ۶ـ۳ـ مقاومت های لایه‌ای[1]:

مقاومت لایه ای را معمولاً به وسیله رسوب دادن (لعاب دادن) نوار نازکی از ماده مقاومتی بر روی یک لوله سرامیکی یا شیشه ای می سازند. دو درپوش کوچک و دو سیم رابط را به انتهای پوشش (لعاب) مقاومتی وصل می کنند. سپس آن را با یک نوع ماده عایقی روکش می کنند. شکل ۴۴ـ۳ مراحل ساخت این نوع مقاومت ها را نشان می دهد.



الف ـ مراحل ساخت مقاومت لایه ای



ب ـ نمای برش خورده مقاومت لایه ای

شکل ۴۴ـ۳

لایه مقاومتی را که در روی میله سرامیکی لعاب داده می شود از ترکیبات متفاوتی می سازند. نام مقاومت لایه ای متناسب با نوع ماده استفاده شده انتخاب می شود.

مقاومت های لایه ای در سه نوع:

«مقاومت لایه کربنی[2]»، « مقاومت لایه فلز[3]» و «مقاومت لایه اکسیدفلز[4]» ساخته می شوند.(شکل ۴۵ـ۳)

الف) مقاومت لایه کربن ب) مقاومت لایه فلز

شکل ۴۵ـ۳ـ مقاومت های لایه ای

1 - Film Resistor

2 - Carbon. Film Resistor

3 - Metal Film Resistor

4 - Metal Film Resistor

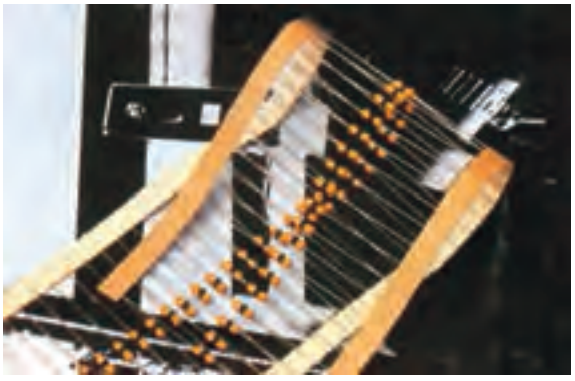
۳ـ۶ـ۳ـ مقاومت های سیمی[1]

در این نوع مقاومت یک سیم مقاومت دار را که معمولاً از جنس کرم ـ نیکل است با طول و سطح مقطع معین به دور یک هسته عایق (سرامیکی) می پیچند و سپس سر سیم ها به کلاهک های مخصوصی متصل می شوند. در خاتمه نیز سطح مقاومت را با یک روکش سرامیکی، پلاستیکی یا سیلیکونی می پوشانند. (شکل ۴۶ـ۳)

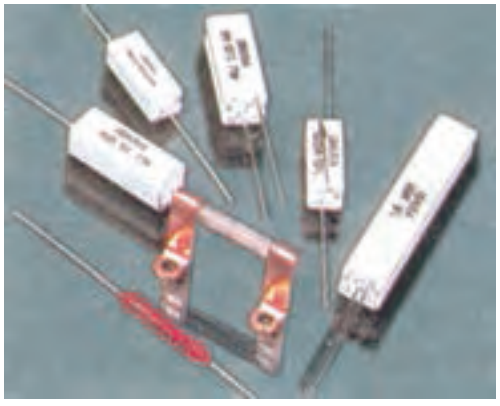
شکل ۴۶ـ۳ـ یک نوع مقاومت سیمی

۷ـ۳ـ نحوه خواندن مقدار مقاومت ها

مقدار مقاومت‌ها را روی بدنه آن ها می نویسند (مانند: مقاومت های سیمی) و یا به کمک نوارهای رنگی مشخص می کنند (مانند مقاومت های کربنی و لایه ای) شکل ۴۷ـ۳ نمونه هایی از این مقاومت ها را نشان می دهد.



(الف)



(ب)

شکل ۴۷ـ۳ـ نمونه هایی از مقاومت های سیمی و کربنی

از مشخصات مهم مقاومت ها می توان به سه عامل زیر اشاره کرد:

۱ـ مقدار مقاومت: میزان خاصیت اهمی مقاومت را مقدار مقاومت می نامند و آن را با اهم مشخص می کنند.

۲ـ میزان خطا (تلرانس): مقدار حداقل و حداکثر خطایی که ممکن است در حین ساخت بر روی مقدار مقاومت به وجود آید، «خطا یا تلرانس» مقاومت می نامند. مقدار خطا را به صورت مثبت و منفی درصد $(\pm\%)$ می نویسند.

۳ـ توان مجاز مقاومت: حداکثر قدرت تحمل مقاومت در مقابل عبور جریان الکتریکی را «توان مجاز» می نامند.

1 - Wire-Wound Resistor

۱ـ۷ـ۳ـ خواندن مقاومت ها با روش مستقیم

در این روش مقدار مقاومت همراه با میزان تلرانس روی بدنه آن نوشته می شود. (شکل ۴۸ـ۳) یا از حروف اختصاری برای مشخص کردن مقدار تلرانس مقاومت استفاده می کنند. در این شـرایط اگر مقدار مقاومت عدد صحیح باشد آن عدد عیناً نوشته می شود و در این حالت واحد مقاومت را با حروف R برای اهم، k برای کیلو اهم و M برای مگا اهم مشـخص می کنند. در صورتی که مقدار مقاومت عدد اعشـاری باشد از حروف مربوط به واحدها به عنوان ممیز استفاده می کنند. در این روش تلرانس طبق جدول ۲ـ۳ بیان می شود.

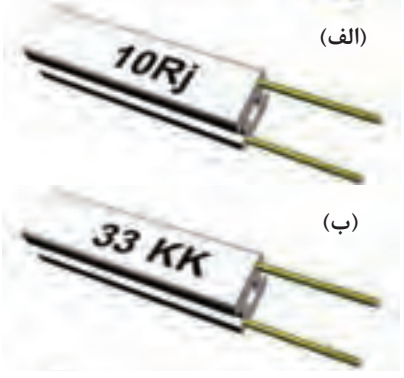
شکل ۴۸ـ۳

جدول ۲ـ۳ـ حروف اختصاری تلرانس مقاومت های سیمی

حروف اختصاری	J	K	M
مقدار تلرانس	(±%۵)	(±%۱۰)	(±%۲۰)

برای آشـنایی بیشـتر با ایـن روش به ذکـر چند مثال می پردازیم:

مثـال: مقدار اهم و تلرانس مقاومت های نشان داده شده در شکل ۴۹ـ۳ چقدر است؟



شکل ۴۹ـ۳ـ دو نمونه مقاومت سیمی

حل: با توجه به جدول حروف رمز داریم که:

(الف) $۱۰Rj = ۱۰\Omega \pm \%۵$

(ب) $۳۳KK = ۳۳K\Omega \pm \%۱۰$

مثال: روی بدنه مقاومت هایی با مقدار اهم و تلرانس زیر از چه حروفی استفاده می شود؟

(الف) $R = ۲/۲\,K\Omega \pm \%۱۰$

(ب) $R = ۴/۷\,K\Omega \pm \%۲۰$

شکل ۵۰ـ۳

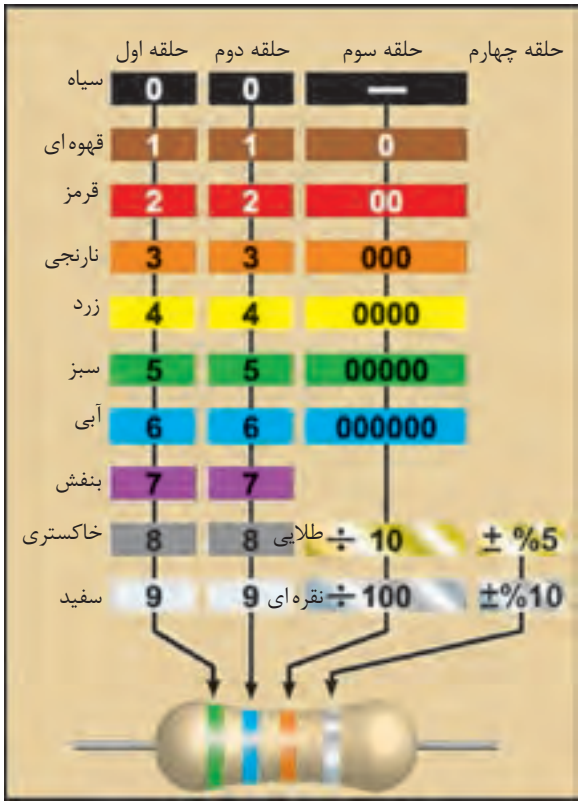
حل: براساس جدول حروف رمز به‌صورت شکل ۵۰ـ۳ است.

۲ـ۷ـ۳ـ خواندن مقاومت ها به کمک نوارهای رنگی:

در این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس مقاومت های اهمی از چهار و یا پنج حلقه (نوار) رنگی بر روی بدنه مقاومت ها استفاده می شود.

ـ روش چهار نواری: در مقاومت هایی که با چهار نوار رنگی مشخص می شوند مفهوم نوارهای رنگی مطابق شکل ۳ـ۵۱ است.

در این روش حلقه های رنگی اول و دوم معرف ارقام اول و دوم مقدار مقاومت، حلقه سوم نشان دهنده ضریب مقاومت و حلقه چهارم بیان کننده تلرانس مقاومت است.



شکل ۳ـ۵۱ـ مقاومت های دارای ۴ حلقه رنگی

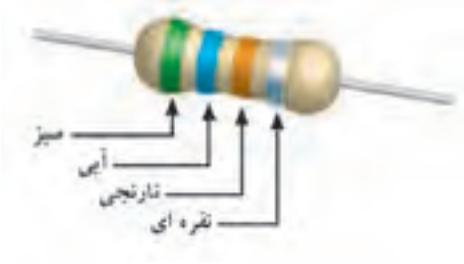
توضیح: اگر حلقه رنگی چهارم وجود نداشته باشد (بدون رنگ) مقدار تلرانس درصد خطا را ۲۰٪ در نظر می گیریم.

توجه

هیچ گاه نوا رنگی سیاه به عنوان حلقه اول به کار نمی رود. ضمناً نوار رنگی سیاه در حلقه چهارم از هیچ گونه ارزش رقمی برخوردار نیست.

برای آشنایی بیشتر با این روش به ذکر چند مثال می پردازیم:

مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل ۳ـ۵۲ است مقدار مقاومت و تلرانس آن چقدر است؟



شکل ۳-۵۲

حل:

نقره ای ـ نارنجی ـ آبی ـ سبز

٪۱۰ ۰۰۰ ۶ ۵

$$۵۶۰۰\Omega = ۵۶\times۱۰^{۳}\Omega \pm \%۱$$

مثال: مقدار مقاومت و تلرانس شـــکل ۳ـ۵۳ را مشخص کنید.

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت:

طلایی ـ سیاه ـ بنفش ـ زرد

۴ ۷ ـ ٪۵

$۴۷\Omega \pm ٪۵$

مثال: مقدار اهم و میزان تلرانس مقاومت شـــکل ۳ـ۵۴ چقدر است؟

طلایی ـ نقره ای ـ خاکستری ـ آبی

۶ ۸ ۰/۰۱ ٪۵

$۶۸ \times ۰/۰۱ = ۰/۶۸ \pm ٪۵$

مثال: نوارهای رنگی مقاومت $۳/۳K\Omega \pm ٪۱۰$ را تعیین کنید.

حـل: با کمک جدول برای حلقه های اول تا چهارم رنگ آن ها را مشخص می کنیم.

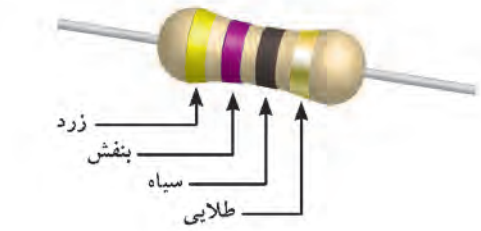
ـ روش پنج نواری: در این روش ســه نوار اول، دوم و سوم نشان دهنده ارقام اول، دوم و سوم مقدار مقاومت، نــوار چهارم معرف ضریب و حلقه پنجم تعیین کننده میزان تلرانس مقاومت است.

شکل ۳ـ۵۶ مفهوم نوارهای رنگی در مقاومت هایی را که دارای پنج نوار رنگی هستند، نشان می دهد.

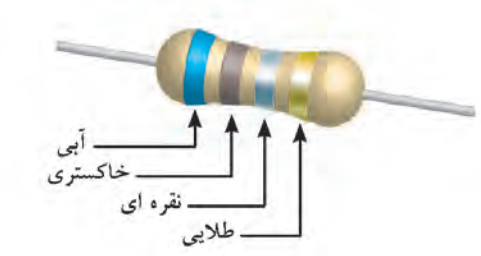
توضیح: در صورتی که حلقه رنگی پنجم وجود نداشــته باشد (بی رنگ باشد) مقدار تلرانس ٪۲۰ است.

توجه

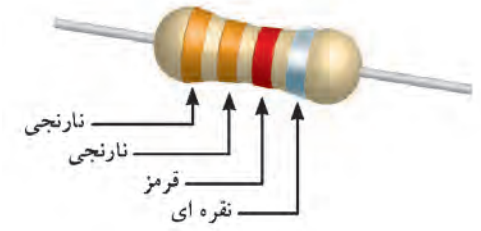
هیچ گاه نوار رنگی سیاه به عنوان حلقه اول به کار نمی رود. ضمناً نوار رنگی سیاه در حلقه چهارم از هیچ گونه ارزش رقمی برخوردار نیست.



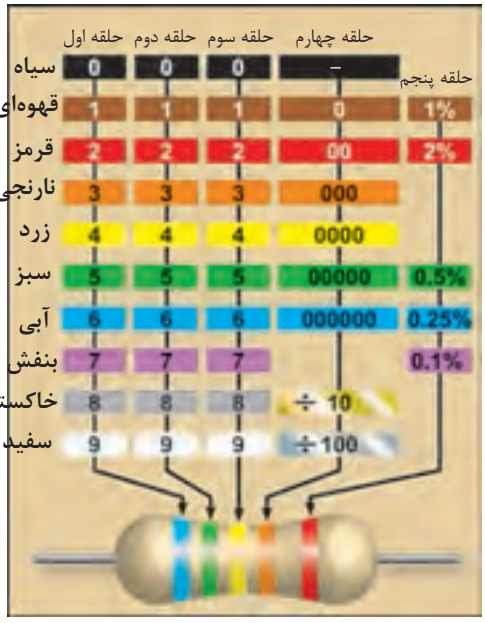
شکل ۳ـ۵۳



شکل ۳ـ۵۴



شکل ۳ـ۵۵



شکل ۳ـ۵۶ـ مقاومت های دارای ۵ حلقه رنگی

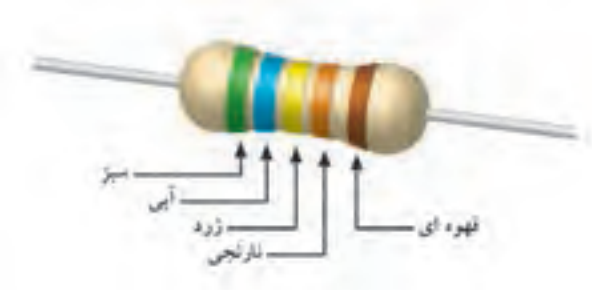
مثال: نوارهای رنگی مقاومتی مطابق شکل ۳ـ۵۷ است، مقدار مقاومت تلرانس آن چقدر است؟

حل: با توجه به جدول نوارهای رنگی می توان نوشت:

قهوه ای ـ نارنجی ـ زرد ـ آبی ـ سبز

۵ ۶ ۴ ۰۰۰ ٪۱

$۵۶۴۰۰۰ = ۵۶۴ \times ۱۰^{۳}\,\Omega \pm \%۱$



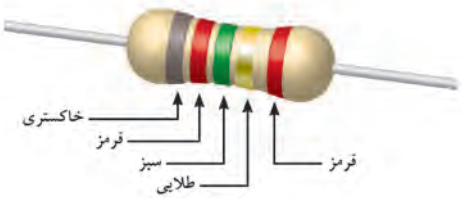
شکل ۳-۵۷

مثال: مقدار مقاومت و تلرانس شکل ۳ـ۵۸ را مشخص کنید.

حل: قرمز ـ طلایی ـ سبز ـ قرمز ـ خاکستری

۸ ۲ ۵ ۰/۱ ٪۲

$۸۲۵ \times ۰/۱ = ۸۲/۵\,\Omega \pm \%۲$



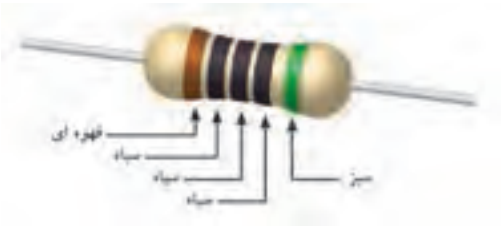
شکل ۳-۵۸

مثال: مقدار اهم و میزان تلرانس مقاومت شکل ۳ـ۵۹ چقدر است؟

حل: سبز ـ سیاه ـ سیاه ـ سیاه ـ قهوه ای

۱ ۰ ۰ ـ ٪۰/۵

$۱۰۰\,\Omega \pm \%۰/۵$



شکل ۳ـ۵۹

مثال: نوارهای رنگی مقاومت $۲۲/۲\ \Omega \pm \%۱$ را تعیین کنید.

حل: با کمک جدول برای حلقه های اول تا پنجم رنگ آنها را مشخص می کنیم.

۸ـ۳ـ استاندارد مقاومت ها

از آن جایی که مقاومت های الکتریکی دارای مقداری ثابت و درصد معینی تلرانس است، بنابراین هر مقاومت اهمی محدوده مشخصی را می پوشاند.

مثال: محدوده اهمی مقاومت شکل ۶۲ ـ۳ را محاسبه کنید.

شکل ۳-۶۲-یک نمونه مقاومت کربنی

$$\text{مقدار تلرانس مقاومت} = (\pm \%۱۰) \times ۱۰۰ = \left(\pm \frac{۱۰}{۱۰۰}\right) \times ۱۰۰ = \pm ۱۰\,\Omega$$

$R_۱ = ۱۰۰ - ۱۰ = ۹۰$ حد اهمی کم

$R_۲ = ۱۰۰ + ۱۰ = ۱۱۰$ حد اهمی زیاد

شکل ۳ـ۶۱ـ مقاومت توده کربنی

بنابراین مقاومت بین ۹۰ و ۱۱۰ اهم قرار دارد.

بر همین اساس در ساخت مقاومت ها سعی شده است که مقادیر مقاومتی طوری انتخاب شوند که محدوده مقاومت ها روی یکدیگر هم پوشی نداشته باشند. بنابراین برای تولید مقاومت های اهمی اعداد پایه ای را تحت عناوین سری مقاومت های استاندارد تعریف می کنند.

این سری ها را E6، E12، E24، E48 و E192 می نامند.

در جدول ۳ـ۳ سه سری از استانداردهای مقاومت ها نشان داده شده است.

جدول ۳ـ۳ـ جدول سری های استانداردی مقاومت

IEC-Series																									
E6	$\sqrt[6]{10}$	1.0				1,5				2.2				3.3				4.7				6.8			
E12	$\sqrt[12]{10}$	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.6		6.8		8.2	
E24	$\sqrt[24]{10}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

با داشتن اعداد پایه داخل جدول و ضرب آن ها در اعداد ۰/۰۱، ۰/۱، ۱، ۱۰، $۱۰^{۲}$، $۱۰^{۳}$، $۱۰^{۴}$، $۱۰^{۵}$، $۱۰^{۶}$ می توان مقدار اهم مقاومت های موجود و استاندارد را به دست آورد.

به عنوان مثال با انتخاب عدد ۱/۶ از سری E24 و ضرب آن در ضرایب نام برده شده فوق می توان مقاومت های اهمی استاندارد موجود را با روش مقابل به دست آورد.

$۱/۶ \times ۰/۰۱ = ۰/۰۱۶\Omega$

$۱/۶ \times ۰/۱ = ۰/۱۶\Omega$

$۱/۶ \times ۱ = ۱/۶\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰ = ۱۶\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۲} = ۱۶۰\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۳} = ۱۶۰۰\Omega = ۱/۶\,k\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۴} = ۱۶۰۰۰\Omega = ۱۶\,k\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۵} = ۱۶۰۰۰۰\Omega = ۱۶۰\,k\Omega$

$۱/۶ \times ۱۰^{۶} = ۱۶۰۰۰۰۰\Omega = ۱/۶\,M\Omega$

میزان تلرانس برای مقاومت های تولیدی در سری های استاندارد E12,E6 و E24 مطابق جدول ۴ـ۳ است. با کمی دقت در جدول سری های استاندارد مقاومتی مشاهده می کنیم برخی از اعداد پایه سری E12 مانند:

۱/۲، ۱/۸، ۲/۷، ۳/۹، ۵/۶، ۸/۲ در سری E6 وجود ندارند.

هم چنین اعداد پایه:

۱/۱، ۱/۳، ۱/۶، ۲، ۲/۴، ۳، ۳/۶، ۴/۳، ۵/۱، ۶/۲، ۷/۵ و ۹/۱ از سری E۲۴ در سری E۱۲ وجود ندارند.

جدول ۴ـ۳ـ سری استاندارد درصد خطا

سری استاندارد	درصد خطا
E۶	±%۲۰
E۱۲	±%۱۰
E۲۴	±%۵

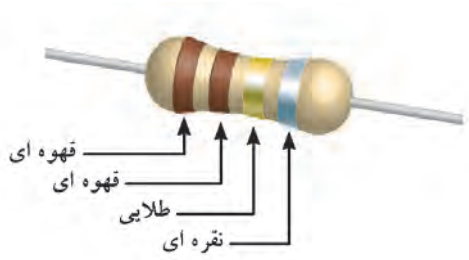
با در نظر گرفتن جدول ۳ـ۳ متوجه می شویم که اگر ما مقاومتـــی با عدد پایه ۱/۱ و تلرانس ۱۰٪ و یا ۲۰٪ بخواهیم در عمل وجود ندارد. (شکل ۶۳ـ۳)

ایـــن مقاومت هـــا استـــاندارد نبوده و در بـــازار یافـــت نمی شوند.

$$\text{(عدد پایه)}1/1\times10\text{(ضریب)}=11\Omega\pm\%10$$

یا

$$11\Omega\pm\%20=$$



شکل ۶۳ـ۳

۹ـ۳ـ توان مجاز مقاومت ها

همان گونه که اشاره شد یکی دیگر از عوامل مهم انتخاب مقاومت هـــای اهمی «توان مجاز» اســـت. این توان اغلب به صورت حرارت در اطراف مقاومت اهمی هدر می رود. شکل ۶۴ـ۳ در اصطلاح بـــه ماکزیمم قدرت تحمل مقاومت ها در برابر عبور جریان الکتریکی «توان مجاز» می گویند.

ماکزیمـــم مقدار تـــوان مجاز به عوامـــل گوناگونی مانند ولتاژ، جریان و دمای محیط بســـتگی دارد. در فصل ششم با چگونگی محاســـبه این توان و هم چنین مقادیر استانداردی آن در مقاومت های اهمی آشنا خواهید شد.

شکل ۶۴ـ۳ـ مقاومت اهمی (R)

آزمون پایانی (۳)

۱ـ کدام گزینه تعریف جریان الکتریکی است؟

الف ـ تعداد الکترون های والانس در لایه خارجی یک هادی

ب ـ مقدار انرژی که به مدار والانس وارد می شود.

ج ـ کاری که روی اتم ها انجام می شود.

د ـ الکترون های آزاد که در یک مسیر حرکت می کنند.

۲ـ چند کولن بار می تواند در مدت ۲ میلی ثانیه جریانی برابر با ۵ آمپر را به وجود آورد؟

الف ـ ۰/۰۱ ب ـ ۲/۵ ج ـ ۱۰ د ـ ۰/۰۰۰۴

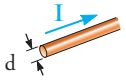
۳ـ سرعت جریان الکتریکی برابر با کدام گزینه است؟

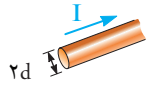
الف ـ سرعت صوت ب ـ سرعت نور ج ـ $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}\ km/s$ د ـ $۱\ c/m$

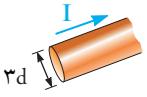
۴ـ کدام یک از موارد زیر واحد چگالی جریان است؟

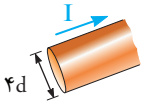
الف ـ $\frac{mm^۲}{A}$ ب ـ j ج ـ $\frac{A}{c}$ د ـ $\frac{A}{mm^۲}$

۵ـ تراکم جریان در کدام سیم بیشتر است؟

الف ـ 

ب ـ 

ج ـ 

د ـ 

۶ـ توانایی انجام کار روی ذره ی باردار را ..... گویند.

الف ـ جریان ب ـ پتانسیل

ج ـ چگالی د ـ ضریب هدایت مخصوص

۷ـ کدام گزینه رابطه صحیح ولتاژ را نشان می دهد؟

الف ـ $v=\frac{q}{w}$ ب ـ $v=\frac{t}{q}$ ج ـ $v=\frac{q}{t}$ د ـ $v=\frac{w}{q}$

۸ـ ولتاژ باتری های کتابی کوچک برابر با چند ولت است؟

الف ـ ۱/۵ ب ـ ۶ ج ـ ۹ د ـ ۱۲

۹ـ جسمی که ضریب مقاومت مخصوص آن زیاد باشد مقدار هدایت الکتریکی آن ..... است؟

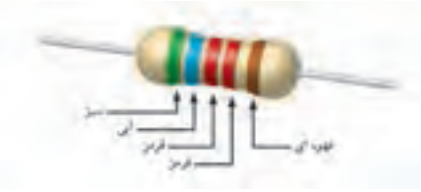
الف ـ کم　　ب ـ زیاد

ج ـ با توجه به مدار والانس کم　　د ـ با توجه به مدار والانس زیاد

۱۰ـ مقدار هدایت مخصوص سیم های آلومینیومی چند مو (mho) است؟

الف ـ ٪۲۸۶　　ب ـ ۵۶　　ج ـ ٪۱۷۸۵　　د ـ ۳۷

۱۱ـ کدام گزینه مقدار اهم و تلرانس مقاومت شکل ۳ـ۶۵ را نشان می دهد؟



۳-۶۵

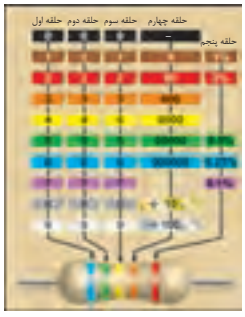
الف ـ $۵۶/۲\ \Omega \pm \%۲$　　ب ـ $۶/۸۴\ \Omega \pm \%۱۰$

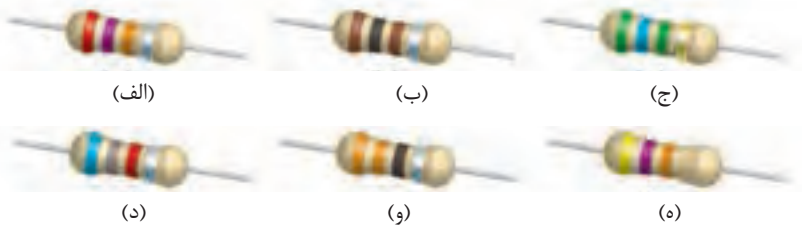
ج ـ $۵۶/۲\ k\Omega \pm \%۱$　　د ـ $۶/۸۴\ k\Omega \pm \%۱$

۱۲ـ اگر روی بدنه مقاومتی «۳M۹j» نوشته شده باشد مقدار مقاومت و تلرانس آن چقدر است؟

الف ـ $۳۹ \pm \%۵$　　ب ـ $۳/۹\ M\Omega \pm \%۵$　　ج ـ $۳/۹\ M\Omega \pm \%۱$　　د ـ $۳۹M\Omega \pm \%۵$

۱۳ـ مقدار اهم و تلرانس مقاومت های شکل ۳ـ۶۶ را بنویسید.





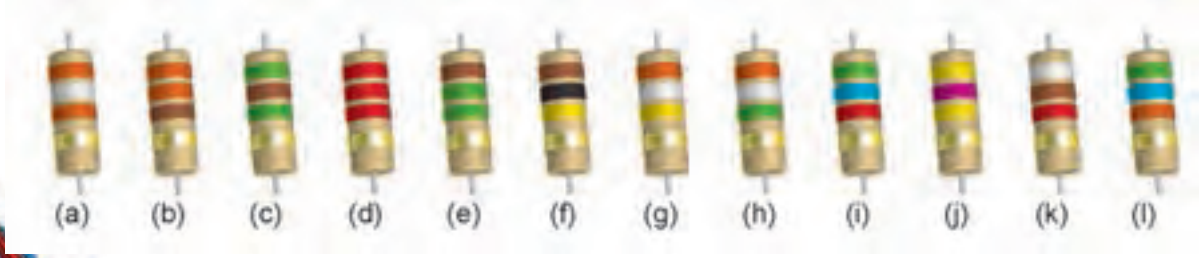
(الف)　(ب)　(ج)

(د)　(و)　(ه)

۳-۶۶

۱۴ـ از بین مقاومت های نشان داده شده در شکل ۳ـ۶۷ مقاومت های زیر را مشخص کنید.

الف ـ ۳۳۰Ω　　ب ـ $۲/۲\ k\Omega$　　ج ـ $۵۶\ k\Omega$　　د ـ $۱۰۰\ k\Omega$　　هـ ـ $۳۹\ k\Omega$



شکل ۳-۶۷

۱۵ـ حرکت الکترون های آزاد برای برقراری جریان در درون سیم به چه صورت است؟

الف ـ متوالی　　ب ـ ضربه ای　　ج ـ دورانی　　د ـ بیضی

۱۶ـ کدام یک از روابط زیر رابطه صحیح مقاومت است؟

الف ـ $R = \frac{l}{P.A}$ ب ـ $R = \frac{\chi.l}{A}$ ج ـ $R = A\frac{l}{P}$ د ـ $R = P\frac{l}{A}$

۱۷ـ کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

الف ـ مقاومت با سطح مقطع رابطه مستقیم دارد.

ب ـ مقاومت با طول رابطه معکوس دارد.

ج ـ هدایت مخصوص با سطح مقطع رابطه معکوس دارد.

د ـ مقاومت با طول رابطه مستقیم دارد.

۱۸ـ اگر در یک مدار فقط از دو پایه مقاومت متغیری (یک پایه ثابت و دیگری متغیر) استفاده شود، در این صورت مقاومت در حالت ..... وصل شده است.

۱۹ـ ترمیستوری را که با افزایش دما نسبت مستقیم دارد، ..... گویند.

۲۰ـ در صورتی که مقدار اهم مقاومتی با افزایش ولتاژ کاهش یابد آن مقاومت را ..... نامند.

۲۱ـ در ساخت مقاومت های سیمی معمولاً از یک سیم مقاومت دار از جنس ..... استفاده می شود.

۲۲ـ نوارهای رنگی یک مقاومت $۵/۶\Omega \pm ٪۵$ به ترتیب از راست به چپ ..... است.

۲۳ـ مقاومت های لایه ای معمولاً از ترکیبات اکسیدفلزی ..... و ..... ساخته می شود.

۲۴ـ از چگالی جریان در تعیین حداقل جریان قابل تحمل سیم ها استفاده می شود. صحیح ❐ غلط ❐

۲۵ـ نیرویی که باعث انجام کار روی ذره باردار می شود EMF نام دارد. صحیح ❐ غلط ❐

۲۶ـ ضریب هدایت مخصوص نشان می دهد که میزان مخالفت جسم در برابر عبور جریان چه اندازه است.
صحیح ❐ غلط ❐

۲۷ـ مقاومت مخصوص سیم های آلومینیومی بیشتر از سیم های مسی است. صحیح ❐ غلط ❐

۲۸ـ مقاومت هایی که در اثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می یابد NTC نام دارد. صحیح ❐ غلط ❐

۲۹ـ واحد بار الکتریکی کولن بر ثانیه است. صحیح ❐ غلط ❐

۳۰ـ تلرانس مقاومت های سری E12 برابر $\pm ٪۱۰$ است. صحیح ❐ غلط ❐