

## انواع مقاومت ها

مدل های مختلفی از مقاومت وجود دارند تا سازندگان وسایل الکترونیکی بتوانند از بین کوچکترین آنها تا بزرگترینشان یکی را انتخاب کنند. وظیفه ی اصلی **مقاومت** در مدارات الکترونیکی یا الکتریکی، "مقاومت کردن" در برابر عبور الکترون (شارش جریان) یا تنظیم میزان عبور آن با استفاده از مواد رسانایی است که از آن تشکیل یافته است. مقاومت ها همچنین میتوانند به صورت های موازی و سری به همدیگر متصل شوند، و یک شبکه از مقاومت ها را تشکیل دهند تا نقش یک کاهنده ی ولتاژ، مقسم ولتاژ و یا محدود کننده جریان را بازی کنند.

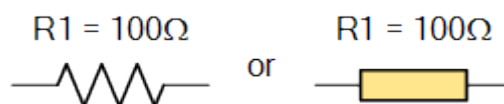
مقاومت ها را "دستگاه های غیر فعال" می نامند، زیرا نه منبع هستند و نه تقویت کننده و تنها عمل کاهش ولتاژ یا جریان را در عبور سیگنال از آنها انجام می دهند. این کاهش در انرژی الکتریکی، بصورت گرمای حاصله از **مقاومت** در برابر عبور الکترون، خود را نشان می دهد.

## مقاومت ها...

برای شارش جریان در مقاومت، نیاز به اختلاف پتانسیل در دو سر آن می باشد. اکثر انواع مقاومت ها، عملکرد خطی دارند که در اثر عبور جریان از آنها، با توجه به قانون اهم، افت ولتاژ ایجاد می کنند. این افت ولتاژ در انواع مدل های مقاومت با توجه به نوع آنها متفاوت است. کنترل میزان عبور جریان و ولتاژ در مدارات الکترونیکی بسیار حائز اهمیت است، زیرا میتوان از این طریق، مبدل های ولتاژ به جریان، و جریان به ولتاژ ایجاد کرد. مقاومت ها در هزاران نوع و اندازه وجود دارند و به شکل های گوناگون ساخته شده اند، زیرا هر کدام از آنها ویژگی ها و محل به کارگیری خاص خود را دارند. برای مثال در صورت نیاز به پایداری بالا، ولتاژ بالا، جریان بالا و ... از انواع متفاوت مقاومت استفاده می شود.

برخی از مشخصات مهم برای یک مقاومت عبارتند از: ضریب دما، ضریب ولتاژ، نویز، پاسخ فرکانسی و سایز و اندازه آن مقاومت. در تمام دیاگرام ها و شماتیک های الکترونیکی و الکتریکی، سمبل مرسوم برای نمایش **مقاومت**، علامت "زیگ-زاگ" میباشد که در کنار آن مقدار مقاومت با واحد اهم " $\Omega$ " بیان می شود. مقاومت ها، میزان مقاومت ثابتی را ارائه می کنند، که از انواع کمتر از یک اهمی تا چند مگا اهمی وجود دارند. مقاومت های ثابت، فقط میتوانند به میزان ثابت و مشخص مقاومت از خود نشان دهند، برای مثال ۱۰۰ اهم، اما مقاومت های متغیر (پتانسیومتر) می توانند از صفر تا ماکزیمم مقدار مقاومت متغیر، مقاومت از خود نشان دهند.

**نماد های استاندارد مقاومت:** نمادی که برای مقاومت در شماتیک ها و ترسیمات الکترونیکی مورد استفاده قرار میگیرد، می تواند یک المان "زیگ-زاگ" یا یک جعبه ی مستطیل شکل باشد.



مقاومت های ثابت را می توان به چهار گروه اصلی تقسیم کرد؛

- مقاومت کربنی؛ تشکیل یافته از غبار کربن یا خمیر گرافیت (برای توان پایین)
- مقاومت ورقه ای، Film or Cermet؛ تشکیل یافته از خمیر اکسید شده ی فلزات رسانا (برای توان بسیار پایین)

نکته! ترکیب حاصل از سرامیک و فلزات را *cermet* گویند.

- مقاومت سیم پیچی؛ بدنه های فلزی جهت نصب هیت سینک (برای توان بسیار بالا)
- مقاومت نیمه هادی؛ مقاومت های smd با فرکانس و دقت بالا

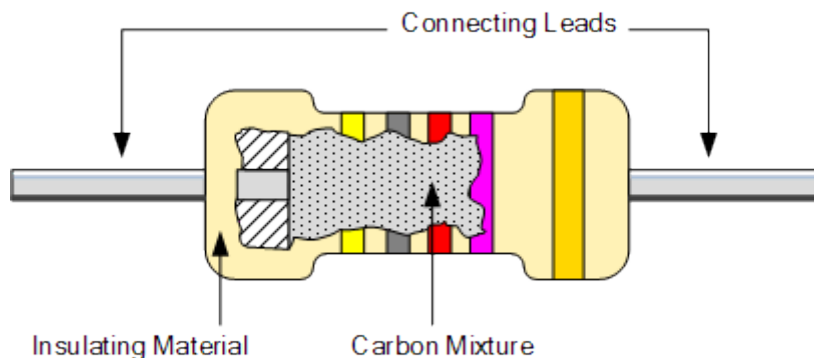
مقاومت های ثابت و متغیر در انواع بسیار گوناگونی برای استفاده های مختلف موجود هستند.

### مقاومت های کربنی؛

مقاومت های کربنی رایج ترین نوع ترکیب برای مقاومت ها به شمار می آیند. این نوع ترکیب در عین ارزان بودن، همه منظوره نیز هست که در مدارات الکترونیکی و الکتریکی استفاده می شود. عنصر مقاومتی آنها از مخلوط غبار کربن یا گرافیت (همانند عنصر نوک مداد) و پودر سرامیک غیر رسانا (خاک رس) تشکیل شده است که با هم ترکیب شده اند. مقدار نسبت کربن به سرامیک (هادی به عایق) میزان خاصیت مقاومتی این ترکیب را تعیین می کند، و با افزایش میزان کربن، از میزان **مقاومت** کاسته خواهد شد. این ترکیب در یک محفظه ی استوانه ای شکل قرار میگیرد و قبل از پوشانده شدن به وسیله عایق و کد گذاری رنگی روی آن از دو طرف به آن سیم های فلزی یا سربی متصل می گردد تا اتصال بصورت نشان داده شده برقرار شود؛



ویژگی مقاومت های کربنی؛

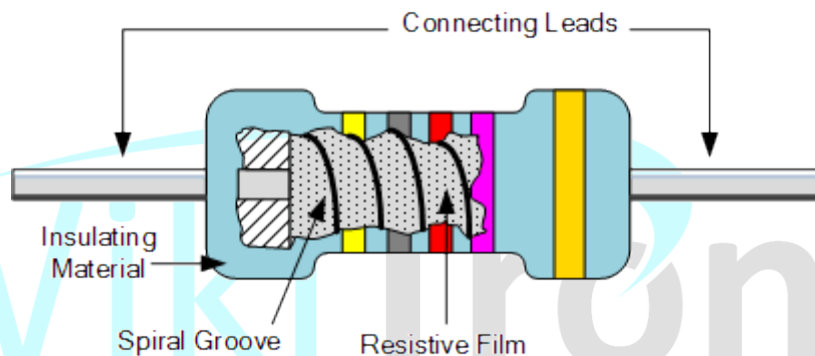


مقاومت کربنی یک مقاومت کم توان الی توان متوسط می باشد که اندوکتانس کمی دارد، لذا محبوبیت بالایی در برنامه های فرکانس بالا دارد اما از لحاظ نویز و میزان پایداری در حرارت بالا ضربه پذیر است. مقاومت های کربنی اغلب با پیشوند "CR" نشانه گذاری می شوند و در پکیج های E6 با ۲۰ درصد تolerانس دقتی، E12 با ۱۰ درصد تolerانس دقتی و E24 با ۵ درصد تolerانس دقتی وجود دارند که از لحاظ قدرتی در بازه ۰/۱۲۵ یا ۱/۴ وات تا ۵ وات موجود می باشند. هزینه ی ساخت مقاومت های کربنی پایین است از این رو استفاده از آنها در مدارات الکترونیکی و الکتریکی بسیار رایج است، با این حال تolerانس مقاومت های کربنی در پروسه تولید بسیار زیاد است و برای موارد استفاده با دقت بالا، **مقاومت** های ورقه ای (film) مورد استفاده قرار میگیرد.

## مقاومت های ورقه ای (film) ؛

یک مقاومت ورقه‌ای، از ورقه های فلز، کربن و اکسید فلز تشکیل یافته است، که با قرار گیری فلزات خالصی همچون نیکل یا ورقه اکسید مانند اکسید قلع درون یک عایق میله ای یا ورقه ای سرامیکی ساخته می شود. میزان خاصیت مقاومتی این نوع مقاومت با افزایش و کاهش ضخامت این ترکیب از لایه ها قابل کنترل میباشد که نام گذاری "مقاومت های ضخامتی" را برای آنها در پی داشته است. در فرآیند ساخت اولیه، یک لیزر با دقت بسیار بالا شیار مارپیچی را طبق الگو برش می دهد، این برش روی افزایش خاصیت رسانایی یا مقاومتی ناحیه مقاومت کننده‌ی عنصر مقاومت موثر است. این فرآیند بدین صورت است که با توجه به الگویی که لیزر دریافت میکند، شیارها نزدیک به هم یا با فاصله از هم برش می خورند و این امر طول عنصر مقاومت را افزایش یا کاهش می دهد، همانند سیم پیچ دور یک هسته. این روش، قابلیت ساخت مقاومت های با تolerانس کمتر از ۱ درصد را فراهم می سازد که در مقایسه با [مقاومت های کربنی](#) بسیار خوب است.

tolerانس در مقاومت به معنای تفاوت بین مقدار اسمی پروسه تولید و مقدار عملی تولید شده مقاومت می باشد و بصورت درصد بیان می شود. با استفاده از این روش می توان مقاومت های ورقه ای مقادیر بسیار بزرگ، مانند ۱۰ میلیون اهم را نیز تولید کرد.



## ویژگی های مقاومت های ورقه ای؛

مقاومت های ورقه ای پایداری حرارتی بسیار بهتری نسبت به مقاومت های کربنی دارند، نویز کم و در کل مناسب برای فرکانس های کاری بالا یا برنامه های ارتباط رادیویی فرکانس بالا. [مقاومت](#) های اکسید فلز دارای قابلیت جریان ضربه ای بهتر، با رتبه بندی حرارتی بالاتر از مقاومت های ورقه ای فلزی هستند.

نوع دیگری از مقاومت های ورقه ای که رایج هستند، مقاومت های ضخامتی (Thick Film Resistor) هستند که با فشردن ضخیم خمیر رسانای سرامیک و فلز (سرمت (Cermet) در یک لایه ی آلومینوید-سرامیک ایجاد می شوند. مقاومت های "سرمتی" مشخصات مشابهی با مقاومت های ورقه ای فلزی دارند و اکثراً برای ساخت مدارات SMD کوچک به کار برده می شوند. این مقاومت ها پایداری حرارتی خوبی دارند، نویز کم و رده بندی ولتاژ خوب از ویژگی آنهاست ولی جریان ضربه ای کمی دارند. مقاومت های ورقه ای فلزی با پیشوند "MFR" شناخته می شوند و در پکیج های E24 با تolerانس ۲ درصد و ۵ درصد، پکیج E96 با تolerانس ۱ درصد و پکیج E192 با تolerانس ۰/۵ درصد، ۰/۲۵ درصد و ۰/۱ درصد وجود دارند که از لحاظ قدرتی در بازه های ۰/۰۵ وات تا ۱/۲ وات موجود می باشند.

به طور کلی مقاومت های ورقه ای برای استفاده در اجزای قدرت پایین استفاده می شود.

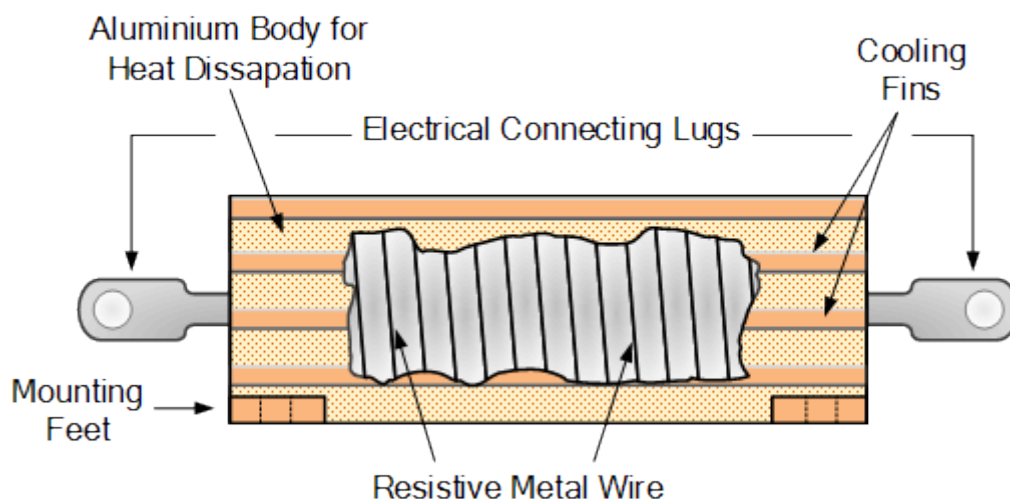
## مقاومت های سیم پیچی؛

نوع دیگری از مقاومت ها وجود دارند که به مقاومت های سیم پیچی معروف هستند. این مقاومت ها از سیم پیچی یک سیم نازک از آلیاژ های فلز مانند نیکروم (ترکیب نیکل و کروم) یا سیمی همانند آن روی یک عایق سرامیکی مانند نوع گفته شده در مقاومت ورقه ای فلزی ساخته می شود. این نوع مقاومت ها عموماً برای دقت بالا و اهم بسیار پایین مورد استفاده قرار می گیرند و به دلیل اندازه ی سیم و تعداد گردش های روی شکل دهنده، گزینه ی خوبی برای استفاده در سیستم های اندازه گیری و برنامه های پل وتستون هستند. آنها همچنین قادر هستند جریان الکتریکی بیشتری را در مقایسه با دیگر مقاومت های با اهم یکسان و رده قدرتی ۳۰۰ وات از خود عبور دهند. این مقاومت های قدرت بالا در یک بدنه ی آلومینیومی با باله های (شیار) موجود در آن جاسازی شده اند تا بیشترین میزان حرارت را دفع کرده و خنک شود. این نوع بخصوص از **مقاومت** ها، مقاومتی های "سوار شده روی شاسی" نام گرفته اند زیرا که به نوعی طراحی شده اند تا به یک هیت سینک متصل باشند و بیشترین میزان دفع حرارت را داشته باشند. این هیت سینک، باعث افزایش میزان شارش جریان در آنها می شود.

نوع دیگری از مقاومت های سیم پیچی، مقاومت های سیم پیچی قدرتی هستند. این مقاومت ها دما بالا، قدرت بالا و غیر هادی هستند و غالباً با ماده ای شیشه مانند پوشیده می شوند و در بانک مقاومتی یا در برنامه های موتور های DC سروو برای کنترل و پویایی کاربرد دارند. سیم غیر هادی مقاومت، دور یک محفظه ی سرامیکی یا چینی سیم پیچی می شود و توسط میکا پوشش داده می شود تا از جابجا شدن سیم ها وقتی که داغ هستند، بر اثر حرکت جلوگیری کند. مقاومت های سیم پیچی، در انوام مقادیر مقاومت و رده بندی انرژی (قدرت) موجود می باشند، که اصلی ترین مورد استفاده از قدرت این نوع مقاومت ها، گرمایش الکتریکی است که جریان الکتریکی عبوری از مقاومت را به انرژی گرمایی تبدیل می کند. اتلاف انرژی این مقاومت (تبدیل به گرما) می تواند تا ۱۰۰۰ وات انجام پذیرد. در یک مقاومت سیم پیچی استاندارد، به دلیل اینکه سیم به دور یک هسته که داخل بدنه جاسازی شده است پیچیده می شود، این امر باعث میشود تا مقاومت همانند سلف عمل کند و خاصیت اندوکتانس را نیز به خوبی مقاومت داشته باشد. این مورد، در مدارات AC بصورت تولید یک تغییر فاز در فرکانس های بالا عمل می کند، مخصوصاً در مقاومت های بزرگ.

طول قسمت مقاومت کننده ی مقاومت و سیم های سربی، میزان اندوکتانس را تعیین می کنند.

### ویژگی مقاومت های سیم پیچی؛



مقاومت های ورقه ای فلزی با پیشوند "WH" یا "W" شناخته می شوند. مدل های WH در پکیج های پوسته آلومینیومی با تلرانس های ۱، ۲، ۵ و ۱۰ درصدی و مدل های W در پکیج های شیشه ای با تلرانس های ۱، ۲ و ۵ درصدی موجود هستند که از لحاظ قدرتی در بازه های ۱ تا ۳۰۰ وات وجود دارند.

**جمع بندی کل؛**

در کل، مقاومت ها در انواع گوناگون وجود دارند، مدل های با قیمت ارزان و تلرانس بالا که مقاومت های کربنی نام دارند، مدل های با قیمت بالا و تلرانس پایین که مقاومت های ورقه ای یا سرمتی نام دارند و همتراز با آنها، **مقاومت** های قدرت بالای سیم پیچی سرامیکی هستند. یک مقاومت، امپدانس را کنترل می کند و یا اینکه مقدار عبور جریان را تعیین می کند و یا می تواند عمل ولتاژ را در قسمتی از مدار انجام دهد. بخش مقاومت کننده ی یک مقاومت می تواند عبور جریان را محدود کند، و این امر با واحد اهم اندازه گیری می شود که این بازه از مقادیر زیر یک اهم تا چند میلیون اهم می تواند باشد. مقاومت های می توانند در دو نوع ثابت (مانند ۱۰۰ اهم، ۱ اهم و ...) یا متغیر (مانند ۰ الی ۱۰۰ اهم) وجود داشته باشند. یک مقاومت همیشه مقدار ثابت خود را دارد، و به فرکانس منبع وابستگی ندارد. تمام مقاومت ها یک ویژگی مشترک دارند و آن این است که مقادیر مقاومتی آنها در واحد اهم همیشه مثبت است و هیچگاه منفی نمی شوند. موارد استفاده از مقاومت های در الکترونیک و الکترونیک بسیار گسترده است، به طوری که هر مدار الکترونیکی که طراحی می شود، قطعا یک یا چند نوع از این مقاومت ها را در خود دارد.

**مقاومت** ها اغلب با اهداف محدود سازی جریان، کنترل ولتاژ ابزار نیمه هادی مانند ترانزیستور های دو قطبی، محافظت از چراغ های LED یا دیگر نیمه هادی ها از آسیب رسیدن به آنها در جریان بالا یا تنظیم یا محدود سازی فرکانس در مدارات فیلتر صوتی مورد استفاده قرار می گیرد. در مدارات دیجیتال، انواع مختلفی از مقاومت می تواند مورد استفاده قرار گیرد، برای مثال برای پول-آپ (pull-up) یا پول-داون (pull-down) کردن ولتاژ در بین ورودی یک چیپ دیجیتال یا کنترل ولتاژ در قسمتی از مدار با قرار دادن دو مقاومت سری در مدار برای ایجاد شبکه مقسم ولتاژ. و موارد استفاده گوناگون بی شمار...

این مقاله بصورت اختصاصی توسط سینا آسمانی، برای سایت ویکی ترونیک ([Wikitrionic](http://Wikitrionic)) ترجمه شده است لذا در صورت تمایل به نسخه برداری از آن، منبع مقاله را ذکر فرمایید.

There are many different **Types of Resistor** available for the electronics constructor to choose from, from very small surface mount chip resistors up to large wirewound power resistors.

The principal job of a resistor within an electrical or electronic circuit is to “resist” (hence the name **Resistor**), regulate or to set the flow of electrons (current) through them by using the type of conductive material from which they are composed. Resistors can also be connected together in various series and parallel combinations to form resistor networks which can act as voltage droppers, voltage dividers or current limiters within a circuit.



A Typical Resistor

Resistors are what are called “Passive Devices”, that is they contain no source of power or amplification but only attenuate or reduce the voltage or current signal passing through them. This attenuation results in electrical energy being lost in the form of heat as the resistor resists the flow of electrons through it.

Related Products: Resistor

Then a potential difference is required between the two terminals of a resistor for current to flow. This potential difference balances out the energy lost. When used in DC circuits the potential difference, also known as a resistor's voltage drop, is measured across the terminals as the circuit current flows through the resistor.

Most types of resistor are linear devices that produce a voltage drop across themselves when an electrical current flows through them because they obey Ohm's Law, and different values of resistance produces different values of current or voltage. This can be very useful in Electronic circuits by controlling or reducing either the current flow or voltage produced across them we can produce a voltage-to-current and current-to-voltage converter.

There are many thousands of different **Types of Resistor** and are produced in a variety of forms because their particular characteristics and accuracy suit certain areas of application, such as High Stability, High Voltage, High Current etc, or are used as general purpose resistors where their characteristics are less of a problem.

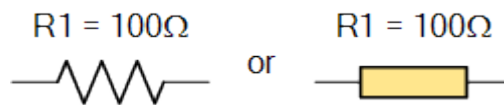
Some of the common characteristics associated with the humble resistor are; **Temperature Coefficient, Voltage Coefficient, Noise, Frequency Response, Power** as well as a resistor's **Temperature Rating, Physical Size and Reliability**.

In all Electrical and Electronic circuit diagrams and schematics, the most commonly used symbol for a fixed value resistor is that of a “zig-zag” type line with the value of its resistance given in Ohms,  $\Omega$ . Resistors have fixed resistance values from less than one ohm, ( $<1\Omega$ ) to well over tens of millions of ohms, ( $>10M\Omega$ ) in value.

Related Products: Resistor Fixed Single-Other Mounting

Fixed resistors have only one single value of resistance, for example  $100\Omega$ 's but variable resistors (potentiometers) can provide an infinite number of resistance values between zero and their maximum value.

### Standard Resistor Symbols



The symbol used in schematic and electrical drawings for a Resistor can either be a “zig-zag” type line or a rectangular box.

All modern fixed value resistors can be classified into four broad groups;

- Carbon Composition Resistor – Made of carbon dust or graphite paste, low wattage values
- Film or Cermet Resistor – Made from conductive metal oxide paste, very low wattage values
- Wire-wound Resistor – Metallic bodies for heatsink mounting, very high wattage ratings
- Semiconductor Resistor – High frequency/precision surface mount thin film technology

There are a large variety of fixed and variable resistor types with different construction styles available for each group, with each one having its own particular characteristics, advantages and disadvantages compared to the others. To include all types would make this section very large so I shall limit it to the most commonly used, and readily available general purpose types of resistors.

### Composition Types of Resistor

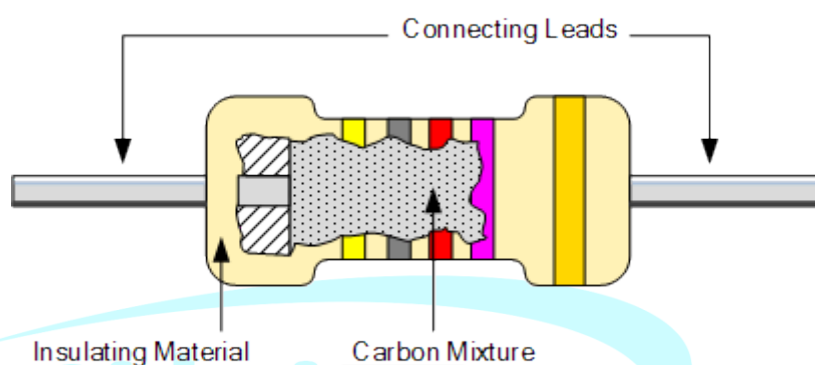
**Carbon Resistors** are the most common type of **Composition Resistors**. Carbon resistors are a cheap general purpose resistor used in electrical and electronic circuits. Their resistive element is manufactured from a mixture of finely ground carbon dust or graphite (similar to pencil lead) and a non-conducting ceramic (clay) powder to bind it all together.



Carbon Resistor

The ratio of carbon dust to ceramic (conductor to insulator) determines the overall resistive value of the mixture and the higher the ratio of carbon, the lower the overall resistance. The mixture is moulded into a cylindrical shape with metal wires or leads are attached to each end to provide the electrical connection as shown, before being coated with an outer insulating material and colour coded markings to denote its resistive value.

### Carbon Resistor



The **Carbon Composite Resistor** is a low to medium type power resistor which has a low inductance making them ideal for high frequency applications but they can also suffer from noise and stability when hot. Carbon composite resistors are generally prefixed with a "CR" notation (eg, CR10k $\Omega$ ) and are available in E6 ( $\pm 20\%$  tolerance (accuracy)), E12 ( $\pm 10\%$  tolerance) and E24 ( $\pm 5\%$  tolerance) packages with power ratings from 0.125 or 1/4 of a Watt up to 5 Watts.

Related Products: Resistor Fixed Single-Through Hole

Carbon composite resistor types are very cheap to make and are therefore commonly used in electrical circuits. However, due to their manufacturing process carbon type resistors have very large tolerances so for more precision and high value resistances, **film type resistors** are used instead.

### Film Type Resistors

The generic term "**Film Resistor**" consist of *Metal Film*, *Carbon Film* and *Metal Oxide Film* resistor types, which are generally made by depositing pure metals, such as nickel, or an oxide film, such as tin-oxide, onto an insulating ceramic rod or substrate.





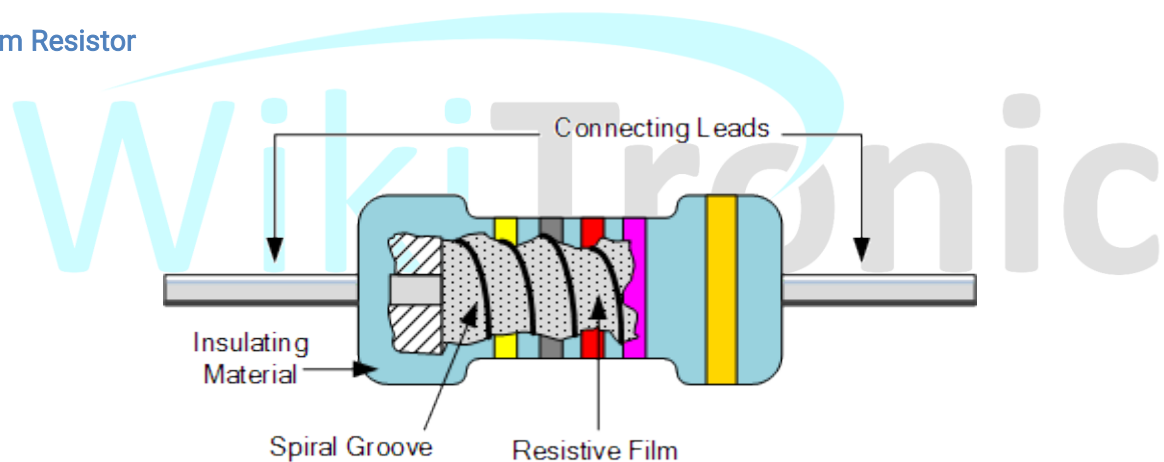
Film Resistor

The resistive value of the resistor is controlled by increasing the desired thickness of the deposited film giving them the names of either “thick-film resistors” or “thin-film resistors”.

Once deposited, a laser is used to cut a high precision spiral helix groove type pattern into this film. The cutting of the film has the effect of increasing the conductive or resistive path, a bit like taking a long length of straight wire and forming it into a coil.

This method of manufacture allows for much closer tolerance resistors (1% or less) as compared to the simpler carbon composition types. The tolerance of a resistor is the difference between the preferred value (i.e, 100 ohms) and its actual manufactured value i.e, 103.6 ohms, and is expressed as a percentage, for example 5%, 10% etc, and in our example the actual tolerance is 3.6%. Film type resistors also achieve a much higher maximum ohmic value compared to other types and values in excess of 10M $\Omega$  (10 Million  $\Omega$ 's) are available.

#### Film Resistor



**Metal Film Resistors** have much better temperature stability than their carbon equivalents, lower noise and are generally better for high frequency or radio frequency applications. **Metal Oxide Resistors** have better high surge current capability with a much higher temperature rating than the equivalent metal film resistors.

Another type of film resistor commonly known as a **Thick Film Resistor** is manufactured by depositing a much thicker conductive paste of **CER**amic and **MET**al, called **Cermet**, onto an alumina ceramic substrate. Cermet resistors have similar properties to metal film resistors and are generally used for making small surface mount chip type resistors, multi-resistor networks in one package for pcb's and high frequency resistors. They have good temperature stability, low noise, and good voltage ratings but low surge current properties.

**Metal Film Resistors** are prefixed with a "MFR" notation (eg, MFR100k $\Omega$ ) and a CF for Carbon Film types. Metal film resistors are available in E24 ( $\pm 5\%$  &  $\pm 2\%$  tolerances), E96 ( $\pm 1\%$  tolerance) and E192 ( $\pm 0.5\%$ ,  $\pm 0.25\%$  &  $\pm 0.1\%$  tolerances) packages with power ratings of 0.05 (1/20th) of a Watt up to 1/2 Watt. Generally speaking Film resistors are precision low power components.

### Wirewound Types of Resistor

Another type of resistor, called a **Wirewound Resistor**, is made by winding a thin metal alloy wire (Nichrome) or similar wire onto an insulating ceramic former in the form of a spiral helix similar to the film resistor above.



Wirewound Resistor

These types of resistor are generally only available in very low ohmic high precision values (from 0.01 to 100k $\Omega$ ) due to the gauge of the wire and number of turns possible on the former making them ideal for use in measuring circuits and Whetstone bridge type applications.

They are also able to handle much higher electrical currents than other resistors of the same ohmic value with power ratings in excess of 300 Watts. These high power resistors are moulded or pressed into an aluminium heat sink body with fins attached to increase their overall surface area to promote heat loss and cooling.

These special types of resistor are called "Chassis Mounted Resistors" because they are designed to be physically mounted onto heatsinks or metal plates to further dissipate the generated heat. The mounting of the resistor onto a heatsink increases their current carrying capabilities even further.

Another type of wirewound resistor is the **Power Wirewound Resistor**. These are high temperature, high power non-inductive resistor types generally coated with a vitreous or glass epoxy enamel for use in resistance banks or DC motor/servo control and dynamic braking applications. They can even be used as low wattage space or cabinet heaters.

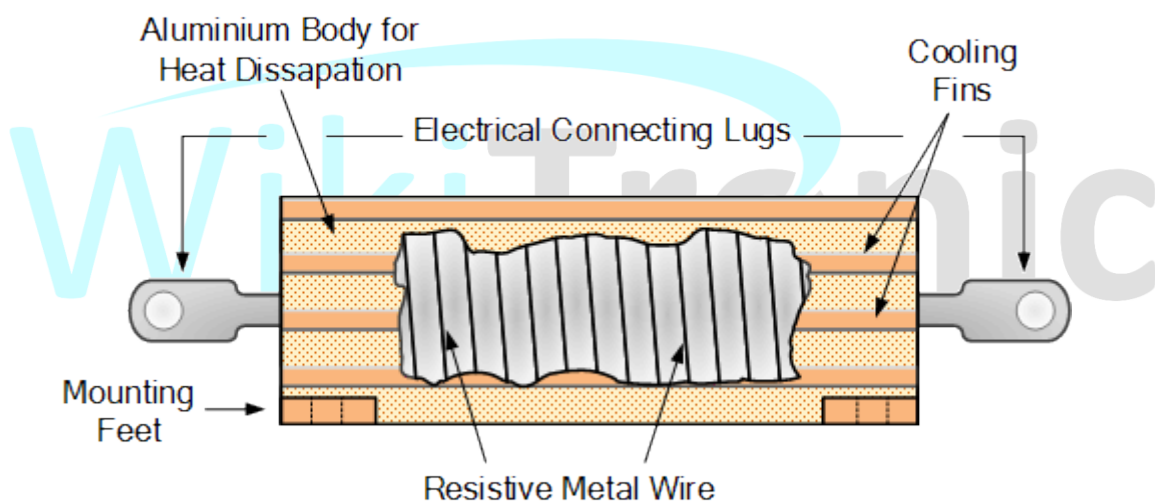
The non-inductive resistance wire is wound around a ceramic or porcelain tube covered with mica to prevent the alloy wires from moving when hot. Wirewound resistors are available in a variety of resistance and power ratings with one main use of power wirewound resistor is in the electrical heating elements of an electric fire which converts the electrical current flowing through it into heat with each element dissipating up to 1000 Watts, (1kW) of energy.

Because the wire of standard wire wound resistors is wound into a coil inside the resistors body, it acts like an inductor causing them to have inductance as well as resistance. This affects the way the resistor behaves in AC circuits by producing a phase shift at high frequencies especially in the larger size resistors. The length of the actual resistance path in the resistor and the leads contributes inductance in series with the "apparent" DC resistance resulting in an overall impedance path of  $Z$  Ohms.

Impedance ( $Z$ ) is the combined effect of resistance ( $R$ ) and inductance ( $X$ ), measured in ohms and for a series AC circuit is given as,  $Z^2 = R^2 + X^2$ .

When used in AC circuits this inductance value changes with frequency (inductive reactance,  $X_L = 2\pi fL$ ) and therefore, the overall value of the resistor changes. Inductive reactance increases with frequency but is zero at DC (zero frequency). Then, wirewound resistors must not be designed or used in AC or amplifier type circuits where the frequency across the resistor changes. However, special non-inductive wirewound resistors are also available.

### Wirewound Resistor



Wirewound resistor types are prefixed with a "WH" or "W" notation (eg WH10 $\Omega$ ) and are available in the WH aluminium clad package ( $\pm 1\%$ ,  $\pm 2\%$ ,  $\pm 5\%$  &  $\pm 10\%$  tolerance) or the W vitreous enamelled package ( $\pm 1\%$ ,  $\pm 2\%$  &  $\pm 5\%$  tolerance) with power ratings from 1W to 300W or more.

### Resistor Types Summary

Then to summarise, there are many different types of resistor available from low cost, large tolerance, general purpose carbon type resistors through to low tolerance, high cost, precision film resistors as well as high power, wirewound ceramic resistors. A resistor regulates, impedes or sets the flow of current through a particular path or it can impose a voltage reduction in an electrical circuit.

The resistive value of a resistor, its ability to limit current flow is measured in Ohm's (  $\Omega$  ) ranging from less than one Ohm each to many millions of Ohm's, (Mega-Ohm's). Resistors can be of a fixed value, for example: 100 Ohms, ( $100\Omega$ ) or variable as in 0 to  $100\Omega$ 's.

A resistor will always have the same resistance value no matter what the frequency of the supply from DC to very high frequencies and all resistors have one thing in common, their resistive value in Ohm's in a circuit will ALWAYS be positive in nature and never negative.

The uses and applications of a resistor within an electrical or electronic circuit are vast and varied with virtually every electronic circuit ever designed using one or more types of resistor. Resistors are commonly used for purposes such as current limiting, providing appropriate control voltages to semiconductor devices, such as bipolar transistors, protecting LEDs or other semiconductor devices from over current damage, as well as adjusting or limiting the frequency response in an audio or filter circuit.

In digital circuits different types of resistors can be used for pulling up or pulling down the voltage at the input pin of a digital logic chip or by controlling a voltage at a point in a circuit by placing two resistors in series to create a voltage divider network, the list is endless!.

In the next tutorial about Resistors, we will look at the different ways of identifying the resistive value of the different types of fixed resistors with the most common method of identification being the use of Colour Codes and colour bands around the body of the resistor.