من ثمار الإنترنت :

كتاب

كل شئ عن المقاومة

إعداد /

م/ عبد المجيد أمين الجندي

مقدمة :

رغم بساطة هذا العنصر الإلكتروني وهو عنصر المقاومة الكهربية إلا أنها تحتل أهمية كبيرة بين العناصر الإلكترونية . وقلما تجد دائرة إلكترونية تخلو منها ، حتي وإن خلت الدائرة الإلكترونية ظاهرياً من عنصر المقاومة فإنها ستكون موجودة في صورة غير مرئية في العناصر الأخري مثل المقاومة الداخلية للموصلات الكهربية والملفات وأشباه الموصلات والمكثفات وغيرها من العناصر الإلكترونية الأخري .

من ذلك نستنتج أن المقاومة الكهربية هي إحدي الخصائص الكهربية التي تُميز كل مادة عن الأخري لنفس الأبعاد . ويلزمنا لتقدير قيمة المقاومة لجزء من مادة ما معرفة قيمة المقاومة النوعية لها .

المقاومة النوعية للمادة وحساب المقاومة الكهربية

حساب قيمة المقاومة

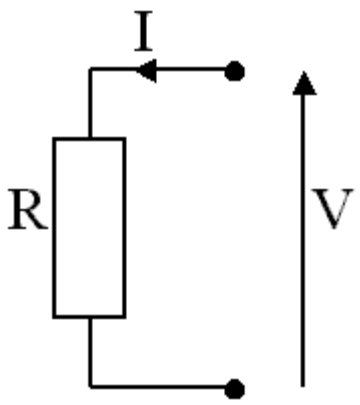
يتم حساب قيمة المقاومة لموصل من مادة ذات مقاومة نوعية ρ ومساحة مقطع A وطول L من العلاقة التالية :

$$R = \rho L/A$$

من هذه العلاقة نجد أن المقاومة تتناسب طردياً مع الطول وعكسياً مع مساحة المقطع العمودية علي اتجاه سريان التيار الكهربي .

وللتعرف علي تأثير المقاومة علي الدائرة الإلكترونية سنقوم بالتعرف علي قانون أوم الذي يبن تأثيرها علي كلا من الجهد والتيار .

قانون أوم



قانون أوم يصف العلاقة بين كلا من الجهد (V) الذي يُعبر عن قوة تدفق الشحنات الكهربائية بين المقاومة (R) التي تقاوم هذا التدفق .. وبين النتيجة الحقيقية لهذا التدفق وهي التيار(I) .

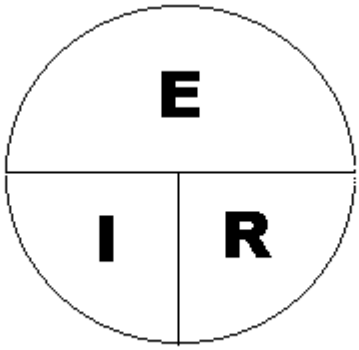
العلاقة سهلة وبسيطة جدا .. كلما زاد الجهد أو قلت المقاومة كلما زاد التيار المتدفق .. و زيادة المقاومة تحد من مرور التيار كما هو واضح في قانون أوم .

الجهد = التيار × المقاومة

التيار = الجهد / المقاومة

$$V = IR \quad \text{or} \quad I = \frac{V}{R}$$

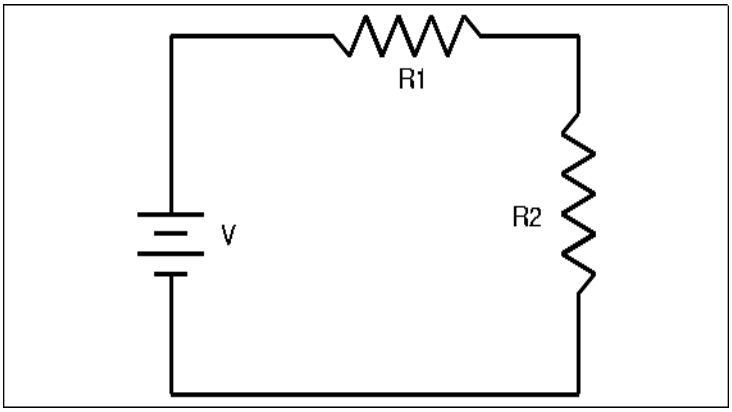
وللتبسيط يمكنك أتباع هذه الطريقة:



طرق توصيل المقاومة في الدوائر الإلكترونية

أحيانا تضطر إلى توصيل أكثر من مقاومة للحصول على قيمة مقاومة غير متوفرة لديك .. أو أنك تسعى إلى الحد أكثر من قيمة تيار يسري في الدائرة .

توصيل المقاومة على التوالي



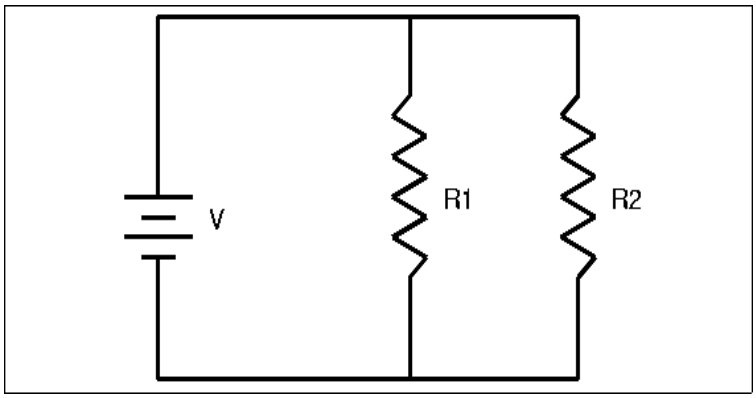
المقاومة الكلية = مجموع المقاومات الموصلة علي التوالي

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

- قيمة المقاومة تزيد بزيادة عدد المقاومات .
- يمر نفس التيار في كل المقاومات .
- ينقسم جهد التغذية علي كل مقاومة بنفس نسبة المقاومة إلي المجموع الكلي للمقاومات .

توصيل المقاومة علي التوازي

من السهل على التيار الكهربي المرور في أكثر من مسار عن مسار واحد فقط .. ولهذا تكون قيمة المقاومة الكلية في حالة التوصيل على التوازي أصغر من أصغر قيمة مقاومة في الدائرة .



$$\frac{1}{Rt} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}$$

المقاومة تقل بزيادة عدد المقاومات المتصلة علي التوازي .

قيمة الجهد ثابتة علي كل المقاومات .

ينقسم التيار بحيث يساوي تيار التغذية مجموع التيارات المارة في كل الفروع .

المقاومة الكهربية

وظيفة المقاومة الكهربية هي التقليل من التيار الكهربي . ويستخدم هذا الرمز ⊸∿∿⊸ لتمثيل المقاومة في مخططات الدائرة الكهربية . يتم التعبير عن قيمة المقاومة الكهربية بوحدة تسمي " أوم " . المقاومة ذات القيمة ١٠٠٠ أوم تكتب ١ كيلو أوم والمقاومة ذات القيمة ١٠٠٠ كيلو أوم تكتب ١ ميجا أوم .

The resistor's function is to reduce the flow of electric current. This symbol ⊸∿∿⊸ is used to indicate a resistor in a circuit diagram, known as a schematic. Resistance value is designated in units called the "Ohm." A 1000 Ohm resistor is typically shown as 1K-Ohm (kilo Ohm), and 1000 K-Ohms is written as 1M-Ohm (megohm).

يوجد نوعين من المقاومات : المقاومات الثابتة والمقاومات المتغيرة . كذلك يمكن تقسيمها وتصنيفها تبعاً للمادة التي صنعت منها المقاومة . عادة ما تصنع المقاومات العادية إما من طبقة كربون أو طبقة معدن . توجد أنواع أخري ولكن النوعين السابقين هما الأكثر شيوعاً . لاتعتمد فقط علي قيمة المقاومة عند اختيار مقامة لاستخدامها في دائرة ولكن نأخذ في الإعتبار أيضا قيمة التفاوت في قيمة المقاومة tolerance وكذلك القدرة الكهربية .

There are two classes of resistors; fixed resistors and the variable resistors. They are also classified according to the material from which they are made. The typical resistor is made of either carbon film or metal film. There are other types as well, but these are the most common. The resistance value of the resistor is not the only thing to consider when selecting a resistor for use in a circuit. The "tolerance" and the electric power ratings of the resistor are also important.

تعبر قيمة " التفاوت " عن مدي قرب القيمة الفعلية للمقاومة من القيمة المكتوبة عليها . علي سبيل المثال ، التفاوت بمقدار ±5% يبين أن قيمة المقاومة تقع في مدي ±5% من القيمة المكتوبة علي المقاومة . أي قد تقل أو تزيد بمقدار 5% .

The tolerance of a resistor denotes how close it is to the actual rated resistence value. For example, a ±5% tolerance would indicate a resistor that is within ±5% of the specified resistance value.

قيمة القدرة تبين كمية القدرة الكهربية التي تتحملها المقاومة بأمان . مثلما أنه لايمكنك استبدال مصباح صغير ٦ فولت بمصباح كبير تالف في منزلك فإنه أيضا لايمكنك استبدال مقاومة 1/2 وات بأخري أقل منها 1/8 وات . أي مدي تحملها للتيار والحرارة الناتجة عنه.

The power rating indicates how much power the resistor can safely tolerate. Just like you wouldn't use a 6 volt flashlight lamp to replace a burned out light in your house, you wouldn't use a 1/8 watt resistor when you should be using a 1/2 watt resistor.

يتم التعبير عن القدرة للمقاومة بالوات . ويتم حساب القدرة بضرب مربع قيمة التيار (I^2) في قيمة المقاومة (R) . إذا تم تخطي قيمة القدرة التي تتحملها المقاومة فسيؤدي

The maximum rated power of the resistor is specified in Watts. Power is calculated using the square of the current (I^2) x the resistance value (R) of the resistor. If the maximum rating of the resistor is exceeded,

وسعت كتاب الله لفظاً وغاية وما ضقت عن آي به وعن

طرق تحديد قيمة المقاومة

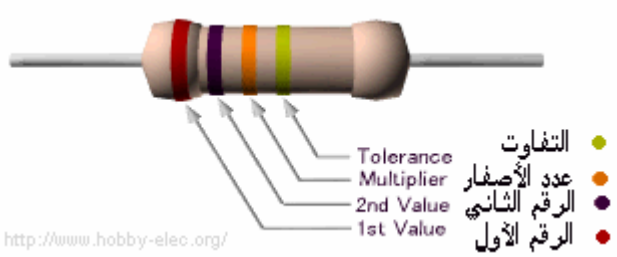
- قياس قيمة المقاومة بالأوميتر.
- قراءة كود الألوان الموجود علي جسم المقاومة .
- قراءة القيمة المباشرة المكتوبة عليها .

قراءة كود الألوان

يوجد نوعين من كود الألوان :

- كود يتكون من أربعة ألوان .
- كود يتكون من خمسة ألوان .

أولاً : كود الألوان الأربعة



و فيها يقابل كل لون رقم كما فى الجدول التالي

أسود	بنى	أحمر	برتقإلي	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض	ذهبى
٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	٠,١

و مثال لكيفية استخدام الألوان انظر فى الصورة السابقة من اليسار إلي اليمين تجد أن المقاومة يوجد بها عدد أربعة ألوان من اليسار إلي اليمين و هى كالأتى :

- اللون الأول= أول رقم من اليسار ولونه بني = ١
- اللون الثانى= ثانى رقم من اليسار ولونه أسود = ٠
- اللون الثالث = و هو عدد الأصفار التى توضع على يمين اللون الثانى ولونه برتقالي = ٣ و يعنى وضع ثلاث أصفار على يمين الرقم ٠

إذا قيمة المقاومة هى 10×10^3 وتساوي ١٠٠٠٠ أوم و تكتب ١٠ كيلو أوم.

- أما اللون الرابع = التفاوت أو قيمة الخطأ فى قيمة المقاومة و كل لون يقابلة نسبة خطأ كما فى الجدول التالي

بنى	أحمر	ذهبى	فضي	بدون لون
± ١%	± ٢%	± ٥%	± ١٠%	± ٢٠ %

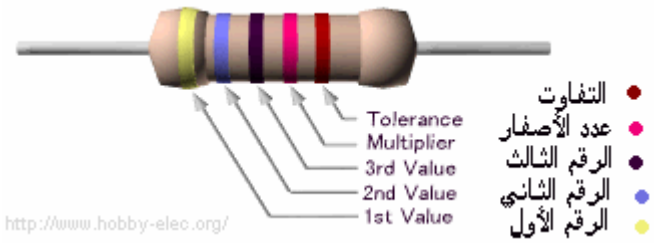
و فى المثال السابق

اللون الرابع ذهبي = ± ٥%

يعنى أن قيمة الخطأ فى قيمة المقاومة السابقة = ٥% X ١٠٠٠٠ = ٥٠٠ أوم.

يعنى أن قيمة المقاومة السابقة تتراوح بين ١٠,٥ كيلو أوم و ٩,٥ كيلو أوم .

ثانياً : كود الألوان الخمسة



مثال لقراءة المقاومة ذات الخمسة ألوان: يتم قراة الألوان من اليسار إلي اليمين كما فى الصورة السابقة :

- اللون الأول= أصفر = ٤
- اللون الثانى = بنفسجي = ٧
- اللون الثالث = أسود = ٠
- اللون الرابع = أحمر = ٢ و يمثل عدد الأصفار التى ستوضع على يمين الرقم ٠

إذا قيمة المقاومة هي 470×10^2 وتساوي ٤٧٠٠٠ أوم وتكتب ٤٧ كيلو أوم .

- أما اللون الخامس = بنى و يمثل نسبة تفاوت ± ١%

يعنى أن قيمة الخطأ فى قيمة المقاومة = ١% × ٤٧٠٠٠ = ٤٧٠ أوم .

يعنى أن قيمة المقاومة السابقة تتراوح بين ٤٦,٥٣ كيلو أوم و ٤٧,٤٧ كيلو أوم .

قراءة القيمة المباشرة

في هذا النوع من المقاومات يتم كتابة الأرقام مباشرة علي جسم المقاومة دون استخدام الألوان لكن عدد الأصـــفار يمثلها حرف و ليس لون .

مثال

مثال على استخدام الحرف R : مقاومة قيمتها تساوى R33 نحذف الحرف R ثم نضع مكانه العلامة العـشرية (.) فيصبح قيمة المقاومة = 0.33 أوم .

مثال على استخدام الحرف K : مقاومة قيمتها تساوى 22K2 نحذف الحرف K ثم نضع مكانه العلامة العـشرية (.) و نضع الحرف K على يمين آخر رقم من اليمين فتصبح قيمة المقاومة = 22.2 كيلو أوم.

مثال على استخدام الحرف M : مقاومة قيمتها تساوى 1M2 نحذف الحرف M ثم نضع مكانه العلامة العـشرية (.) و نضع الحرف M على يمين آخر رقم من اليمين فتصبح قيمة المقاومة = 1.2 ميجا أوم.

جدول الأحرف التي تمثل عدد الأصفار

R	K	M
Ohm (لا يوضع أي صفر)	Kilo=1000	Mega=1000000

اما نسبة التفاوت يرمز لها بحروف أيضا و لحسابها (انظر في الجدول التالي) و يتم كتابة الحرف أقصى اليمين .

M	K	J	G	F	D	B
20 %	10 %	% 5	2 %	1 %	% 0.25	0.1 %

مثال على حساب نسبة التفاوت :

نسبة خطاء	قيمة المقاومة	الرقم المكتوب
2 %	5 كيلو اوم	5KG
1 %	6.8 ميجا اوم	6M8F
0.1 %	1.2 اوم	1R2B

تحديد قيمة المقاومات السطحية SMD

تقريبا هو نفس اسلوب القيمة المباشرة التي ذكرناها منذ قليل وهنا يتم كتابة قيمة المقاومة بالأرقام على جسم المقاومة إما بنظام الثلاثة أرقام أو نظام الأربعة أرقام

١) نظام الثلاث أرقام : أول رقمين يتم كتابتهم كما هم أما الرقم الثالث فهو عدد الأصفار .

مثال:

مقاومة مكتوب على جسمها 333 = 33 000 أوم .

أومقاومة مكتوب على جسمها 3R9 = 3.9 أوم .

٢) نظام الأربع أرقام : أول ثلاث أرقام يتم كتابتهم بدون تغيير الرقم الرابع هو عدد الأصفار .

مثال:

مقاومة مكتوب على جسمها 4492 = 44 900 أوم

أو مقاومة مكتوب على جسمها 0R56= 0.56 أوم.

يمكن تقسيم القيم المعيارية لقيم المقاومات إلي ما يشبه اللوغاريتمات. علي سبيل المثال في النوع E3 يتم استخدام القيم [1] و [2.2] و [4.7] و [10] ، ويتم تقسيم القيم العيارية إلي ثلاث مجموعات .

As for the standard resistance value, the values used can be divided like a logarithm. (See the logarithm table)For example, in the case of E3, The values [1], [2.2], [4.7] and [10] are used. They divide 10 into three, like a logarithm.

النوع E6 : [1], [1.5], [2.2], [3.3], [4.7], [6.8], [10].

In the case of E6 : [1], [1.5], [2.2], [3.3], [4.7], [6.8], [10].

النوع E12 : [1], [1.2], [1.5], [1.8], [2.2], [2.7], [3.3], [3.9], [4.7], [5.6], [6.8], [8.2], [10].

In the case of E12 : [1], [1.2], [1.5], [1.8], [2.2], [2.7], [3.3], [3.9], [4.7], [5.6], [6.8], [8.2], [10].

يتم التعبير عن قيمة المقاومة بدوائر ملونة علي جسمها وذلك لأن معظم المقاومات تكون صغيرة بحيث لايمكن كتابة القيمة مباشرة بأرقام عليها ، ولذلك يفضل أن تتعلم كود الألوان لأن معظم المقاومات ذات القدرة 1/2 وات أو أقل تستخدم كود الألوان لذكر القيمة .

It is because of this that the resistance value is seen at a glance to be a discrete value. The resistance value is displayed using the color code (the colored bars/the colored stripes) , because the average resistor is too small to have the value printed on it with numbers. You had better learn the color code, because almost all resistors of 1/2W or less use the color code to display the resistance value.

المقاومات ثابتة القيمة

المقاومة ثابتة القيمة هي التي لا يمكن تغيير قيمتها .

A fixed resistor is one in which the value of its resistance cannot change.

مقاومة فلم الكربون

المادة الموصلة في هذه المقاومات تصنع من طبقة رقيقة من الكربون تعتبر المقاومات الفلمية المصنوعة من الكربون الأرخص ثمناً والأكثر استخداماً . وعادة ما تكون قيمة التفاوت لهذا النوع ±5% . وتتوفر بقدرات مثل 1/8W و 1/4W و 1/2W وبكثرة .

Carbon film resistors

This is the most general purpose, cheap resistor. Usually the tolerance of the resistance value is ±5%. Power ratings of 1/8W, 1/4W and 1/2W are frequently used.

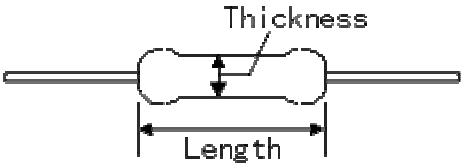
يعيب المقاومات الفلمية المصنوع من الكربون أنها تتسبب في توليد إشارات ضوضاء ، ويُوصي باستخدام المقاومات الفلمية المعدنية في دوائر الإشارات

Carbon film resistors have a disadvantage; they tend to be electrically noisy. Metal film resistors are recommended for use in analog circuits. However, I have never experienced any problems with this noise.

التناظرية . علي أية حال لم أواجه شخصياً مشاكل مـــع هذه الضوضاء .

والصورة التالية توضح الفرق المادي بين أحجام الثلاث أنواع من قدرة المقاومة .

The physical size of the different resistors are as follows.

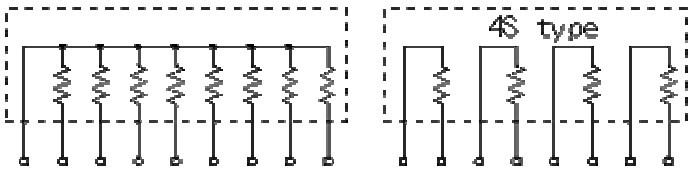


النوع الأعلي 1/8W ثم 1/4W ثم في الأسفل 1/2W

مقاومات من نوع فلم الكربون

الحجم التقريبي		
الطول (mm)	السمك (mm)	قيمة القدرة (W)
3	2	1/8
6	2	1/4
9	3	1/2

نحتاج لمعرفة أبعاد العناصر الإلكترونية عند تصميم وطباعة اللوحات الإلكترونية المطبوعة وذلـــك لتحديـــد مكـــان تركيبها علي اللوحة وتحديد مكان الثقوب التي سيتم وضع أطراف توصيل العنصر الإلكتروني خلالها .



الصورة السابقة لنوع يطلق عليه المقاومة الـــشبكية . وتصنع من مجموعة متساوية القيمة من المقاومات يتم وضعها جميعا في مُحتوي واحد . يوجد نوع يـــتم فيـــه ربط جميع المقاومات ببعضها من طرف واحد في نقطة

This resistor is called a Single-In-Line (SIL) resistor network. It is made with many resistors of the same value, all in one package. One side of each resistor is connected with one side of all the other resistors inside. One example of its use

واحدة داخل المحتوي . وأحد تطبيقاتها هو التحكم في التيار المغذي لمجموعة من الدايودات المضيئة .

في الصورة السابقة تم وضع ثمانية مقاومات داخل الحاوية ، ويخرج منها طرف واحد لكل مقاومة والطرف التاسع الموجود في أقصي اليسار هو الطرف المشرك بينها . يتم كتابة قيمة المقاومة علي سطح المقاومة (ويعتمد علي المُصنع) .

قد تجد بعض المقاومات الشبكية مكتوب عليها "4S" وهذا يعني أنها تحتوي علي أربعة مقاومات منفصلة عن بعضها ولايوجد أي إتصال بينها في الداخل . وتجد أن لها ثمانية أطراف فقط . والرسم السابق يوضح التوصيل الكهربي الداخلي بين مكونات المقاومة الشبكية من النوعين . وأريد أن أوضح أن لدي مقاومة ذات تسعة أطراف مثل السوداء الموجودة في الصورة ذات سمك ١,٨ ملم ، وارتفاع ٥ ملم وطول ٢٣ ملم ومقاومة أخري ذات ثمانية أطراف بسمك ١,٨ ملم وارتفاع ٥ ملم وطول ٢٠ ملم .

المقاومات الفلمية المعدنية

عند الحاجة لمقاومات ذات دقة أعلي وخطأ أقل في قيمة المقاومة نلجأ إلي المقاومات الفلمية المعدنية فهي أكثر دقة من مقاومات فلم الكربون . وتقريبا قيمة التفاوت لها ±0.05% وأنا لا أستخدم المقاومات عالية الدقة أبدأ في دوائري . والمقاومات ذات قيمة التفاوت ±1% أكثر من كافية . ويستخدم في صنع هذه المقاومات مادة Ni-Cr (Nichrome) سبيكة النيكل كروم . وتُستخدم المقاومات الفلمية المعدنية في الدوائر التي تحتاج لدقة عالية مثل القناطر ودوائر مرشحات التردد ودوائر الإشارات التماثلية التي تحتاج لضوضاء منخفضة .

would be to control the current in a circuit powering many light emitting diodes (LEDs).

In the photograph on the Top, 8 resistors are housed in the package. Each of the leads on the package is one resistor. The ninth lead on the left side is the common lead. The face value of the resistance is printed. (It depends on the supplier.)

Some resistor networks have a "4S" printed on the top of the resistor network. The 4S indicates that the package contains 4 independent resistors that are not wired together inside. The housing has eight leads instead of nine. The internal wiring of these typical resistor networks has been illustrated below. The size (black part) of the resistor network which I have is as follows: For the type with 9 leads, the thickness is 1.8 mm, the height 5mm, and the width 23 mm. For the types with 8 component leads, the thickness is 1.8 mm, the height 5 mm, and the width 20 mm.

Metal film resistors are used when a higher tolerance (more accurate value) is needed. They are much more accurate in value than carbon film resistors. They have about ±0.05% tolerance. I don't use any high tolerance resistors in my circuits. Resistors that are about ±1% are more than sufficient. Ni-Cr (Nichrome) seems to be used for the material of resistor. The metal film resistor is used for bridge circuits, filter circuits, and low-noise analog signal circuits.

مقاومة 1/8W (tolerance ±1%)

مقاومة 1/4W (tolerance ±1%)

مقاومة 1W (tolerance ±5%)

مقاومة 2W (tolerance ±5%)

الحجم التقريبي		
الطول (mm)	السمك (mm)	قيمة القدرة (W)
3	2	1/8
6	2	1/4
12	3.5	1
15	5	2

المقاومات المتغيرة

هناك نوعين من المقاومة المتغيرة نوع يمكن تغييره بسهولة مثل مفتاح الصوت في جهاز الراديو ونوع آخر يطلق عليه " المقاومة المتغيرة شبه الثابتة " حيث أنه لايمكن لأي شخص استخدامها إلا فني الصيانة فقط وذلك لضبط ظروف التشغيل الخاصة بالدائرة . ويتم تدويرها باستخدام مفك ، وتستخدم المقاومة شبه الثابتة لتعويض قيمة الخطأ التي تطرأ علي المقاومات الموجودة في الدائرة بالإضافة إلي استخدامها في دوائر التنغيم والتوليف . عادة ماتكون زاوية دوران المقاومة المتغيرة ٣٠٠ درجة . والبعض الآخر منها يحتاج للتدوير أكثر من مرة للوصل لآخر المدي الخاص بها وهذا يسمح بدقة ضبط القيمة ويسمي هذا النوع يطلق عليه " مجزء الجهد " Potentiometers أو Trimmer Potentiometers .

There are two general ways in which variable resistors are used. One is the variable resistor which value is easily changed, like the volume adjustment of Radio. The other is semi-fixed resistor that is not meant to be adjusted by anyone but a technician. It is used to adjust the operating condition of the circuit by the technician. Semi-fixed resistors are used to compensate for the inaccuracies of the resistors, and to fine-tune a circuit. The rotation angle of the variable resistor is usually about 300 degrees. Some variable resistors must be turned many times to use the whole range of resistance they offer. This allows for very precise adjustments of their value. These are called "Potentiometers" or "Trimmer Potentiometers."

الصورة توضح أنواع مختلفة من المقاومة المتغيرة من النوع الكبير الذي يتم تدويره يدويا بالإضافة للأنواع الأخري التي يتم تغيرها بمفك (يطلق عليها أحيانا مقاومة رأس مفك) والتي يتم استخدامها من قبل فني الصيانة

الصورة السابقة تحتوي علي المقاومة المتغيرة المستخدمة كمفتاح للصوت وتوجد في أقصي يمين الصورة . يتم ضبط قيمتها بسهولة ويسر بينما الأربعة

In the photograph to the left, the variable resistor typically used for volume controls can be seen on the far right. Its value is very easy to adjust.The four resistors at the center of the photograph are the semi-fixed type.

مقاومات الموجودة في منتصف الصورة هي من النوع الشبه ثابت **semi-fixed** والتي يتم تركيبها على اللوحات الإلكترونية المطبوعة .

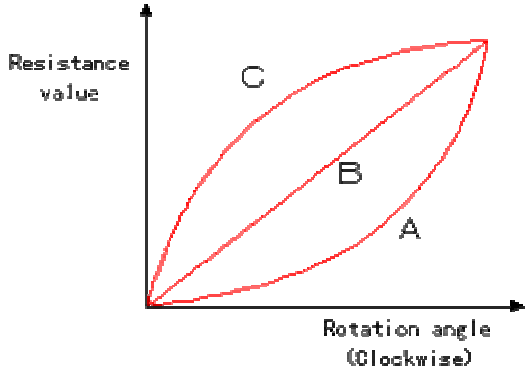
المقاومتان الموجودتان في أقصي اليسار هما من النوع **Trimmer potentiometers** .

يستخدم هذا الرمز للتعبير عن المقاومة المتغيرة في مخططات الدوائر الإلكترونية .

These ones are mounted on the printed circuit board.

The two resistors on the left are the trimmer potentiometers.

This symbol is used to indicate a variable resistor in a circuit diagram.



توجد ثلاثة أنماط لشكل تغيير قيمة المقاومة المتغيرة وذلك تبعاً لزاوية دوران ذراع أو محور المقاومة .

عند دوران النوع "A" في اتجاه عقارب الساعة فإن تغير القيمة يكون بطئ في البداية ثم يصبع التغير سريع في النصف الثاني من الدورة . عادة ما تستخدم المقاومات المتغيرة من النوع "A" في مفتاح التحكم في الصوت لأجهزة الإلكترونية مثل الراديو . هذا النوع مناسب بشكل جيد لضبط الصوت المنخفض بشكل سهل . وهي تتوافق مع خصائص الأذن . حيث أن الأذن تسمع التغير في الصوت المنخفض جيدا ولكن ليس بنفس حساسيتها للتغيرات الصغيرة في الصوت المرتفع . نحتاج لتغيير كبير كلما زاد الصوت . أحيانا يسمي

There are three ways in which a variable resistor's value can change according to the rotation angle of its axis.

When type "A" rotates clockwise, at first, the resistance value changes slowly and then in the second half of its axis, it changes very quickly.
The "A" type variable resistor is typically used for the volume control of a radio, for example. It is well suited to adjust a low sound subtly. It suits the characteristics of the ear. The ear hears low sound changes well, but isn't as sensitive to small changes in loud sounds. A larger change is needed as the volume is increased. These "A" type variable resistors are sometimes called "audio taper" potentiometers.

هذا النوع من المقاومات المتغيرة "A" باسم مقاومات تغيير الصورة "audio taper" .

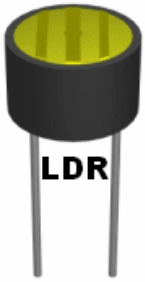
أما بالنسبة إلى النوعِ "B" فتوجد علاقة طردية خطية بين التغيير في زاوية الدوران لذراع المقاومة والتغيير في قيمة المقاومة . هذا النوع تطبيقات ضبط مقاومة في دائرة إلكترونية أو دوائر الإتزان Balance وغير ذلك من التطبيقات الأخري . وأحيانا تسمي هذه المقاومات باسم " المقاومات المتغيرة الخطية " linear taper .

As for type "B", the rotation of the axis and the change of the resistance value are directly related. The rate of change is the same, or linear, throughout the sweep of the axis. This type suits a resistance value adjustment in a circuit, a balance circuit and so on. They are sometimes called "linear taper" potentiometers.

النوع "C" هو بالضبط عكس النوع "A" . حيث يكون معدل التغير في قيمة المقاومة سريع في بداية الدوران ثم يتباطأ في النصف الثاني من الدورة . هذا النوع قليل الإستخدام وفي تطبيقات خاصة . أما النوعين "A" و "B" هما الأكثر استخداما في المقاومات المتغيرة .

Type "C" changes exactly the opposite way to type "A". In the early stages of the rotation of the axis, the resistance value changes rapidly, and in the second half, the change occurs more slowly. This type isn't too much used. It is a special use. As for the variable resistor, most are type "A" or type "B".

المقاومة الضوئية LDR



بعض المواد تتميز بتغيير قيمة مقاومتها تبعا لشدة الضوء الساقط عليها من هذه المواد الخلايا المصنوعة من كبريتات الكادميوم Cadmium Sulfide . كلما زادت شدة الضوء الساقط علي كبريتات الكادميوم (Cd) كلما قلت قيمة المقاومة . وتوجد أنواع عديدة من هذه المقاومة وتختلف تبعا لحساسية الضوء والحجم وقيمة المقاومة .. إلخ .

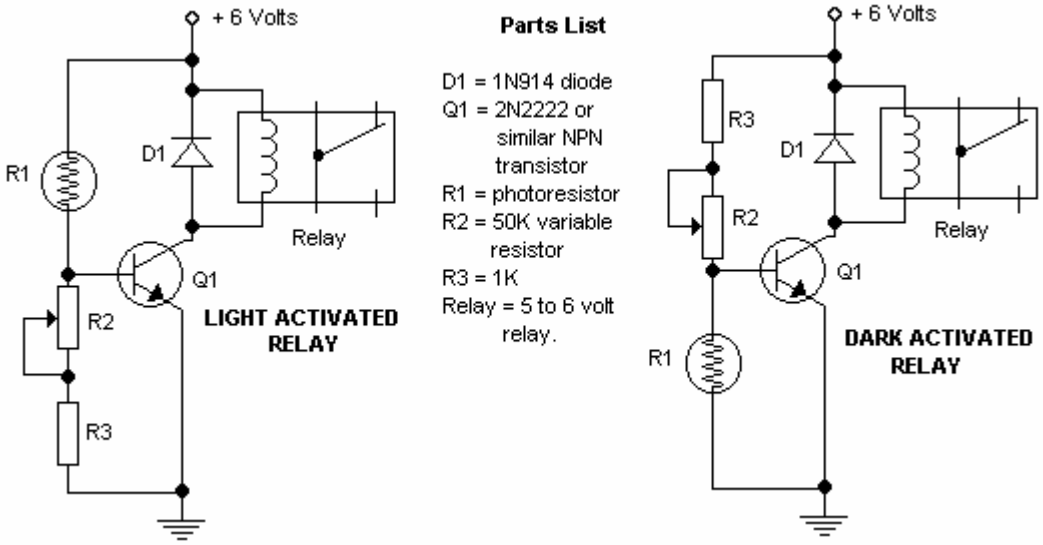
Some components can change resistance value by changes in the amount of light hitting them. One type is the Cadmium Sulfide Photocell. (Cd) The more light that hits it, the smaller its resistance value becomes.
There are many types of these devices. They vary according to light sensitivity, size, resistance value etc.

الصورة السابقة في أقصي اليمين هي لخلية ضوئية من النوع CDS كبريتات الكادميوم وقطرها ٨ ملم وارتفاعها ٤ ملم وتأخذ الشكل الأسطواني . عندما يسقط عليها ضوء ساطع تصبح قيمة مقاومتها ٢٠٠ أوم وفي الظلام تصبح قيمة المقاومة ٢ ميجا أوم . ومن التطبيقات التي تستخدم فيها هي دائرة التأكيد علي إضاءة المصباح الرئيسي بالسيارات .

Pictured at the Top is a typical CDS photocell. Its diameter is 8 mm, 4 mm high, with a cylinder form. When bright light is hitting it, the value is about 200 ohms, and when in the dark, the resistance value is about 2M ohms.

This device is using for the head lamp illumination confirmation device of the car, for example.

من التطبيقات الأخري التي غالبا ما تستخدم فيها المقاومة الضوئية هي دوائر الإضاءة الليلية و الشكل التالي يوضح استخدامها في دائرة لهذا الغرض .



هذا الشكل السابق يبين كيفية استخدام المقاومة الضوئية فى الدائرة .ففى دائرة الإنارة الليلية (dark detector) تكون شدة الأضاءة عالية نهاراً و بالتالي تكون قيمة المقاومة الضوئية R1 صغيرة فيصبح الجهد على قاعدة الترانزستور 2N2222 تقريبا صفر فلا ينشط الترانزستورو تصبح دائرة الريلاي مفتوحة .أما ليلا فتصبح المقاومة R1 كبيرة فيصبح الجهد على القاعدة موجب (أعلى من الأرضى بحوالي ٢ فولت) بدرجة كافية ليجعل الترانزستور يغلق الدائرة و يُنشط دائرة الريلاي.

أنواع أخري

توجد أنواع من المقاومات بخلاف المقاومات الفلمية الكربونية أو المقاومات الفلمية المعدنية وهي المقاومة السلكية وهي عبارة عن سلك معدني ذو مقاومة ملفوف حول قلب ولذلك يمكن صنعها بقيم دقيقة . ويمكن صنع

There is another type of resistor other than the carbon-film type and the metal film resistors. It is the wirewound resistor. A wirewound resistor is made of metal resistance wire, and because of this, they can be manufactured to precise values. Also,

المقاومات ذات القدرات الكبيرة باستخدام أسلاك ذات مساحة مقطع أكبر . لا يمكن استخدام المقاومات السلكية في دوائر التردد العالي حيث تستخدم الملفات ، وبما أن المقاومة السلكية تصنع من سلك يتم لفه حول قلب من مادة عازلة تصبح المقاومة شبه ملف واستخدام إحداها يؤثر علي وظيفة الدائرة . يوجد نوع آخر وهي المقاومة السيراميكية وهي عبارة عن سلك ملفوف في غلاف من السيراميك ومثبت بمادة لاصقة خاصة وتتميز هذه المقاومات بتحملها قيم عالية من القدرة من ١ أو ٢ وات إلي العشرات من الوات .

high-wattage resistors can be made by using a thick wire material. Wirewound resistors cannot be used for high-frequency circuits. Coils are used in high frequency circuits. Since a wirewound resistor is a wire wrapped around an insulator, it is also a coil, in a manner of speaking. Using one could change the behavior of the circuit. Still another type of resistor is the Ceramic resistor. These are wirewound resistors in a ceramic case, strengthened with a special cement. They have very high power ratings, from 1 or 2 watts to dozens of watts.

قد تصبح هذه المقاومات ساخنة جداً عند استخدامها في تطبيقات عالية القدرة لذا يجب أخذ ذلك في الحسبان عند تصميم الدائرة حيث أنها يمكن أن تستخن لدرجة أنها تسبب لك الحروق عند ملامستك لها .

These resistors can become extremely hot when used for high power applications, and this must be taken into account when designing the circuit. These devices can easily get hot enough to burn you if you touch one.

الصورة تبين المقاومة السلكية (معزولة بطبقة من السيراميك)

المقاومة العلوية بقدرة ١٠ وات وبطول ٤٥ ملم وسمك ١٣ ملم . السفلية بقدرة ٥٠ وات وبطول ٧٥ ملم وبسمك ٢٩ ملم .	The upper one is 10W and is the length of 45 mm, 13 mm thickness. The lower one is 50W and is the length of 75 mm, 29 mm thickness.
الصورة توضح وجود أطراف توصيل معدنية في المقاومة العلوية للتركيب بمسامير قلاوظ .	The upper one is has metal fittings attached. These devices are insulated with a ceramic coating.

مقاومة سيراميكية بقدرة ٥ وات بسمك ٩ ملم وبارتفاع ٩ ملم وبطول ٢٢ ملم

المقاومة الحرارية (الثرميستور)

الثيرميستور هي مقاومة متغيرة (غير خطية) تتغير قيمتها تبعا للتغير في درجة الحرارة المحيطة بها لذل تستخدم كحساس لدرجة الحرارة .

يوجد ثلاثة أنواع رئيسية من الثرميستور:

- النوع NTC المقاومة الحرارية ذات المعامل السالب : في هذا النوع تقل قيمة المقاومة باستمرار بزيادة درجة الحرارة .
- النوع PTC المقاومة الحرارية ذات المعامل الموجب : في هذا النوع تقل تزيد المقاومة فجأة عند زيادة درجة الحرارة عن حد معين .
- النوع CRT المقاومة الحرارية ذات القيمة الحرجة : في هذا النوع تقل قيمة المقاومة فجأة عندما ترتفع درجة الحرارة عن حد معين

يستخدم النوع NTC في دوائر التحكم في درجة الحرارة .

There are mainly three types of thermistor.

NTC(Negative Temperature Coefficient Thermistor)
: With this type, the resistance value decreases continuously as the temperature rises.

PTC(Positive Temperature Coefficient Thermistor)
: With this type, the resistance value increases suddenly when the temperature rises above a specific point.

CTR(Critical Temperature Resister Thermistor)
: With this type, the resistance value decreases suddenly when the temperature rises above a specific point.

The NTC type is used for the temperature control.

يمكن حساب العلاقة بين درجة الحرارة وقيمة المقاومة للنوع NTC من المعادلة التالية :

$$R = R_0 \cdot \exp^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

حيث أن :

R : قيمة المقاومة عند درجة الحرارة T .

T : درجة الحرارة (بالكلفن) .

R_0 : قيمة المقاومة عند درجة حرارة مرجعية T_0 .

T_0 : درجة الحرارة المرجعية (بالكلفن) .

B : معامل .

عند استخدام درجة حرارة مرجعية تساوي 25°C ستكون قيم الحرارة بالدرجات المطلقة وبالتالي قيمة الحرارة 25°C تناظر 298 كلفن .

The relation between the temperature and the resistance value of the NTC type can be calculated using the following formula.

$$R = R_0 \cdot \exp^{B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)}$$

R : The resistance value at the temperature T

T : The temperature [K]

R_0 : The resistance value at the reference temperature T_0

T_0 : The reference temperature [K]

B : The coefficient

As the reference temperature, typically , 25°C is used. The unit with the temperature is the absolute temperature(Value of which 0 was -273°C) in K(Kelvin).
25°C are the 298 kelvins.

استخدام الثرميستور كعنصر حماية ICL

ذكرنا من قبل أن الثرمستور وخاصة النوع NTC يستخدم في دوائر التحكم في درجات الحرارة . ومن التطبيقات الإضافية له هو استخدامه كعنصر حماية في دوائر التغذية للأجهزة الإلكترونية وذلك لحمايتها من تيار الإندفاع Inrush current الذي يدخل الجهاز عند بداية التشغيل .

عند تشغيل أي جهاز بتوصيله بكهرباء الحائط ، يندفع مقدار كبير من التيار الكهربي إلى الجهاز لمدة بسيطة (أجزاء من الثانية) تم يصل بعد ذلك وبسرعة إلى قيمة الثبات أو الإستقرار steady state . هذا الإندفاع للتيار في بداية التشغيل يُطلق عليه بالإنجليزية Inrush current . أي جهاز في العالم يعمل على الكهرباء عند تشغيله يحدث اندفاع للتيار لفترة قصيرة جداً قبل أن يستقر إلى القيمة الثابتة له.

قيمة تيار الإندفاع = ضعف تيار الإستقرار على الأقل.

إذا كان الجهاز يسحب ٣,٥ أمبير (مثلاً) في وضع الإستقرار فإنه عند بداية تشغيله يسحب حوالي ١٠ أمبير لمدة قصيرة جدا (أجزاء من الثانية) .

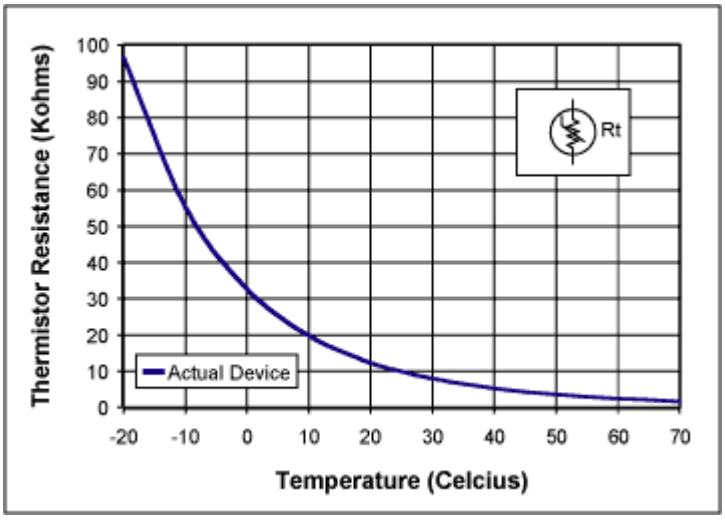
تيار الإندفاع هذا يؤذي بعض العناصر الإلكترونية الموجودة داخل الجهاز، خصوصا مع تكرار نشوءه مع كل مرة يتم فيها تشغيل الجهاز .

الآن باستخدام الثيرميستور NTC نستطيع التخلص أو على الأقل تقليل الضرر بنسبة كبيرة لأن الثيرميستور NTCيقوم بمنع تيار الإندفاع من المرور أو على الأقل يقوم بخفض قيمته إلى درجة تتحملها العناصر الإلكترونية. من هنا يُطلق في بعض الأحيان على الثيرميستور NTC اسم آخر هو مُحدد تيار الإندفاع Inrush Current Limiterوتُختصر إلى ICL . يعمل مُحدد تيار الإندفاع ICL أي الثيرميستور NTC بالطريقة التالية :

في بداية التشغيل يكون الثيرميستور NTC بارداً فتكون مقاومته أكبر ما يمكن بحيث تسمح لقيمة معينة (محدودة) من التيار بالمرور، وبمرور التيار في الثيرميستور NTC ترتفع درجة حرارته بالتدريج فتبدأ مقاومته بالإنخفاض تدريجيا مما يسمح لمزيد من التيار بالمرور يتم ذلك في وقت قصير جداً .

لاحظ : أنه يتم توصيل مقاومة الثيرميستور علي الوالي في اتجاه التيار الذي نريد تحديد قيمته .

الرسم التالي يوضح العلاقة بين التغير في درجة الحرارة على المحور الأفقي مع تغير المقاومة الداخلية للثيرميستور NTC على المحور الرأسي :



لاحظ : أن المقاومة تكون قريبة من ١٠٠ كيلو أوم عن درجات الحرارة المنخفضة وتتناقص تدريجيا إلى الصفر تقريبا عند ارتفاع درجة الحرارة .

كيف يمكنك عمل مقاومة كهربية بنفسك

يمكنك عمل مقاومة متغيرة من خلال استخدام عمود من الكربون و عمل ذراع معدنى منزلق للحصول على قيم متغيرة للمقاومة و ليس قيم ثابته .

طبعاً الحصول على عمود من الكربون ليس بالصعب حيث يمكن استخراجه من بطارية جافة كونوا على حذر من المواد الكيميائية فى البطارية الجافة .

قد يكون هناك أكثر من مادة يمكن استخدامها غير الكربون حيث أن كل المواد لها مقاومة لمرور التيار الكهربى و تتفاوت تلك المقاومة باختلاف نوع المادة . يمكنك استبدال عمود الكربون بقطعة من الجرافيت ذات مقطع صغير جدا ويمكنك الحصول عليه ن القلم الرصاص .

العلاقة التالية توضح كيفية حساب قيم المقاومات لأى مادة

$$R = p\ L / A$$

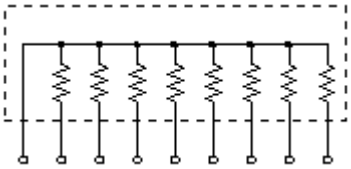
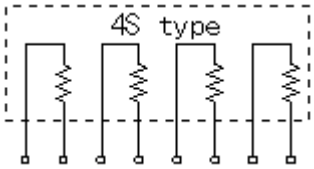
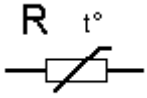
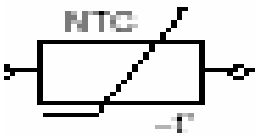
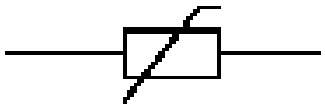
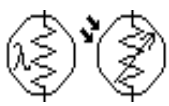
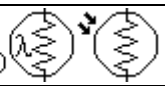
R : مقاومة المادة بالأوم .
p : المقاومة النسبية للمادة " تختلف باختلاف المادة " بالأوم لكل متر .
L : طول السلك المستخدم " او طول العمود الكربونى المستخدم فى حالة عمود الكربون " بالمتر .
A : مساحة مقطع السلك المستخدم " او مساحة مقطع عمود الكربون " بالمتر المربع .

بالطبع يمكننكم متابعة الموضوع بعمل تصميمات متعددة و ذلك باستخدام مواد مختلفة مثل النحاس و الألومنيوم و الكربون و الرصاص و لكن سيتطلب الأمر منكم بذل بعض الجهد بالبحث عن المقاومة النوعية للمواد المختلفة .

و ستجدون العجب العجاب ، حيث سنجد أنه يمكن عمل مقاومة باستخدام عمود من الكربون طوله ٥ سنتيمتر بينما نفس القيمة من تللك المقاومة قد تتطلب استخدام عمود من النحاس بطول أمتار .

ابحثوا عن المقاومة النوعية للمواد المختلفة و حاولوا إجراء الحسابات عند قطر ٠,٥ سنتيمتر و سجلوا الأطوال الناتجة و التى ستتغير بتغير المواد المستخدمة .

ملحق : جدول الرموز الخاصة بالأنواع المختلفة من المقاومات

	Electrical Resistor	المقاومة الكهربية
	Fixed Resistor	مقاومة ثابتة
	Non Inductive Resistor	مقاومة غير حثية
	Variable Resistor (Rheostat)	المقاومة التغيرة
	Single-In-Line (SIL) Resistor Network	المقاومة الشبكية
	"4S" Resistor Networks	المقاومة الشبكية من النوع 4S
	PTC Thermistor	مقاومة حرارية موجبة
	Thermistor	المقاومة الحرارية (الثيرميستور)
	NTC Thermistor	مقاومة حرارية سالبة
	Varistor , TVSS , VDR	مقاومة تعتمد على الفولت
	LDR : Light Dependent Resistor	المقاومة الضوئية
	LDR : Light Dependent Resistor	المقاومة الضوئية

ملحق : القيم المعيارية للمقاومات

تتم تصنيع المقاومات بقيم معينة ثابتة ومعروفة ، ويجب مراعاة ذلك عند التعامل مع المقاومات وخاصة عند التصميم حيث أنك قد تقوم بتصميم دائرة معينة وحساب قيم المقاومات التي ستستخدمها وتبحث عنها في السوق فلا تجدها والسبب في ذلك أنها ذات قيم لايتم تصنيعها أي وقعت القيمة بين قيمتين معياريتين . والحل هنا أن تضبط تصميمك علي أقرب القيم المعيارية الموجودة في السوق .

Standard Series Values (5%)

1.0	10	100	1.0K(1K0)	10K	100K	1.0M(1M0)	10M
1.1	11	110	1.1K(1K1)	11K	110K	1.1M(1M1)	11M
1.2	12	120	1.2K(1K2)	12K	120K	1.2M(1M2)	12M
1.3	13	130	1.3K(1K3)	13K	130K	1.3M(1M3)	13M
1.5	15	150	1.5K1K5)	15K	150K	1.5M(1M5)	15M
1.6	16	160	1.6K(1K6)	16K	160K	1.6M(1M6)	16M
1.8	18	180	1.8K(1K8)	18K	180K	1.8M(1M8)	18M
2.0	20	200	2.0K(2K0)	20K	200K	2.0M(2M0)	20M
2.2	22	220	2.2K(2K2)	22K	220K	2.2M(2M2)	22M
2.4	24	240	2.4K(2K4)	24K	240K	2.4M(2M4)	
2.7	27	270	2.7K(2K7)	27K	270K	2.7M(2M7)	
3.0	30	300	3.0K(3K0)	30K	300K	3.0M(3M0)	
3.3	33	30	3.3K(3K3)	33K	330K	.3M(3M3)	
3.6	36	360	3.6K(3K6)	36K	360K	3.6M(3M6)	
3.9	39	390	3.9K(3K9)	39K	390K	3.9M(3M9)	
4.3	43	430	4.3K(4K3)	43K	430K	4.3M(4M0)	
4.7	47	470	4.7K(4K7)	47K	470K	4.7M(4M7)	
5.1	51	510	5.1K(5K1)	51K	510K	5.1M(5M1)	
5.6	56	560	5.6K(5K6)	56K	560K	5.6M(5M6)	
6.2	62	620	6.2K(6K2)	62K	620K	6.2M(6M2)	
6.8	68	680	6.8K(6K8)	68K	680K	6.8M(6M8)	
7.5	75	750	7.5K(7K5)	75K	750K	7.5M(7M5)	
8.2	82	820	8.2K(8K2)	82K	820K	8.2M(8M2)	
9.1	91	910	9.1K(9K1)	91K	910K	9.1M(9M1)	

ملحق : المصطلحات الفنية

التفاوت	Tolerance	**هي نسبة من القيمة المكتوبة علي المقاومة وتعبر عن قيمة الخطأ المحتمل في قيمتها**