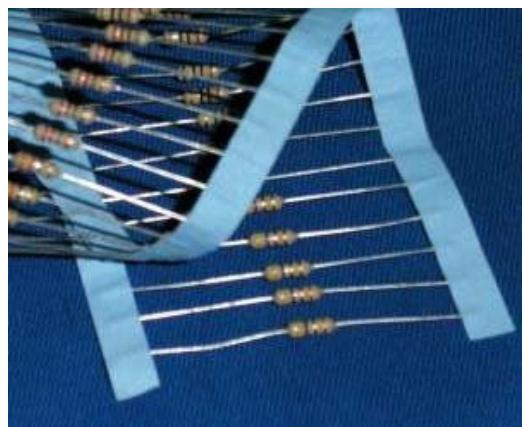


مُقاومَة الكثُرِيكي و أنواع آن



رایان جعفرزاده راستین

Rayan.Rastin@yahoo.com

دانشگاه علوم و تحقیقات تهران - دانشکده مهندسی پزشکی

Science Research Branches – Biomedical Department

۱-تعريف مقاومت الکتریکی:

مقاومت الکتریکی یا امپدانس بیانگر مقاومت یک جسم فیزیکی در برایر عبور جریان الکتریکی از آن است. واحد بین المللی (SI) مقاومت الکتریکی، اهم است. مقدار معکوس این کمیت رسانایی الکتریکی یا امپدانس نام دارد که با زیمنس (به انگلیسی: Siemens) اندازه‌گیری می‌شود. یک عنصر دارای مقاومت ۱ اهم است اگر یک ولتاژ ۱ ولتی دو سر عنصر منجر به یک جریان ۱ آمپر شود که معادل جریان یک کولمب بار الکتریکی (قریباً 6.24×10^{-18} الکترون) در ثانیه در جهت مخالف است.

مقاومت الکتریکی یک شی، جریان الکتریکی را تحت اختلاف پتانسیل مشخص بین دو سر شی، به دست می‌دهد:

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

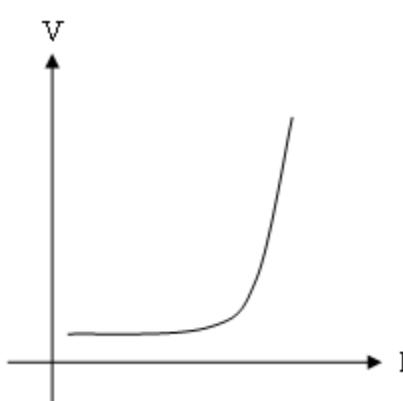
در این معادله

- R : مقاومت شی در واحد اهم.
- V : اختلاف پتانسیل دو سر شی در واحد ولت.
- I : جریان الکتریکی عبوری از شی در واحد آمپر.

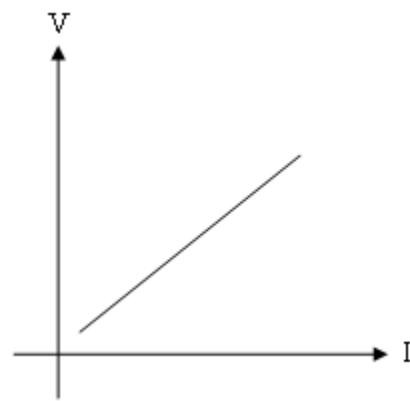
به بیانی نمودار تغییرات ولتاژ به جریان این مقاومت خطی باشد. آنگاه به این گونه مقاومت های اهمی می‌گویند.

شكل الف: منحنی تغییرات (V-I) قطعات اهمی است.

شكل ب: معنی تغییرات (I-V) یک دیود نیمه رسانا است که نمونه یک قطعه غیر اهمی می‌باشد.



شكل ب



شكل الف

مقاومت به اختلاف پتانسیل و جریان عبوری وابسته نیست بلکه جنس و شکل ماده بستگی دارد.

مقاومت یک عنصر را می‌توان از مشخصه‌های فیزیکی آن محاسبه کرد. مقاومت با طول عنصر و مقاومت ویژه) یک خاصیت فیزیکی ماده) آن بطور مستقیم متناسب است و با سطح مقطع آن رابطه عکس دارد. معادله محاسبه مقاومت یک بخش ماده مانند زیر است:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

که در آن R مقاومت ویژه ماده ، L طول و A مساحت سطح مقطع است. این معادله را می‌توان برای موادی که از نظر شکل پیچیده‌ترند، بصورت انگرالی نیز نوشت. اما این فرمول ساده برای سیمهای استوانه‌ای و اغلب هادیهای عمومی قابل استفاده است. این مقدار می‌تواند در فرکانسهای بالا به علت اثر پوستی ، که سطح مقطع در دسترس را کاهش می‌دهد، تغییر کند. مقاومتهای استاندارد را در مقادیری از چند میلی اهم تا حدود یک گیگا اهم به فروش می‌رسانند. تنها محدوده مشخصی از مقادیر که مقادیر ترجیح داده شده نام دارند در دسترس هستند.

در عمل ، اجزای گسته فروخته شده به عنوان مقاومت ، یک مقاومت کامل آنگونه که در بالا تعریف شد، نیستند. مقاومتها معمولاً توسط خطایشان (حداکثر تغییرات مورد انتظار نسبت به مقاومت مشخص شده) بیان می‌شوند . در یک مقاومت با رنگ که گذاری شده باند منتهی الیه سمت راست. اگر به رنگ نفره‌ای باشد خطای ۱۰ درصد ، اگر به رنگ طلایی باشد خطای ۵ درصد ، اگر به رنگ قرمز باشد خطای ۲ درصد و اگر به رنگ قهوه‌ای باشد خطای ۱ درصد را نشان می‌دهد. مقاومتهای با خطای کمتر هم وجود دارند که مقاومتهای دقیق خوانده می‌شوند.

یک مقاومت دارای حداکثر ولتاژ و جریانی است که فراتر از آنها ، مقاومت ممکن است تغییر کند (در بعضی موارد به شدت) یا از نظر فیزیکی از بین برود (برای مثال بسوزد). (اگر چه که برخی از مقاومتها دارای ولتاژ و جریان نامی‌اند، اغلب آنها توسط یک توان فیزیکی حداکثر که توسط اندازه فیزیکی تعیین می‌شود، ارزیابی می‌شوند. عموماً توان نامی برای مقاومتهای کامپوزیت کربن و مقاومتهای ورقه فلزی ۱.۸ وات ، ۱.۴ وات و ۱.۲ وات است. مقاومتهای ورق فلزی نسبت به مقاومتهای کربنی در برابر تغییرات دما و گذر زمان پایدارترند.

مقاومتهای بزرگتر قادرند که گرمای بیشتری را بدليل سطح وسیعترشان از بین ببرند. مقاومتهای سیم پیچی شده و پر شده با شن هنگامی بکار می‌روند که توان نامی بالاتری مانند ۲۰ وات مورد نیاز باشد. بعلاوه تمامی مقاومتهای حقیقی کمی خواص سلفی و خازنی از خود نشان می‌دهند که رفتار دینامیکی مقاومت ، ناشی از معادله ایده آل آن را تغییر می‌دهد.

۲-موارد استفاده از مقاومت اهمی در مدارهای الکتریکی و الکترونیکی:

الف: محدود کردن جریان (کنترل جریان) و تقسیم ولتاژ در نقاط مختلف مدار.

ب: ایجاد حرارت

ج: تطبیق و همسنگ نمودن مقاومت ورودی و خروجی در مدارهای الکترونیکی

د: تطابق ولتاژ بین دو طبقه در تقویت کننده ها

ه: تعیین پهنهای باند و فرکانس قطع در تقویت کننده ها، فیلترها و موارد مشابه

۳-رسانای الکتریکی (هادی):

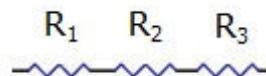
به هر ماده ای که بتواند جریان الکتریکی را از خود عبور دهد رسانای الکتریکی یا هادی الکتریک (هدايت کننده جریان الکتریکی) گویند مانند فلزات و به هر ماده که نتواند جریان الکتریکی را از خود عبور دهد نارسانا یا غیر هادی گویند مانند پلاستیک، چرم، کاغذ وغیره

۴-ب- هم بستن مقاومت ها:

مقاومت در مدارهای الکتریکی به دو نوع بسته می شوند : سری یا موازی

۴-۱- اندازه گیری مقاومت الکتریکی در مدار سری :

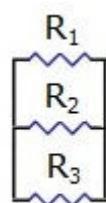
در مدار سری همانگونه که از نامش پیدا است مقاومت ها به دنبال هم بسته شده اند پس باید تمامی مقدار آنها را با هم جمع کرد.



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

۴-۲- اندازه گیری مقاومت الکتریکی در مدار موازی :

در مدار موازی باید حاصل ضرب تمام مقاومت ها را تقسیم بر مجموع مقاومت ها کرد .



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

۵-تلف مقاومتی:

وقتی که جریان الکتریکی (I) از شی با مقاومت (R) عبور می‌کند، انرژی الکتریکی (توان) به گرمای تبدیل می‌شود.

$$P = I^2 \cdot R$$

در این معادله

- P: توان تلف شده در شی در واحد وات.
- I: جریان الکتریکی عبوری از شی در واحد آمپر.
- R: مقاومت شی به اهم.

این تبدیل انرژی در کاربردهایی مثل روشنایی و گرمادهی الکتریکی مفید است ولی در کاربردهای دیگری مثل انتقال انرژی، اتلاف محسوب می‌شود. به طور ایدهآل رساناهایی که برای اتصال افزارهای الکتریکی استفاده می‌شوند باید مقاومت الکتریکی صفر داشته باشند ولی در واقعیت فقط ابررساناهای این ایدهآل می‌رسند. راههای مرسم برای مقابله با اتلاف مقاومتی در رساناهای استفاده از سیم‌های ضخیم‌تر و ولتاژ‌های بالاست.

۶-ابر رسانایی:

ابررسانایی به ترکیب جالب خواص الکتریکی و مغناطیسی فلزات مشخص که در درجه حرارت‌های خیلی پایین در آنها به وجود می‌آید، اطلاق می‌شود. یک چنین دمایی اولین بار در سال ۱۹۸۰ و هنگامی که کمرلینگ اوونز در دانشگاه لیدن موفق به تولید هلیوم مایع گردید، حاصل شد که با استفاده از آن توانست به درجه حرارت تا حدود یک درجه کلوین برسد.
 $(+273)$ درجه حرارت سلسیوس = درجه حرارت کلوین).

یکی از اولین بررسی‌هایی که اوونز با این درجه حرارت پایین قابل دسترسی انجام داد، مطالعه تغییرات مقاومت الکتریکی فلزات بر حسب درجه حرارت بود. چندین سال قبل از آن، معلوم شده بود که مقاومت فلزات وقتی دمای آنها به پایین‌تر از دمای اتاق برسد، کاهش پیدا می‌کند. اما معلوم نبود که اگر درجه حرارت تا حدود درجه کلوین تنزل یابد، مقاومت تا چه حد کاهش پیدا می‌کند. آقای اوونز که با پلاتینیم کار می‌کرد، متوجه شد که مقاومت نمونه، وقتی که سرد می‌شد تا مقدار کمی کاهش پیدا می‌کرد که این کاهش به خلوص نمونه بستگی داشت.

در آن زمان خالص ترین فلز قابل دسترس، جیوه بود و در تلاش برای به دست آوردن رفتار یک فلز خیلی خالص، اوونز مقاومت جیوه خالص را اندازه‌گیری کرد. او متوجه شد که در درجه حرارت خیلی پایین، مقاومت جیوه تا حد غیر قابل اندازه‌گیری کاهش پیدا می‌کند که البته این موضوع چنان شگفت انگیز نبود. اما نحوه از بین رفتن مقاومت غیرمنتظره می‌نمود. موقعی که درجه حرارت به سمت صفر تنزل داده می‌شود، به جای این که مقاومت به آرامی کاهش یابد، در درجه حرارت \varnothing درجه کلوین ناگهان افت می‌کرد و پایین‌تر از این درجه حرارت، جیوه هیچگونه مقاومتی از خود نشان نمی‌داد. همچنین این گذار ناگهانی به حالت بی‌مقاومتی، فقط مربوط به خلوص فلز نمی‌شد و حتی اگر جیوه ناخالص هم بود چنین اتفاقی می‌افتد.

آقای اوونز قبول کرد که پایین تر از \varnothing درجه کلوین، جیوه به حالت دیگری از خواص الکتریکی که کاملاً با حالت شناخته شده قابلی متفاوت است، ارتباط دارد و این حالت تازه «حالت ابررسانایی» نام گرفت.

دمايی که در آن هر گونه مقاومتی در برابر جريان الکتریکی ناپذید می‌گردد، دمای بحرانی نامیده می‌شود. اين بدين معناست که همه مواد تحت هر دمايی به ابررسانا تبديل نمي‌گردد، بلکه هر ماده‌اي که چنین می‌شود دمای بحرانی خاص خود را دارد.

اين حقيقه غالب توجهی است که تمام رساناهای خوب بجز الومینیوم هرگز ابررسانا نمي‌شوند. مقاومت آنها خيلي کم می‌شود اما هیچ گاه صفر نمي‌شود. الومینیوم در دمای ۲/۱ کلوین شروع به ابررسانا شدن می‌کند در حالی که طلا و مس در دماهایي به اندازه ۰/۵ درجه کلوین هنوز مقداری مقاومت از خود نشان می‌دهند. چند فلز در دماهایي بالاتر از دمای ابررسانايی جيء، ابررسانا می‌شوند.

مثلث سرب در ۲۲/۷ درجه کلوین ابررسانا می‌شود. در حلقه‌اي از سرب، که در هلیم مایع نگهداري می‌شد، جريان الکتریکی برقرار کردند و اين جريان به مدت دو و نيم سال، بدون اندکي کاهش، برقرار ماند. فلزي که بيشترین دمای ابررسانايی را دارد، تکنسیم است. فلزي راديواکتیو که در طبیعت وجود ندارد اما می‌توان آن را در آزمایشگاه ساخت. اين فلز در ۱/۱ درجه کلوین ابررسانا می‌شود. علاوه بر ناپذید شدن ناگهاني مقاومت، ابررسانا در يك دمای خاص، خاصیت منحصر به فرد دیگري نيز دارد که دفع هر گونه میدان مغناطیسي از قسمت داخلی خودش است. اين خاصیت باعث می‌شود که هر مغناطیس کوچکی که به آن نزدیک می‌شود، دفع گردد.

خاصیت ابررسانايی از سه طریق از بین می‌رود. اگر دما به بالاتر از دمای بحرانی برود خاصیت ابررسانايی از بین خواهد رفت. همچنین حتی در دماهای پایین تر از دمای بحرانی نيز اگر يك جريان الکتریکی يا میدان مغناطیسي، بيش از يك اندازه مشخص اعمال شود، خاصیت ابررسانايی ناگهان از بین می‌رود. اين حدود مشخص را به ترتیب جريان بحرانی و میدان بحرانی گويند.

ابررسانايی می‌تواند کاربردهایی مهم داشته باشد. الکتریسیته از مولدها، (محل تولید الکتریسیته) به خانه‌ها، ادارات، و کارخانه‌ها که محل مصرف آن است، هدایت می‌شود. در اين عمل تا ۱۵ درصد از کل الکتریسیته، به شکل گرم‌تلف می‌شود و ضرر آن به ميلياردها دلار ميرسد. فرض کنيد که انتقال الکتریسیته از سيمهای ابررسانا ممکن شود. در اين صورت هیچ مقداری از آن تلف نمي‌شود و می‌توان ميلياردها دلار صرف‌جوبي کرد. اما اگر برای ابررسانا شدن فلزات، دمایي كمتر از ۱/۲ درجه کلوین لازم باشد، باید همه جا اطراف سيمها با هلیم مایع احاطه شود. اما هلیم خيلي کمیاب بوده و مایع نگاه داشتن آن هم بسیار دشوار است.

در آلمان، دانشمندان به آزمایش موادی جدید پرداختند، اما ناگهان همه به آزمایش انواع گوناگون مخلوطهای سرامیکی روی آوردن و به زودی ارقام بهتری به دست آمد. پیش از پایان سال، اعلام شد که سرامیکی به دست آمده که در ۴۰ درجه کلوین ابررسان است.

در دهه ۱۹۸۰ در آزمایشگاه IBM در زوريخ فيزيکدان سويسی، الكس مولر به همراه دستیار جوانش جورج بدنورز در حال ساخت نوعی سرامیک بودند که اشتباه اين جوان در گرم نکردن يك اجاق باعث کشفی شد که هم پایی کشف آتش از بزرگترین دستاوردهای بشر در تهیه انرژی است.

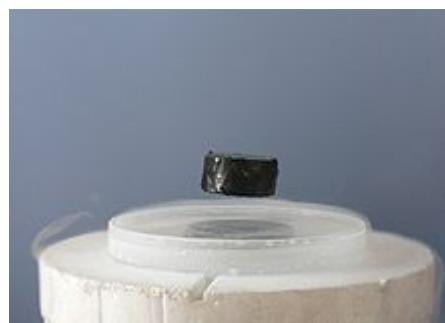
اين سرامیک در دمای بسیار بالاتری از صفر مطلق در حدود ۷۰ تا ۸۰ کلوین خاصیت ابررسانايی از خود بروز می‌دهد. البته امروزه ابررساناهاي سراميكي ساخته شده اند که تا بيش از ۲۰۰ کلوين (منفي ۶۰ درجه سانتيگراد) از خود خاصیت ابررسانايی نشان مي‌دهند. امروزه گروههای مختلفی از سرتاسر جهان به دنبال اين هستند که بالاخره ماده‌اي را کشف کنند که بتواند در دمای معمولی (۳۰۰ کلوین) هم از خود خاصیت ابررسانايی نشان دهد.

همان طور که از ظاهر امر برمی آید، خاصیت ابر رسانایی در سرامیک ها و فلزات، سرشتی متفاوت دارند. سرامیک ها، نارسانا هستند و سپس به ابررسانا تبدیل می شوند. در حالی که فلزات رسانا هستند و ناگهان مقاومت در آنها صفر می شود. دمای گذار به ابررسانا می هم در فلزات بسیار پایین تر از سرامیکها است. به این ترتیب نظریه BCS دیگر قادر به توضیح ماهیت ابررسانا می در سرامیکها یا ابررسانا های دمای بالا (High TC) نیستند. دانشمندان تاکنون نظریه ای رضایت بخش برای توضیح این پدیده نیافرته اند و این مسیله یکی از مهمترین مسائل حل نشده تاریخ فیزیک است.

نوع ماده	دماي بحراني
روي	۰.۸۸
الومینیوم	۱.۱۹
قلاع	۳.۷۲
جیوه	۴.۱۵
YBa _۲ Cu _۳ O _۷	۹۰
TlBaCaCuO	۱۲۰

دماي بحراني در چند نوع ماده مختلط

به عنوان نمونه، یک قطار به نام «مگلو» یعنی پرنده مغناطیسی که با استفاده از خواص مغناطیسی ابر رسانایی در بالای ریلهایی که حامل جریان الکتریکی قوی هستند در ژاپن ساخته شده است. این جریان یک میدان مغناطیسی قوی به وجود می آورد که نیرویی بر وسیله نقلیه وارد می کند و آن را به اندازه کسری از سانتیمتر بالاتر از ریل نگاه می دارد. در این حالت وسیله نقلیه بدون تماس حرکت می کند و عمل اصطکاک، یا اثر کشش ناشی از آن، حذف می شود. سرعت چنین وسایلی ممکن است به ۵۰۰ کیلومتر بر ساعت برسد و حرکت آنها آن قدر نرم و آرام است که مسافرین متوجه حرکت آن نمی شوند بوسیله ای ابررسانا می که در دماي بالاست استفاده از این جریانهای الکتریکی، عملی می شود. اگر جریان در مقاومت تلف شود، چنین وسایل نقلیه مغناطیسی خیلی گران تمام می شوند.



یک آهنربا بالای یک ابررسانا دمای بالا، سرد شده توسط نیتروژن مایع

ابررسانا های دمای پایین امروزه در ساخت آهنرباهای ویژه طیف سنجهای رزونانس مغناطیسی هسته، رزونانس مغناطیسی برای مقاصد تشخیص طبی، شتاب دهنده ذره ها، ترنهای سریع مغناطیسی و انواع ابزارهای رسانایی الکترونیکی بکار می رود. اما برای اینکه ابررسانا های دمای بالا در کاربردهای میدان مغناطیسی در دماي بالا رقابت کنند، هنوز زمان لازم دارد، این بعلت دشواری در تولید انبوه و با کیفیت بالاست. اگر چه در حال حاضر، بازار ابررسانا های دمای بالا رونق کمی دارد، گمان می رود که در خلال دو دهه آینده کاربر د آن فراگیر و پر رونق شود.

آهنرباهاي ابررسانا از قوي ترین آهنرباهاي الکتروني موجود در جهان هستند. از آنها در قطارهاي سريع السير برقی و دستگاههای MRI و NMR و هدایت کردن ذرات در شتاب دهندهها استفاده می‌شود. همچنین می‌توان به عنوان جدا کننده‌هاي مغناطيسي در جاهايی که ذرات مغناطيسي ضعيف خارج می‌شود مثلا در صنایع رنگ سازی استفاده شود.

همچنین از ابررساناها در مدارات ديجيتالي نيز استفاده می‌شود به عنوان مثال در ايستگاه های RF و موبایل در ايستگاههای امواج ماکروویو.

از ابررساناها در Josephson junction برای ساختن بلوک‌های ساختمان SQUID استفاده می‌شود. حساسترین اندازه گیر امواج مغناطيسي می‌باشد.

سری دیگر دستگاههای Josephson برای رذیابی فوتون و یا به عنوان میکسر استفاده می‌شود. از مقاومت هایی که به ابررسانا تبدیل می‌شوند نیز در ساختن دماسنجه و گرماسنج های حساس micro-calorimeter رذیاب فوتونی استفاده می‌شود.

محققان اميدوارند که در آينده از ابررسانا در ساختن ترانسفورماتورها، وسایل ذخیره برق، الکتروموتورها، محدود کردن جريان اتصال کوتاه، وسایل شناور مغناطيسي استفاده کنند. اما چون ابررساناها به تغيير و حرکت میدان مغناطيسي حساسند استفاده از آنها در برق جريان متناوب مثل ترانسفورماتورها بسیار سخت پیشرفت می‌کند ترجیحاً در حیطه کاري جريان مستقيم می‌باشد.

۷-شكل ظاهری مقامات ها:

مقاومت ممکن است چندین حلقه سیم مسی نازک که به دور هسته ای پیچیده شده است باشد و یا از مواد نیمه رسانا مانند کربن ساخته شده باشد.

۸-أنواع مقاومت ها:

الف) ثابت: (۱) CARBON COMPOSITION

(۲) CARBON FILM

(۳) METAL OXIDE FILM

(۴) PRECISION METAL FILM

(۵) FOIL RESISTORS

(۶) POWER FILM

(۷) PRECISION WIRE WOUND

(۸) HIGH POWER WIRE WOUND

ب) متغير: (۹) ولوم

۲) پتانسیومتر

۳) رئوستا

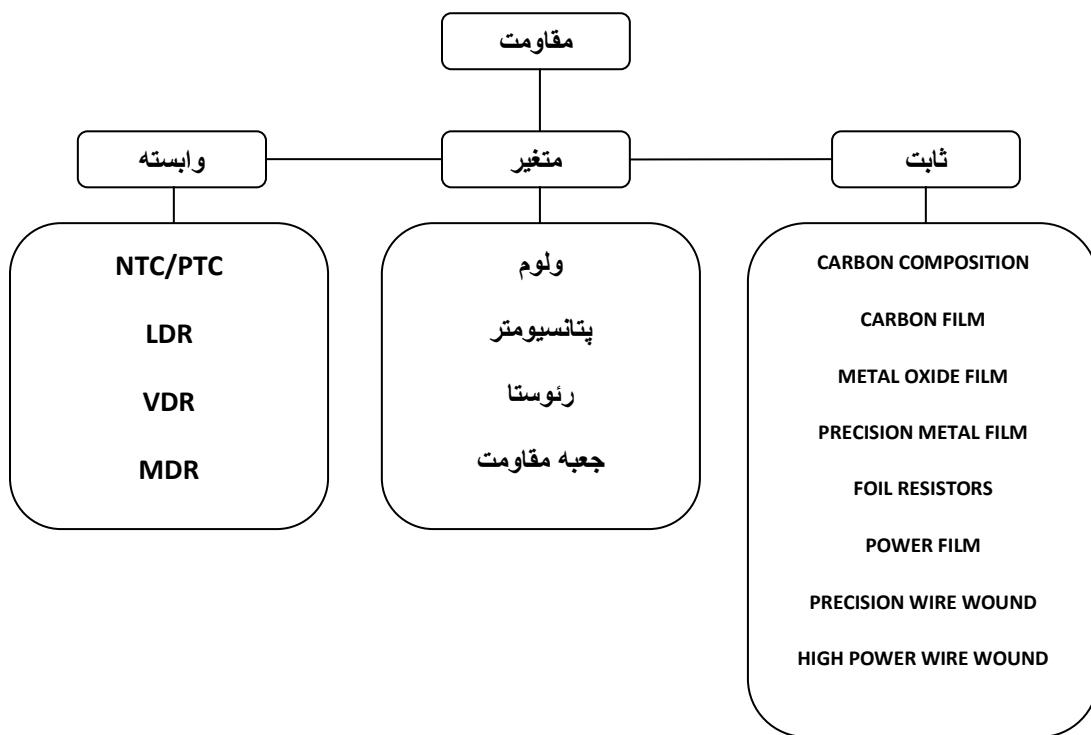
۴) جعبه مقاومت

ج) مقاومت های اتوماتیک یا وابسته: ۱) وابسته به حرارت(PTC-NTC)

۲) وابسته به نور(LDR)

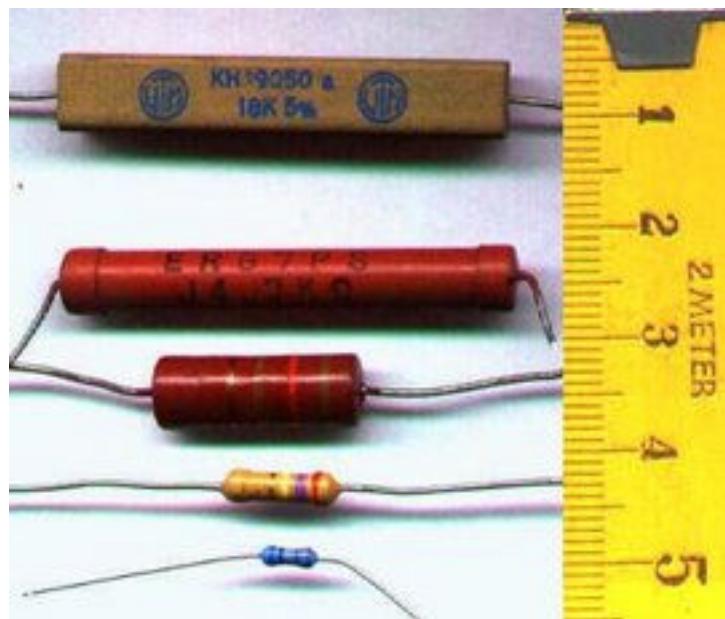
۳) وابسته به ولتاژ(VDR)

۴) تابع میدان مغناطیسی(MDR)



برخی از مقاومت ها بلند و نازک هستند. ماده مقاوم حقيقی در وسط آنها قرار دارد و یک پایه هادی در هر انتهای آن نصب شده است. به این مقاومت بسته محوری گفته می شود. تصویر زیر یک ردیف از مقاومت هایی را نشان می دهد که عموما در یک بسته بندی قرار داده می شوند. مقاومت های استفاده شده در کامپیوتر و دیگر وسایل نوعا خیلی کوچکترند و اغلب در بسته هایی با پایه سطحی (فن آوری پایه سطحی) بدون سیم های رابط بکار می روند. مقاومت های با توان بالاتر در بسته های محکم تری قرار می دهند و بگونه ای طرحی شده اند که گرمای را به طور موثری از بین بیرون اما تمامی آنها دارای همان ساختار قبلی مقاومتها هستند.

یک جسم فیزیکی نوعی مقاومت است. اکثر فلزات مواد هادی هستند و در برابر جریان الکتریسته مقاومت کمی دارند. بدن انسان، یک تکه پلاستیک یا حتی یک خلا دارای مقاومتهایی هستند که قابل اندازه گیری است. موادی که دارای مقاومتهای بسیار بالایی هستند عایق نامیده می شوند.



أنواع مختلف مقاومت ها به شرح زیر هستند:

۱-۸ - مقاومت های ثابت:

مقاومت هایی هستند که مقدار آن ها ثابت بوده و تابع عواملی چون گرما، فرکانس، میدان مغناطیسی، نور، رطوبت و ...

نباشند و آن ها را با نماد

یا

مشخص می کنند.

۱-۱-۸ - مشخصه های یک مقاومت ثابت:

الف: مقدار اهم مقاومت: از مهمترین مشخصه مقاومت بوده که یا عدد اهم، بر روی آن نوشته شده و یا به صورت نوارهای رنگی مقدار گذاری شده اند.

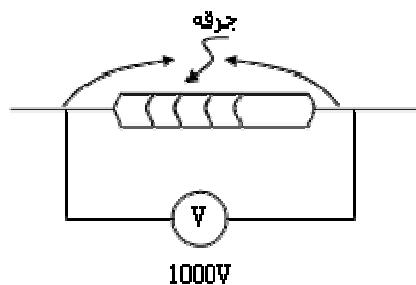
ب: خطای تلورانس: از آنجا که وسیله ای با دقت صفر و بدون خطای وجود ندارد، در حین فرایند تولید مقاومت، به طور ناخواسته به مقاومت مورد نظر مقداری اضافه یا کم خواهد شد که البته این مقدار با نظارت بیشتر و با استفاده از دستگاه های دقیقتر کمتر می شود. لذا شرکت سازنده، موظف است این بازده تغییرات را به مصرف کننده های مقاومت معرفی کند که به تلورانس مقاومت معروف است. مثلا مقاومت های ۱۰۰ اهمی با تلورانس ۱۰٪ ممکن است بین ۹۰ و ۱۱۰ اهم باشند.

ج: تحمل حرارتی: به بیشترین دمایی که مقاومت های غیر سیمی در حین کار می توانند تحمل کند قبل از آنکه تغییر ماهیت بدند، تحمل حرارتی گویند و در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ درجه سانتیگراد است.

د: بیشترین توان مصرفی: به بیشترین توانی که مقاومت می تواند در مقابل عبور جریان و تحمل ولتاژ از خود نشان دهد، قبل از آنکه بسوزد، ماکزیمم توان مقاومت گویند و از رابطه $P=RI^2$ محاسبه می شود. هر مقاومتی یک مقدار

مشخصی از توان مصرفی را تحمل می کند. رایج ترین توان های یک مقاومت ساخته شده به صورت $1/16$ و $1/8$ و $1/4$ و $1/2$ و 1 و 2 و 3 و 5 وات هستند که معمولاً از روی ابعاد فیزیکی آن قابل تشخیص می باشند.

ه: بیشینه افت ولتاژ DC: در مقاومت های با اهم بالا، بیشترین افت ولتاژ DC مجاز از مهمترین عوامل مربوط به مقاومت محسوب می شود. بطور مثال اگر بخواهیم افت ولتاژ DC مجاز یک مقاومت 1 مگا اهمی و 1 وات را بدست آوریم از رابطه $V = PR$ معلوم می شود که این توان با ولتاژ 1000 ولت محقق می شود که در عمل چنین ولتاژی را نمی توان به مقاومت اعمال کرد. چون ممکن است با میدان الکتریکی ایجاد شده دو سر مقاومت جرقه بزند که برای رفع این مشکل باید اندازه چنین مقاومتی را بزرگ درست کنند تا تحمل چنین اختلاف پتانسیلی را داشته باشد.



$$V = \sqrt{RP} = \sqrt{10^6} = 1000$$

و: ضریب حرارتی محیطی: به تأثیر گرمای محیط بر مقدار اهم مقاومت ضریب حرارتی محیطی می گویند. هر قدر این ضریب کمتر باشد بیانگر آن است که دمای محیط کمتر روی مقاومت تأثیر می گذارد. ضریب حرارتی می تواند مثبت یا منفی باشد. به طور مثال این تغییر اهم می تواند در هنگام لحیم کاری صورت بگیرد که از اهمیت بالایی برخوردار است.

ز: بیشینه بسامد کار: به بیشترین فرکانسی که مقاومت می تواند در هنگام کار با منبع تغذیه متناوب تحمل کند، قبل از آنکه ساختار مقاومتی آن فرو بریزد و خواص غیر از مقاومت به خود بگیرد، بیشینه بسامد کار مقاومت گویند.

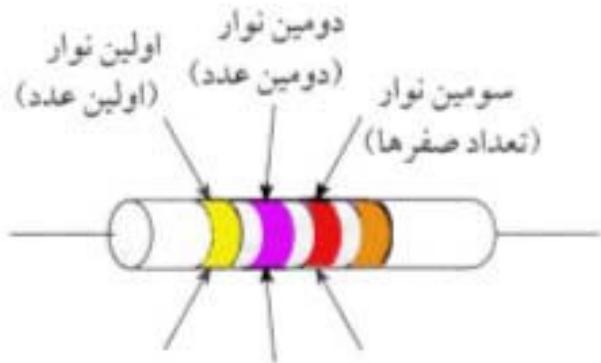
۱-۲- مقدار مقاومت:

مهمترین مشخصه یک مقاومت، تعیین مقدار اهم آن است که با عدد اهم مقاومت را روی مقاومت نوشته اند، مانند مقاومت سیمی و آجری که دو نمونه از آن ها در شکل زیر آورده شده است.



و یا به صورت نوارهای رنگی مشخص شده اند که می توان از طریق زیر آن را مشخص نمود.

- در صورتی که مقاومت، چهار نوار رنگی داشته باشد



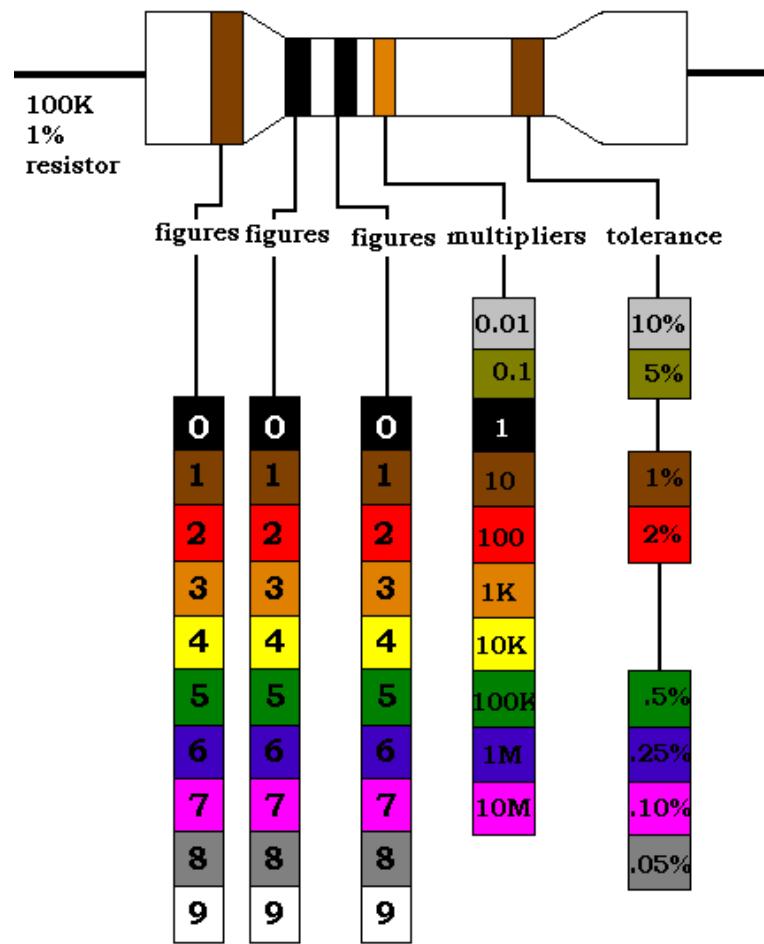
چنانچه به هر رنگ یک عدد نسبت دهیم، مقاومت رنگی از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$R = AB \times 10^C \pm D\%$$

که در این رابطه D تلورانس است.

رنگ	اعداد صحیح				ضریب نوار سوم	تلورانس نوار چهارم
	نوار اول	نوار دوم	نوار سوم	نوار چهارم		
سیاه	-	.	.	-		
قهوه ای	۱	۱	۱	۱	۱%	
قرمز	۲	۲	۲	۲	۲%	
نارنجی	۳	۳	۳	۳	-	
زرد	۴	۴	۴	۴	-	
سبز	۵	۵	۵	۵	-	
آبی	۶	۶	۶	۶	-	
بنفش	-	۷	۷	۷	-	
حاکستری	-	۸	۸	۸	-	
سفید	-	۹	۹	۹	-	
طلایی	X ۰.۱	-	-	-	۵%	
نقره ای	X ۰.۰۱	-	-	-	۱۰%	
بی رنگ	-	-	-	-	۲۰%	

جدول(۱): استاندارد کد نوارهای رنگی مقاومت



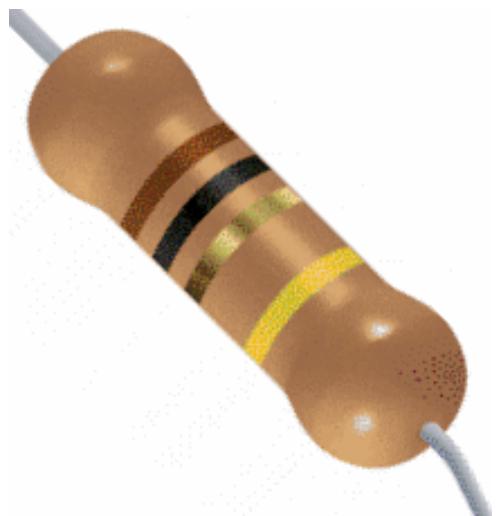
— —
6 8 $\times 10^1$ $\pm 10\%$

$$R = 68 \times 10^1 \pm 10\%$$

نکته: مقاومت های ۵ رنگ با اندک تفاوتی از رابطه زیر پیروی می کنند:

$$R = ABC \times 10^D$$

يعني فقط به جاي دو رنگ اول، سه رنگ اول كنار يكديگر مي نشينند و رنگ چهارم توان و رنگ آخر همان تلورانس محسوب مي شود.



هم چنین در جدول زیر نحوهٔ خواندن چند نوع خاص از مقاومت‌ها آمده است:

Carbon Composition			Metal-Oxide and Carbon Film			RELIABILITY LEVEL (%/1000 HR)									
5-Band		1st digit Multiplier Reliability	5-Band		1st digit 2nd digit 3rd digit Multiplier Tolerance	460 kΩ ± 1%	BAND COLOR RELIABILITY LEVEL Brown 1% Red 0.1% Orange 0.01% Yellow 0.001%								
4-Band		1st digit 2nd digit Tolerance	25 kΩ ± 5%	Wire-Wound	Power rating Resistance	15 W 390Ω J	TOLERANCE Silver ± 10% Gold ± 5% Brown ± 1% Red ± 2% Green ± 0.5% Blue ± 0.25% Purple ± 0.1%								
6-Band		1st digit 2nd digit 3rd digit Multiplier Tolerance	276 Ω ± 5%	DIGITS/MULTIPLIER	BAND COLOR DIGIT MULTIPLIER	Black 0 × 1 Brown 1 × 10 Red 2 × 100 Orange 3 × 1K Yellow 4 × 10K Green 5 × 100K Blue 6 × 1M Purple 7 × 10M Grey 8 × 100M White 9 × 1000M Silver — × 0.01 Gold — × 0.1									
Temperature coefficient Band color Temp coefficient			<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Brown</td><td>100 ppm</td> </tr> <tr> <td>Red</td><td>50 ppm</td> </tr> <tr> <td>Orange</td><td>15 ppm</td> </tr> <tr> <td>Yellow</td><td>25 ppm</td> </tr> </tbody> </table>					Brown	100 ppm	Red	50 ppm	Orange	15 ppm	Yellow	25 ppm
Brown	100 ppm														
Red	50 ppm														
Orange	15 ppm														
Yellow	25 ppm														
1kΩ = 1 × 10 ³ Ω 1MΩ = 1 × 10 ⁶ Ω															

۳-۱-۸- استاندارد در مقاومت ها:

قطعات تولیدی کارخانجات مختلف ممکن است در نقاط مختلف جهان استفاده شود ، از این رو ضروری است که تمامی آنها به منظور تولید قطعات خود از نظر مقدار و سایر مشخصات از روشها و استانداردهای خاص پیروی کنند . معمولترین آنها " استاندارد اروپایی " است که با حرف E مشخص می شود . این استاندارد خود شامل سری های مختلفی است

مقاومت های با تلورانس ۲۰% را سری E-۶ و مقاومت های با تلورانس ۱۰% را سری E-۱۲ و مقاومت های با تلورانس ۵% را سری E-۲۴ و مقاومت های با تلورانس ۲% را سری E-۴۸ و تلورانس ۱% را با سری E-۹۶ و ۰/۵% را با E-۱۹۲ معرفی می کنند.

۹.۱	۸.۲	۷.۵	۶.۸	۶.۲	۵.۶	۵.۱	۴.۷	۴.۳	۳.۹	۳.۶	۳.۳	۳.۰	۲.۷	۲.۴	۲.۲	۲.۰	۱.۸	۱.۶	۱.۵	۱.۳	۱.۲	۱.۱	۱.۰	E _{۲۴} سری
۸.۲	۶.۸	۵.۶	۴.۷	۳.۹	۳.۳	۲.۷	۲.۲	۱.۸	۱.۵	۱.۲	۰.۱	۰.۱											E _{۱۲} سری	
۶.۸		۴.۷		۳.۳		۲.۲			۱.۵		۱.۰													E _۶ سری

با داشتن جدول بالا می توان مقاومت های استاندارد را به دست آورد.

هر یک از سه سری شامل اعدادی هستند که به آنها " اعداد پایه " می گویند و با ضرب یا تقسیم اعداد هر سری در مضارب ۱۰ می توان مقادیر مختلفی از این سری ها را بدست آورد .

مثلا در سری E₆ با ضرب عدد ۱۰ در اعداد پایه می توان به مقاومتهایی که در این سری ساخته می شوند پی برد :

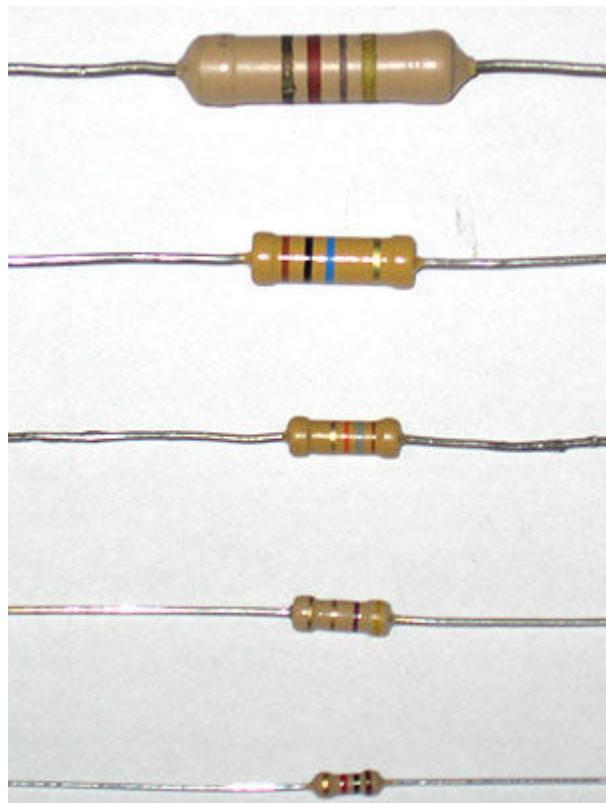
Ω_{۶۸} ، Ω_{۱۵} ، Ω_{۲۲} ، Ω_{۳۳} ، Ω_{۴۷} ، Ω_{۶۰} و با ضرب عدد ۱۰۰ در اعداد پایه :

Ω_{۱۰۰} ، Ω_{۱۵۰} ، Ω_{۲۲۰} ، Ω_{۳۳۰} ، Ω_{۴۷۰} ، Ω_{۶۰} از سری های E₆ و E₁₂ و E₂₄ برای استاندارد نمودن ظرفیت خازنها و ضریب خود القایی سلف ها نیز استفاده می شود . البته سری های دیگری نیز همچون E₉₆ و E₄₈ و E₁₉₂ وجود دارند.

استانداردهای دیگری نیز برای بیان مقدار مقاومت به کار می رود. این روش که به روش آمریکایی شهرت دارد بیشتر برای مقاومت های بالای یک وات به کار می رود. در این روش R بیانگر اهم و K بیانگر کیلو و M بیانگر مگا اهم است. و برای تلورانس ۲۰% حرف M و تلورانس ۱۰% حرف K و تلورانس ۵% حرف L معرفی شده است.

۴-۱-۸ - توان قابل تحمل با توجه به ابعاد مقاومت:

شکل زیر چند نمونه مقاومت کربنی با نوار های رنگی با توان های مختلف و ابعاد آنها آورده شده است.



قدرت(وات)	D _{mm}	قطر	L _{mm}	طول
۱۷	۸		۲	
۱۴	۵.۵		۱	
۹.۵	۳.۵		۰.۵	
۶.۲۵	۲.۲۵		۰.۲۵	
۴	۱.۵		۰.۱۲۵	

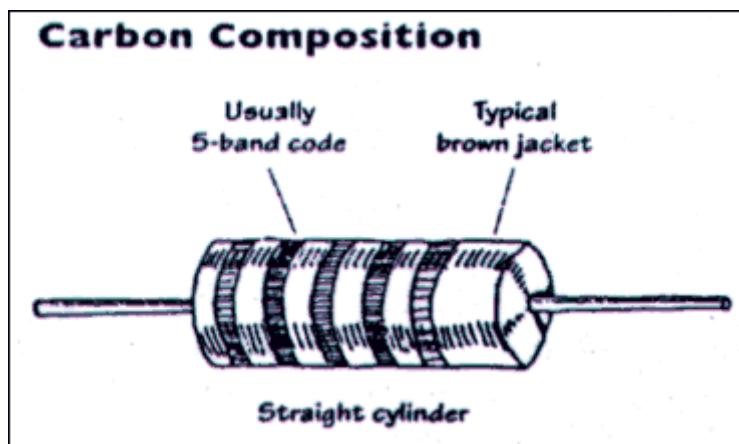
جدول سایز بندی و وات مقاومت ها

۱-۵-۸- انواع مقاومت های ثابت:

۱-۵-۸-۱- مقاومت کربنی (CARBON COMPOSITION)

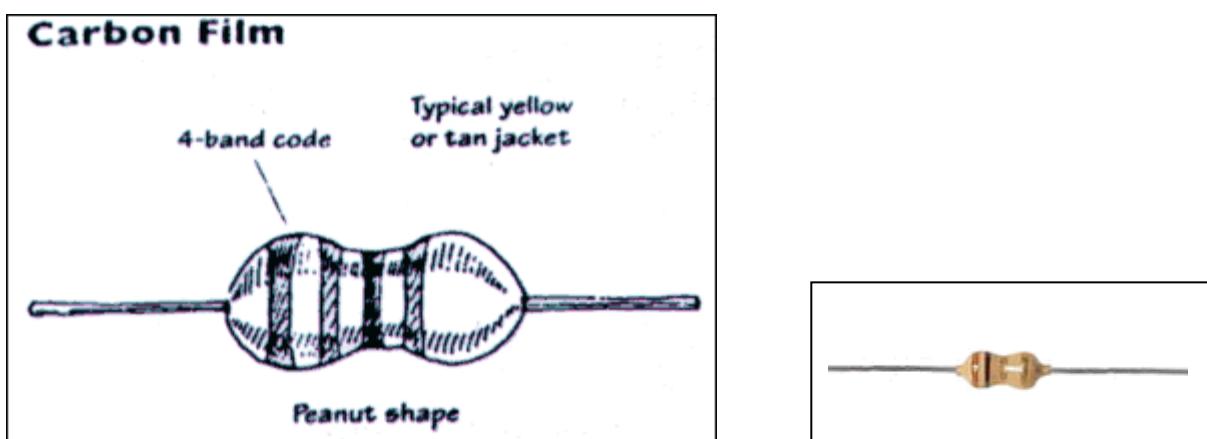
کربن با عبور جریان از خود مقاومت نشان می دهد بنابراین در ساخت این مقاومت از پودر کربن (گرافیت) و چسب و مواد مقاوم (که در اثر حرارت و فشار به شکل دلخواه در می آید) استفاده می شود. برای مقاومت بیشتر کربن کمتری اضافه می شود. این مقاومت ها عملکرد قابل پیش بینی و ظرفیت القا مغناطیسی کمی دارند.

مزیت این مقاومت ارزانی و کوچک بودن و امکان ساخت تا ۱۰۰ مگا اهم است و عیوب آن داشتن ضریب حرارتی بالا و تولید اغتشاش زیاد و ثبات کم می باشد.



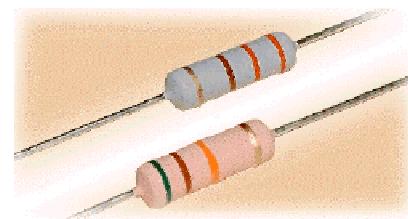
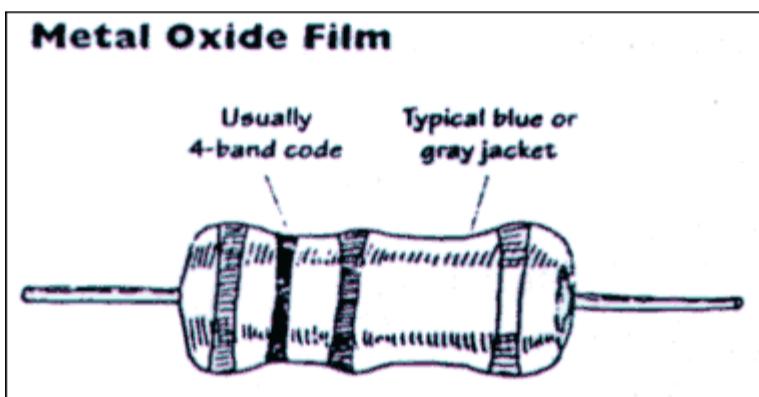
۱-۵-۸-۲- مقاومت لایه ای (CARBON FILM)

برای ساخت این مقاومت ابتدا روی میل هایی از سرامیک شیار های حلقه ای ایجاد می کنند و بعد روی لایه ای نازک از کربن یا فلز یا اکسید فلز رسوب می دهند که نوع کربنی ضریب حرارت و نویز کمی دارد و ارزان است و قابل اطمینان است و توان آن از $1/4$ تا ۲ وات است و مقدار آن از ۱۰ اهم تا یک مگا اهم با ضریب خطای ۵ درصد می باشد و نوع فلزی آن قیمتش بالاست.

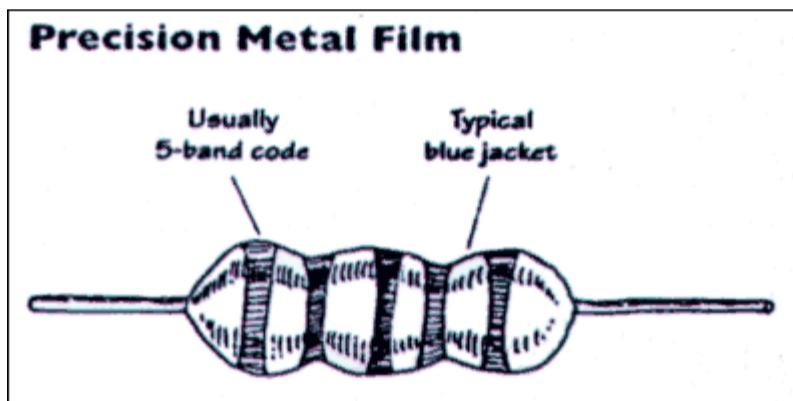


:METAL OXIDE FILM-۳-۵-۱-۸

این مقاومت ها از یک هسته سرامیکی پوشیده شده با لایه ای از اکسید فلز ساخته می شوند. این مقاومت ها از نظر مکانیکی و الکترونیکی پایدارند و در عملیات در دمای بالا خوانا می باشند. آنها شامل رنگی پایدار در لایه ای بیرونی می باشند که در مقابل شعله و حل شدگی و رطوبت و گرمای مقاومند. مقدار آنها از ۱ اهم تا ۱ کیلو اهم با ضریب خطای ۵ د رصد است.

**:PRECISION METAL FILM-۴-۵-۱-۸**

این نوع مقاومت بسیار دقیق است و نویز بسیار کمی دارد. از لایه سرامیکی پوشیده شده با نوار فلزی ساخته شده است که این لایه کاملاً توسط اپوکسی احاطه می شود. این مقاومت در دستگاه های بسیار دقیق مانند تست لوازم دیجیتال و آنالوگ و وسائل صوتی تصویری استفاده می شود. مقدارشان از ۱۰۰ مگا اهم تا ۲ مگا اهم است و دارای درصد خطای ۱ درصد می باشند.



:FOIL RESISTORS-۵-۱-۸

این مقاومت از نظر مشخصات مشابه مقاومت لایه فلزی است. مزیت اصلی آن پایداری بیشتر و ضریب دمایی پایین تر است. این مقاومت ها فرکانس پاسخ عالی و ضریب دمایی پایین و پایداری مناسب و دقت زیاد دارند. برای ساخت این مقاومت سیم مقاومت داری از جنس الیاز (نیکل - مس - ...) را بر روی استوانه ای سرامیکی می پیچند و آن را در یک محظوظ سیمانی با مقطع مربع یا مستطیل قرار می دهد. عیب اصلی آنها این است که ماکزیمم مقدارشان از مقاومت های لایه فلزی کمتر است.

این مقاومت ها به مقاومت های آجری معروفند و برای توان های بالای ۲ وات استفاده می شود.

از این مقاومت ها به عنوان کاهش دهنده ی ولتاژ در تلویزیون های لامپی استفاده می شد و گاهی هم به عنوان مقاومت فیوزی (محافظتی) استفاده می شد زیرا اگر جریان زیادی از آن عبور دهیم سیم داخلی آن مانند مقاومت می سوزد.

مزیت این مقاومت ها در این است که به هنگام سوختن شعله ور نشده و کاملاً قطع می گردد و عیوب آن داشتن خاصیت خود القایست که با پیچیدن سیم به صورت دولایی و سیم های رفت و برگشت و ایجاد جریان های مساوی مخالف تا حد زیادی خاصیت خود القایی آن را کم می کند.

از این نوع مقاومت ها در ساخت فشارسنج نیز استفاده می شود.

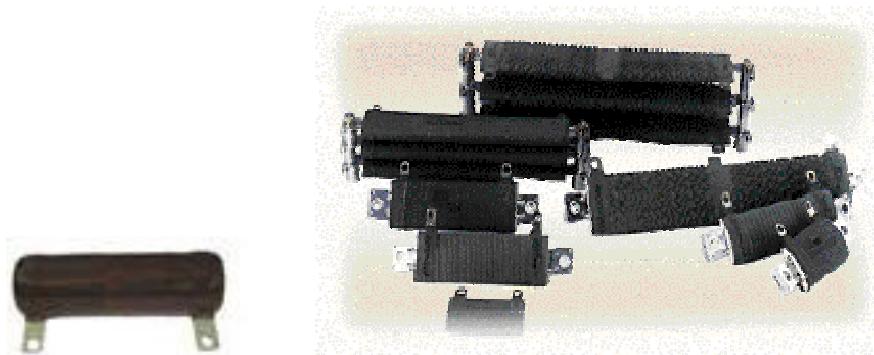
در مقاومت های کربنی و لایه ای پس از سوختن مقدار مقاومتشان افزایش می یابد و ما از این راه می فهمیم مقاومت معیوب است.

:POWER FILM-۶-۱-۸

این نوع مقاومت از نظر روش ساخت شبیه مقاومت های کربنی و یا مقاومت های لایه ای می باشد. مهم ترین مشخصه ی آن توان زیادش است. این نوع مقاومت ها دارای فرکانس پاسخ بسیار مناسبی می باشند و در اقداماتی که نیاز به پاسخ فرکانس خوب یا مقدار اهم ماکزیمم می باشد استفاده می شوند. ضریب دمایی آن متغیر است. اندازه ی آن معمولاً از سایر مقاومت ها بزرگتر است. هسته ی اصلی آن از مواد رسانا تشکیل شده است.

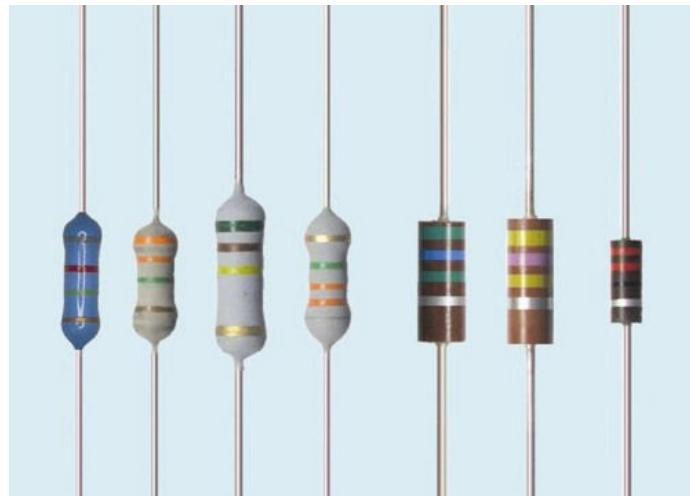
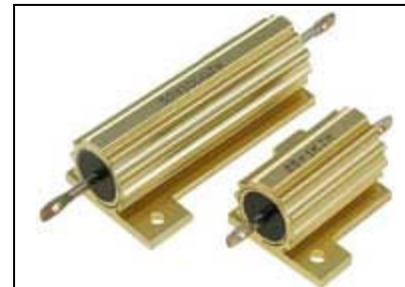
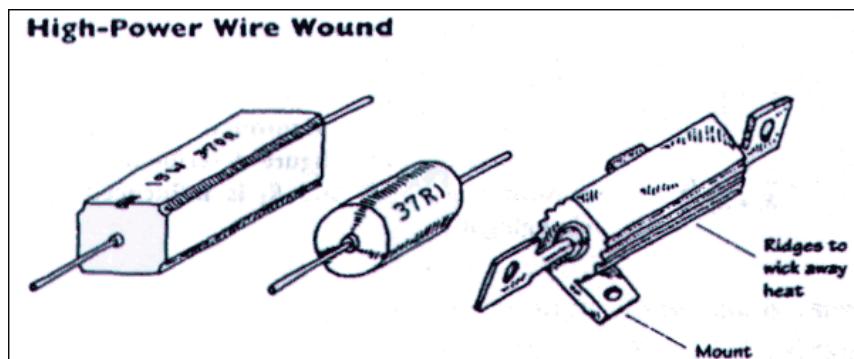
:PRECISION WIRE WOUND -۷-۱-۸

این مقاومت ها دقیق ترین نوع مقاومت ها با ضریب خطای کمتر از 0.005% درصد می باشند که ضریب دمایی آنها به شدت پایین است. از آنجا که این مقاومت ها بسیار گران قیمت می باشند در پروژه های تحقیقاتی دقیق در مدار های ولتاژ متناسب از آنها استفاده می شود.



:HIGH POWER WIRE WOUND -۸-۵-۱-۸

این مقاومت برای توان های بسیار بالا طراحی شده است. ساخت آن از مینای شیشه ای پوشیده شده با سیمان و سیم های آلومینیومی می باشد. عناصر این مقاومت از سیم مقاومی که دور سیلندر سرامیکی حلقه می شود ساخته می شوند. این مقاومت ها مقاوم و با دوام در مقابل گرما می باشند. مقدار آنها از ۱۰۰ اهم تا ۱۵۰ کیلو اهم است و توان آنها از ۲ وات تا ۵۰۰ وات منغیر است.

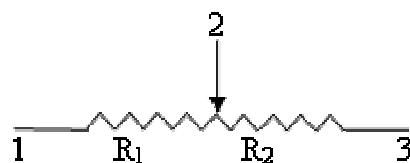


۲-۸- مقاومت های متغیر:

مقاومت متغیر مقاومتی است که مقدارش می‌تواند توسط یک حرکت مکانیکی تعیین شود، برای مثال توسط دست تنظیم شود. مقاومت های متغیر می‌توانند از نوع ارزان و تک دور یا از نوع چند دور با یک عنصر مارپیچی باشند. برخی از آنها حتی دارای نمایشگر مکانیکی تعداد دور نیز هستند. بطور سنتی مقاومتهای متغیر نامطمئن بوده‌اند، چرا که سیم یا فلز خورده یا فرسوده می‌شوند.

سنسور فتو الکتریک یک روش دیگر کنترل که در واقع یک مقاومت نیست اما شبیه آن عمل می‌کند، شامل یک سیستم است که چگالی نوری یک ورقه را اندازه می‌گیرد. بنلیل اینکه سنسور ورقه را لمس نمی‌کند، پوسیدگی رخ نمی‌دهد.

شکل زیر علامت اختصاری مقاومت متغیر را نشان می‌دهد.

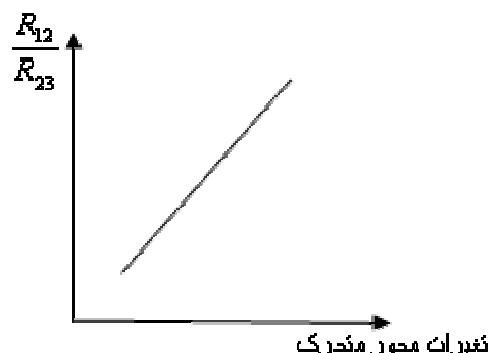


همانطور که مشخص شده است، مقاومت متغیر می‌تواند دارای سه ترمینال باشد که دو تای آنها نسبت به هم ثابت است و تابع گردش محور نیست. مقدار این مقاومت بر روی بدنه مقاومت متغیر، نوشته می‌شود.

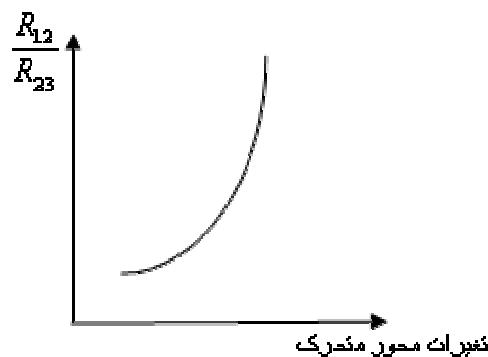
۱-۲-۸- ترمینال متغیر:

به اتصال لغزنده متصل است و این اتصال لغزنده می‌تواند به وسیله ی گردش محور روی لایه ی کربن حرکت کند و مقدار مقاومت این ترمینال را نسبت به ترمینال های ثابت تغییر دهد. این نوع مقاومت های متغیر کربنی که در بازار به پتانسیومتر یا ولوم معروف هستند، بر دو گونه یافت می‌شوند.

۱/۱ تغییر مقاومت بین ترمینال های ۱ و ۲ یا ۲ و ۳ نسبت به حرکت محور متحرک خطی باشد، مقاومت متغیر خطی گویند.



۲/اگر تغییرات نسبت به یکدیگر غیرخطی باشند (مثلاً لگاریتمی)، مقاومت متغیر را لگاریتمی گویند.



۲-۲-۸ - انواع مقاومت متغیر:

۱-۲-۲-۸ - ولوم:

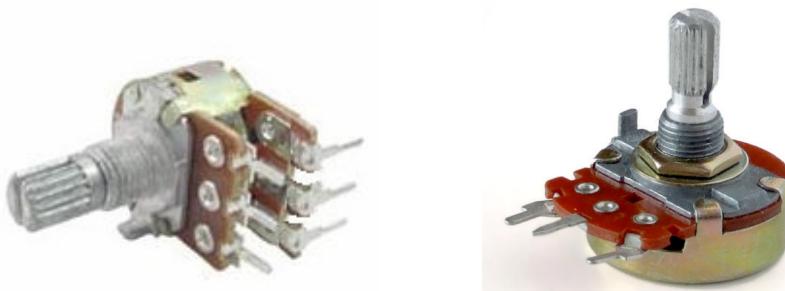
چون اولین بار به عنوان تغییر دهندهٔ حجم صدا استفاده شده است ولوم نامیده می‌شود و دارای ۳ نوع است:

(۱) چرخان (دوتایی - سه تایی)

(۲) کشویی

(۳) ولوم استریو (ولوم دوبل)

در نوع چرخان دوتایی و سه تایی هم محور هستند و با تغییر یک دسته بطور همزمان مقدار آن تغییر می‌کند. در ولوم استریو دسته و لم دارای دو استوانه هم محور است که به طور مستقل هر یک ولوم مربوط به خود را تغییر می‌دهد.





۲-۲-۸- پتانسیومتر:

پتانسیومتر یک سنسور سه سیمه می باشد که مسیر مقاومتی داخل آن از یک طرف به ولتاژ صفر یا زمین و از طرف دیگر به ولتاژ ۵ یا ۱۲ ولت متصل می گردد و با حرکت یک پایه متحرک ، مقادیر مقاومتی متغیری را ایجاد می نماید . بنابراین با تغییر مقدار مقاومت ولتاژ های متقاوتوی را در هر نقطه خواهیم داشت (نقطه تقسیم ولتاژ) . هنگام استفاده از یک پتانسیومتر ولتاژ و جریان هر دو تغییر می یابند اما کامپیوتر تنها از طریق تغییرات ولتاژ برای انجام محاسبات خود استفاده می کند .

از نوع کربن ساخته شده است و معمولا برای توان های حدود ۲ وات استفاده می شود. برای توان های بالا از نوع سیمی استفاده می شود و به وسیله ی پیچ گوشی تغییر می کند.

ولوم ها و پتانسیومترها دارای انواع زیر هستند:

نوع B(نوع خطی):

در این نوع مقدار مقاومت با زاویه چرخش یکی است

نوع A(لگاریتمی):

در این نوع مقدار مقاومتبا زاویه چرخش نسبت لگاریتمی دارد

نوع C,D, D, لگاریتمی معکوس

۲-۲-۳- رئوستا

رئوستا یک سنسور دو سیمه است که از یک مسیر مقاومتی تشکیل شده که به یک پتانسیل الکتریکی (مثلا ۱۲ ولت) متصل است و بر روی آن یک پایه مکانیکی حرکت می کند .

از رئوستا معمولا به سه طریق استفاده می کنند:

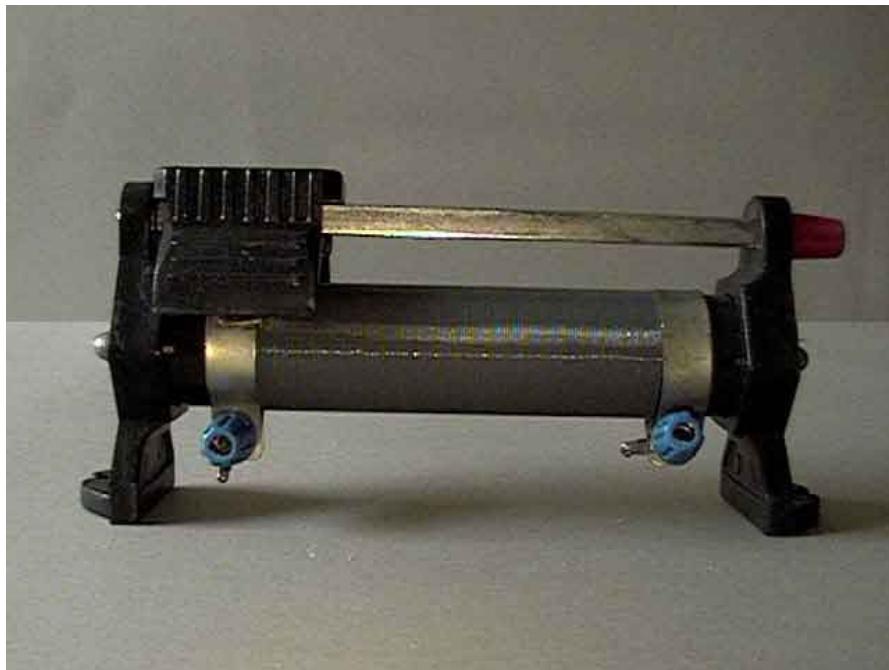
۱- اگر دو جای فیش سیاه را به مدار جریان برق وصل کنیم در این صورت رئوستا به منزله ی یک مقاومت ثابت می باشد و حرکت لغزنده تاثیری در مدار ندارد.

۲- اگر یکی از جای فیش های سیاه و یک قرمز را به مدار جریان برق وصل کنیم در این صورت با حرکت لغزنده در یک سمت مقاومت کم و در جهت عکس مقاومت مدار زیاد می شود در نتیجه جریان کم و زیاد می شود .

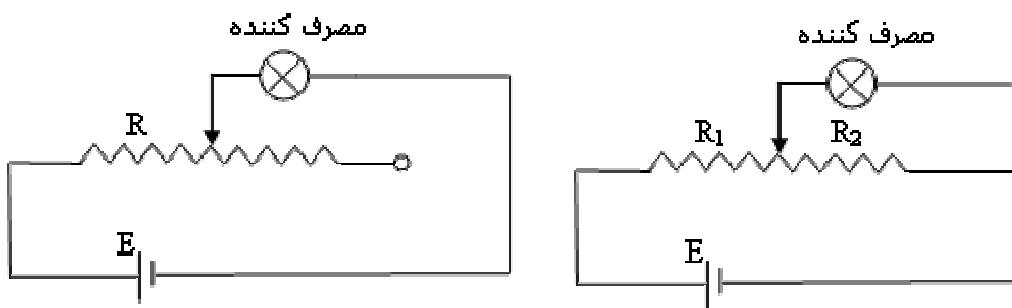
۳- اگر دو جای فیش سیاه رئوستا را مستقیما به مولد برق وصل کنیم و قرمز را با یک سیاه مجددا به مدار الکتریکی اتصال

دھیم در این صورت رئوستا مانند یک پتانسیومتر کار می کند یعنی با حرکت لغزنه اختلاف پتانسیل دو سر مدار الکتریکی تغییر می کند در نتیجه شدت جریان هم تغییر خواهد کرد ، در این عمل رئوستا عمل پتانسیومتر را انجام می دهد.

دو سر کناری پتانسیومتر، بالاترین مقاومت را به شما می دهد که معمولاً ثابت است ولی سر وسط با یکی از طرفین مقاومت متغیر را به شما می دهد. در ضمن به توان قابل تحمل مقاومت متغیر توجه کنید که چند وات است و گرنه آن را می سوزانید با عبور جریان زیاد.



شکل زیر دو نمونه کاربرد و طریقه اتصال رئوستا را نشان می دهد.

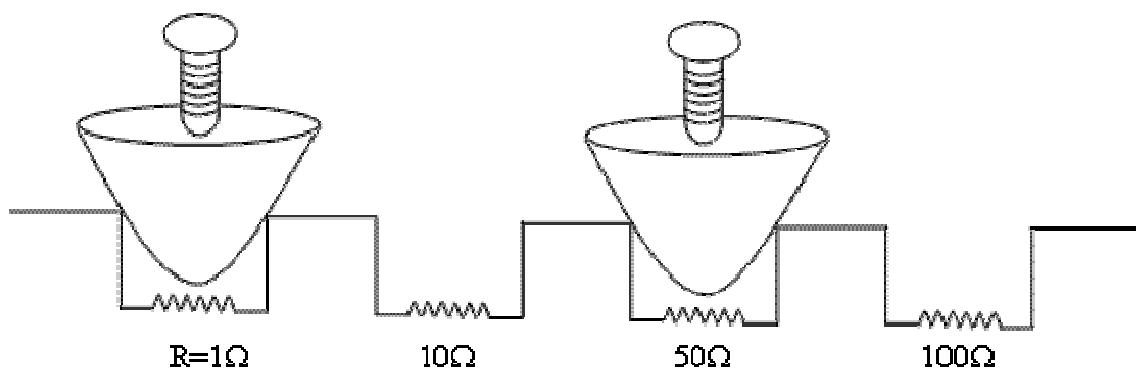


تفاوت کاربردهای رئوستا و پتانسیومتر :

در حالت استفاده از یک رئوستا ولتاژ در داخل واحد کنترل الکترونیکی اندازه گیری می گردد لکن در پتانسیومتر ولتاژ در خارج از واحد کنترل الکترونیکی اندازه گیری می شود در پتانسیومتر هنگامی که پایه متحرک تغییر می کند مقادیر متفاوتی از ولتاژ را به ما می دهد که در این حالت یک تقسیم کننده ولتاژ را به وجود می آورد.

۴-۲-۲-۸- جعبه ی مقاومت:

میتوان این جعبه را جزء دسته مقاومت های متغیر قرار داد و به گونه ایی است که تعدادی مقاومت با مقادیر معلوم را درون یک جعبه بصورت سری قرار داده اند و عملاً با انتخاب هر تعداد از آنها، می توان مقادیر مشخص و دلخواهی را در ترمینال خروجی آن ایجاد نمود. شکل زیر نمای خارجی و درونی یکی از جعبه ها را نشان می دهد.



۳-۸- مقاومت های اتوماتیک یا وابسته:

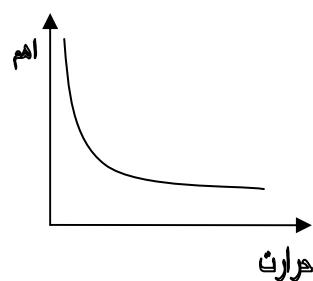
این مقاومت ها معمولاً با یک تغییر فیزیکی محیطی مانند تغییر نور و یا تغییر ولتاژ تغییر می کنند.

۱-۳-۸- ترمیستور یا مقاومت وابسته به حرارت:

:NTC-۱-۳-۸

Negative Temperature Coefficient

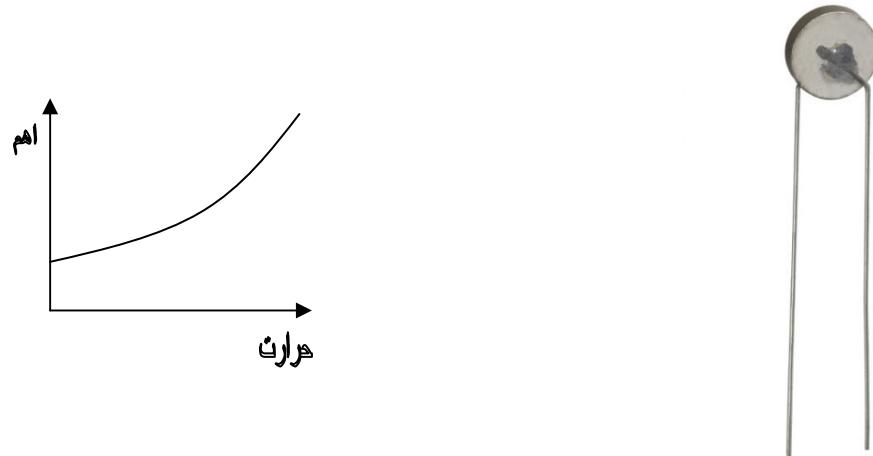
در این نوع با بالا رفتن دما مقدار مقاومت کاهش می یابد. این مقاومت ها از جنس اکسید های مختلف فلزات مثل آهن و منگنز می سازند و برای جلوگیری از ازدیاد جریان در لحظه‌ی روشن شدن دستگاه مورد استفاده قرار می گیرد. ان‌تی سی که در رادیو استفاده می شود عدس رنگ (قرمز یا سبز یا سفید است) و اگر بسوزد قطع می شود و ان‌تی سی که در تلویزیون استفاده می شود لوله‌ای شکل و با فیلامن سری می شود تا جریان به تدریج وارد تلویزیون شود.



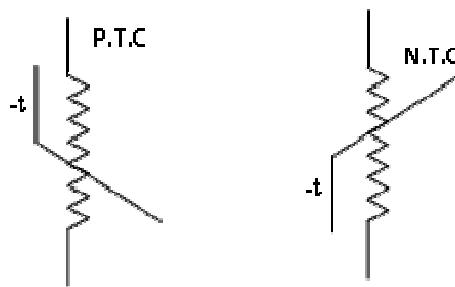
PTC-۲-۱-۳-۸

Positive Temperature Coefficient

در اثر بالا رفتن حرارت مقدار مقاومت آن افزایش می یابد و مقدار مقاومت در دمای ۲۵ درجه بیان می شود.



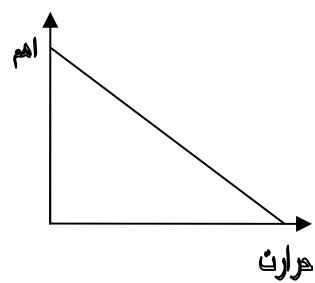
شکل زیر علامت اختصاری از ترمیترهای PTC و NTC را نشان میدهد.



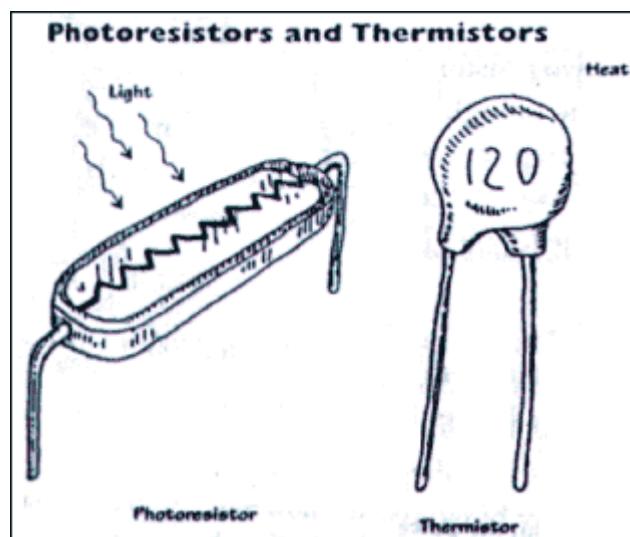
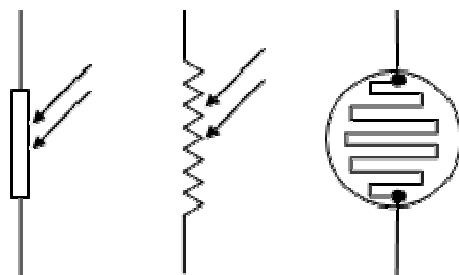
۲-۳-۸ - مقاومت تابع نور :LDR

Light Dependent Resistor

فتورزیستور مقاومتهایی هستند که مقادیر مقاومتشان با نور تغییر می کند که از نیمه هادی ها مانند سوافیت کادمیم ساخته شده و با تابیدن نور اهم آن کم می شود در نور معمولاً کمتر از 10^0 اهم و در تاریکی بیش از 10^0 کیلو اهم در مدارات به عنوان نور سنج مورد استفاده قرار می گیرند. از کاربرد های این مقاومت به دوربین عکاسی و چشم الکترونیکی و کلید نوری و لامپ های خیابان و ساعت ها می توان اشاره کرد. این نوع مقاومت ها معمولاً از تکنولوژی فشرده سازی پویا برای فشرده کردن یک لامپ رشته ای و یا دیود ساطع کننده نور استفاده می کنند. از سرب سولفید و ایندیم سولفید در مقاومت هایی که وابسته به نور مادون قرمز هستند استفاده می شود. از ژرمانیوم و مس در مقاومت هایی که برای شناسایی فرکانس های دورتر از مادون قرمز هستند استفاده می شود. کاربرد این مقاومت ها در طیف سنجی و ستاره شناسی می باشد.



نمای ظاهري مقاومت تابع نور و علامت اختصاری LDR



۳-۳-۸ - مقاومت وابسته به ولتاژ :VDR

Voltage Dependent Resistor

این نوع مقاومت که به آن وریستور هم گفته می شود با مقدار ولتاژ اعمال شده به آن تغییر می کند و برای ثابت نگه داشتن ولتاژ در نقطه ای از مدارو یا همچنین محافظت در مقابل اضافه ولتاژ استفاده می شود مقدار این نوع مقاومت با افزایش ولتاژ اعمالی کاهش می یابد. وریستور ها به پلاریته‌ی ولتاژ اعمالی وابسته نیستند از این رو برای استفاده در مداراتی که به برق منتاوب وصل می شوند مناسب هستند. از کاربردهای این مقاومت می توان به ۱) ثبیت کننده ولتاژ ۲) حفاظت مدار در مقابل ولتاژ اضافه هنگام قطع و وصل کلید اشاره کرد.

تحقیقات برای ساخت وریستور های اکسید روی برای اولین بار در سال ۱۹۶۵ در شرکت ماتسوشیتا ژاپن توسط گروه پژوهشی م. ماتساکا آغاز شد که در نهایت منجر به کشف و ساخت وریستور های پایه اکسید روی در سال ۱۹۶۸ گردید. به علت مقاومت غیرخطی بالای این وریستور ها پژوهش در مورد افزایش کارایی و حل مشکلات این قطعات گستردتر نیز شده و در طی سال های ۱۹۶۸ تا ۱۹۸۸ مشکلات طراحی با وریستور های اکسید روی به تدریج حذف گردید.



۴-۳-۸ - مقاومت وابسته به میدان مغناطیسی :MDR

Magnetic Dependent Resistor

این نوع مقاومت در اثر مجاورت در میدان مغناطیسی تغییر کرده که مقدار آن با اندازه‌ی میدان مغناطیسی رابطه مستقیم و با فاصله رابطه عکس دارد. در ساخت این مقاومت ها از نیمه هادی هایی استفاده می شود که ضریب حرارت منفی دارند. به همین دلیل در صورت افزایش دما مقدار مقاومت آن ها کاهش می یابد.

۹- تست انواع مقاومت ها:

۹-۱- تست با مولتی متر دیجیتال :

در این روش در حالیکه مولتی متر را در مد تست مقاومت می گذاریم دو ترمینال مولتی متر را به ابتدا به هم اتصال می دهیم تا سیمهای ترمینال و خطای مولتی متر را کنترل نماییم سپس دو پایه ترمینال را به دوسر مقاومت وصل نموده مقدار اهم نشان داده شده را قرائت می کنیم در صورتیکه این مقدار با اندازه مقاومت که از روی رمز رنگها و یا از روی نوشته روی مقاومت قابل تشخیص است مقایسه می کنیم اگر این دو عدد بهم نزدیک بودند با توجه به خطای مقاومت می گوئیم که مقاومت سالم است.

۹-۲- تست با مولتی متر آنالوگ (عقربه ای) :

در این روش نیز باید مولتی متر را در رنج های تست کننده مقاومت بگذاریم البته تعیین این رنج بستگی به مقدار مقاومت ما دارد اگر مقاومت ما کوچکتر از 100Ω ، اهم است مولتی متر را در رنج $Rx1$ و اگر از 100Ω ، اهم بزرگتر و کوچکتر از $10\text{ k}\Omega$ اهم است در رنج $Rx100$ و در صورتیکه بزرگتر از $10\text{ k}\Omega$ و کوچکتر از $100\text{ k}\Omega$ در رنج $Rx10\text{ k}\Omega$ و در صورتیکه بزرگتر از $100\text{ k}\Omega$ کیلو باشد مولتی متر را در رنج $Rx10\text{ k}\Omega$ قرار داده و مقاومت را تست می کنیم در این مرحله نیز باید میزان اهم قرائت شده با اندازه واقعی مقاومت خیلی نزدیک باشد و فقط در حد خطای آن ترانس قابل قبول است.

۹-۳- تست مقاومت های متغیر :

۹-۳-۱- پتانسیومتر :

برای تست پتانسیومتر به کمک مولتی متر آنالوگ : ابتدا رنج مناسب انتخاب و سپس پایه وسط پتانسیومتر را نسبت به دوپایه دیگر اهم چک می کنیم طبیعی است که سر لفزنده وسط در هر کجا باشد عددی قرائت می شود و نیز می دانیم مجموع هر دو عددی که از جمع اعداد قرائت شده هردو پایه طرفین بدست می آید برابر مقدار اهم کل پتانسیومتر می باشد . حال برای اطمینان از عمل کرد پتانسیومتر در حین تغییر اهم نیز می توانیم یک از پایه های کناری را نسبت به پایه وسط در حالی اهم چک نمائیم که پتانسیومتر را می چرخانیم در هر حالت باید تغییرات اهم را مشاهده کنیم اگر در نقطه ای تغییرات اهم ناجوری (کم و زیاد شدن غیر طبیعی) مشاهده شود پتانسیومتر مشکل دارد و خلاصه لازم است که تغییرات یکنواخت و بدون قطع شدن باشد . تست ولوم : می دانیم که ولوم نیز نوعی مقاومت متغیر می باشد پس مانند پتانسیو متر تست می شود .

۹-۳-۲- تست مقاومت مخصوص LDR :

می دانیم در مقابل تغییرات نور پاسخ می دهد . پس در حالیکه دو پایه آنرا به ترمینالهای مولتیمتر وصل نموده ایم در رنج $Rx1k\Omega$ بهتر است در جلو نور مقاومت آنرا قرائت نموده سپس با ایجاد سایه تغییر مقاومت آن را مشاهده کنیم . با پاسخ در مقابل تغییرات نور سالم بودن آن مشخص می شود .

۹-۳-۳- تست مقاومت مخصوص VDR :

می دانیم که Vdr نوعی مقاومت ویژه یا مخصوص است که با افزایش ولتاژ اهم آن کاهش می یابد پس معمولاً در جایی که قصد ثابت کردن ولتاژ را دارند مانند زنر استفاده می شود . و برای تست بدلیل ولتاژ بالای آن با اهمتر قابل تست نیست و در مدار و دانستن مقدار ولتاژ محل تست می شود .

۹-۳-۴- تست مقاومت PTC :

می دانیم PTC نوعی مقاومت است که با افزایش حرارت اهم آن افزایش و با کاهش حرارت اهم آن کاهش می یابد . پس اگر در حالیکه پایه های آن را به وسیله ترمینالهای مولتی متر گرفته ایم با وسیله ای حرارت زا مانند هویه ، سشووار ،

..... حرارت دهیم مقدار اهم آن زیاد شده و علامت سالم بودن آن است . و عکس این عمل نیز درست است .

۳-۹-۵- تست مقاومت ویژه NTC :

عکس PtC عمل می کند .

۳-۹-۶- تست مقاومت MDR :

این مقاومت در حوزه مغناطیس اهمش بالا می رود و می توان در هنگام تست با آهنربا تغییرات اهمش را ملاحظه کرد . نوع پیشرفتی آن به نام هال مشهور است . که در ضبط صوت های قدیمی سیلور دیده ایم .

۱۰- قیمت برخی از مقاومت ها:



مقاومت های کربنی:

مدل	نام محصول +	قیمت
R_۹۸	رنج کامل مقاومت های ۱/۸ وات / رنج / بسته های ۱۰ تایی	۲,۷۰۰ تومان
R_۰۲۶	مقاومت ۱ اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۸۹	مقاومت ۱ مگا اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۵۹	مقاومت ۱ کیلو اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۲۷	مقاومت ۱.۲ اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۹۰	مقاومت ۱.۲ مگا اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۶۰	مقاومت ۱.۲ کیلو اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۲۸	مقاومت ۱.۵ اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۹۱	مقاومت ۱.۵ مگا اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان
R_۰۲۹	مقاومت ۱.۸ اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	۳۰ تومان

۳۰ تومان	مقاومت ۱.۸ کیلو اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	R_۶۱
۳۰ تومان	مقاومت ۱۰ اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	R_۳۶
۳۰ تومان	مقاومت ۱۰ کیلو اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	R_۶۸
۳۰ تومان	مقاومت ۱۰۰ اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	R_۴۷
۳۰ تومان	مقاومت ۱۰۰ کیلو اهم / ۱/۸ وات / بسته ۱۰ تایی	R_۷۷



مقاومت های آجری:

۹۵ تومان	مقاومت ۰.۱ اهم / ۵ وات	RS_۰۱
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۱۵ اهم / ۵ وات	RS_۰۲
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۱۸ اهم / ۵ وات	RS_۰۳
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۲۷ اهم / ۵ وات	RS_۰۴
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۳۹ اهم / ۵ وات	RS_۰۵
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۵ اهم / ۵ وات	RS_۰۶
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۵۶ اهم / ۵ وات	RS_۰۷
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۶۸ اهم / ۵ وات	RS_۰۸
۹۵ تومان	مقاومت ۰.۸۲ اهم / ۵ وات	RS_۰۹
۹۵ تومان	مقاومت ۱ اهم / ۵ وات	RS_۱۰
۹۵ تومان	مقاومت ۱ کیلو اهم / ۵ وات	RS_۴۲
۹۵ تومان	مقاومت ۱.۲ اهم / ۵ وات	RS_۱۱

۹۵ تومان	مقاومت ۱.۲ کیلو اهم / ۵ وات	RS_۴۲
۹۵ تومان	مقاومت ۱.۵ اهم / ۵ وات	RS_۱۲
۹۵ تومان	مقاومت ۱.۵ کیلو اهم / ۵ وات	RS_۴۴



پتانسیومتر ایستاده:

۶۵ تومان	پتانسیومتر ۱ کیلو اهم / ایستاده	P_۰۰۰۷۸۱
۶۵ تومان	پتانسیومتر ۱۰۰ کیلو اهم / ایستاده	P_۰۰۰۷۸۲
۶۵ تومان	پتانسیومتر ۵ کیلو اهم / ایستاده	P_۰۰۰۷۸۳
۶۵ تومان	پتانسیومتر ۵۰ کیلو اهم / ایستاده	P_۰۰۰۷۸۰



پتانسیومتر خوابیده:

۴۰ تومان	پتانسیومتر ۱ کیلو اهم / خوابیده	P_۰۰۰۲۸۰
۴۰ تومان	پتانسیومتر ۱۰ کیلو اهم / خوابیده	P_۰۰۰۴۵۴
۴۰ تومان	پتانسیومتر ۱۰۰ کیلو اهم / خوابیده	P_۰۰۰۲۸۳
۴۰ تومان	پتانسیومتر ۲.۲ کیلو اهم / خوابیده	P_۰۰۰۲۸۱

٤٠ تومان

پتانسیومتر ٥ کیلو اهم / خوابیده

P_٠٠٠٢٨٢

٤٠ تومان

پتانسیومتر ٥٠٠ اهم / خوابیده

P_٠٠٠٢٧٩



ولوم:

١٢٠ تومان

ولوم ١ کیلو اهم

_٠٠٠٥٦٩

١٢٠ تومان

ولوم ١٠ کیلو اهم

P_٠٠٠٥٧١

١٢٠ تومان

ولوم ١٠٠ کیلو اهم

P_٠٠٠٥٧٣

١٢٠ تومان

ولوم ٥ کیلو اهم

P_٠٠٠٥٧٠

١٢٠ تومان

ولوم ٥٠ کیلو اهم

P_٠٠٠٥٧٢

١٧٥ تومان

ولوم ٥٠ کیلو اهم / دوبل / ایستاده

P_٠٠٠٥٧٤

١٢٥ تومان

ولوم ٥٠٠ اهم

P_٠٠٠٥٦٨

٣٥٠ تومان

کلید ولوم ٥٠٠ کیلو اهم / بزرگ

P_٠٠١٥٦٥



:NTC/PTC

٢٠٠ تومان

مقاومت حرارتی منفی) / ١ کیلو اهم (NTC

P_٠٠١٤٣٧

۲۰۰ تومان	مقاومت حرارتی منفی) / ۱۰ کیلو اهم (NTC	P_۰۰۱۴۲۹
۲۰۰ تومان	مقاومت حرارتی منفی) / ۱۰۰ اهم	P_۰۰۱۴۲۶
۲۰۰ تومان	مقاومت حرارتی منفی) / ۲ کیلو اهم (NTC	P_۰۰۱۴۲۸
۲۰۰ تومان	مقاومت حرارتی منفی) / ۲۰ کیلو اهم (NTC	P_۰۰۰۸۲۹
۲۰۰ تومان	مقاومت حرارتی منفی) / ۴۷۰ کیلو اهم (NTC	P_۰۰۰۸۳۰
۲۰۰ تومان	مقاومت حرارتی منفی) / ۵۰۰ اهم (NTC	P_۰۰۱۴۲۰

۱۱- منابع:

فیزیک پایه جلد سوم الکتریسیته، مغناطیس و الکترومغناطیس . نویسنده : فرانک ج. بلت مترجم : محمد خرمی

Data Sheet Book ۲ - by: J.P.M. Steeman, ۱۹۸۸, Elektuur B.V., Beek L., Netherlands

Practical Electronics for Inventors - by : Paul Scherz, ۲۰۰۰, Mc. Graw Hill

Gale Encyclopedia of Science. Gale, ۲۰۰۴. ISBN ۰-۷۸۷۶-۷۵۰۴-۷

Tinkham, Michael (۲۰۰۴). *Introduction to Superconductivity (second edition)*. Dover Books on Physics. ISBN ۰-۴۸۶-۴۳۰۳-۲

<http://www.daneshema.com>

<http://www.roshd.ir>

<http://www.cloob.com>

<http://www.iran-eng.com>

<http://fa.wikipedia.org>

http://www.dsaprojects.۱۱۰mb.com/electronics/data_book/resistors.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_resistance

<http://www.aftab.ir/lifestyle/view.php?id=۹۱۲۳>

<http://daneshnameh.roshd.ir/mavara/mavara-index.php>

<http://s-ta-p.persianblog.com/>

<http://elearning.roshd.ir/samirayan/ketab۲r/html/k۲-f۲-۰۴۰.htm>

<http://www.araku.ac.ir/~dep-physics/Physics۲/chapter۱.htm>