المقاومات

إعداد : د. ناصر بن عبدالله الرشيد

كيف تعمل الأشياء

تصنف المكونات الرئيسية المستخدمة في صناعة الإلكترونيات إلى مجموعتين رئيسيتين هما المكونات الفعالة، مثل الترانسزستورات والدوائر المتكاملة، وغير الفعالة، مثل المقاومات والمكثفات، ويتمثل الفرق بينهما في أن المكونات الفعالة تتطلب طاقة بشكل ما لكي تعمل، كما أنها تستخدم لتضخيم الإشارات.

تعمل المقاومات على مقاومة مرور التيار الكهربائي، وذلك من خلال إمتصاص جزء من الطاقة الكهربائية وتبديدها على شكل حرارة ، أي أنها تعمل على التحكم بمروره، فكلما كانت مقاومة الموصل عالية قل التيار الكهربائي المار من خلالها، وتعد المقاومات أبسط مكون إلكتروني، وهي من الأدوات الكهربائية التي يجب أن يكون لها قسم محدد في مستودعات قطع غيار الأجهزة الإلكترونية، لأنها أصبحت ضرورية لصانعي الأجهزة الإلكترونية المتنقلة، مثل أقفال الأبواب الكهربائية، ودوائر التوقيت، وأجهزة التحكم عن بعد، وحتى في تفريغ شحنات المكثفات.

إستخدام المقاومات

تعد المقاومات من أعظم المكونات الكهربائية شيوعاً، ولذلك فإن لها إستخدامات عديدة، منها ما يلي:

● **تحديد التيار**

من المعلوم أن مصادر الطاقة الكهربائية لم تصمم لكي تُشَغِّل جهازاً واحداً، ففي معظم الحالات يحتاج الجهاز الإلكتروني إلى مصدر للطاقة حيث أن كل مكوناته تعمل من ذلك المصدر، ويمكن لذلك المصدر أن ينقل تياراً كافياً لجميع أجزاء الجهاز، ولكن عند توصيل التيار مباشرة – دون وجود أجهزة تحد من شدته ـ إلى بعض مكونات الجهاز فإنه قد يؤدي إلى تلفها، فعلى سبيل المثال فلوكان لدينا صمام مشع للضوء(Light Emitting Diode-LED) يغذى مباشرة بتيار شدته ٣٠ أمبير فإنه سيتلف في الحال، ولكن عند إضافة أداة لتحديد التيار الواصل إليه مثل المقاومة فإنها ستحد من التيار الكهربائي الواصل إليه، وبالتالي سيعمل بطريقة مناسبة.

● **تجزئة الجهد**

تتطلب الحاجة ـ في بعض الأحيان ـ إلى جزء محدد من الجهد الكلي للطاقة الكهربائية المغذية للجهاز عند نقطة معينة من مكوناته، فعلى سبيل المثال إذا كان لدينا مقاومتين في دائرة كهربائية متصلتان على التسلسل فإن فرق الجهد عند النقطة التي تتصل فيها المقاومتان مع بعضهما البعض يكون جزءاً من فرق الجهد الكلي للمصدر الكهربائي المغذي للدائرة، وبالتالي فإن تغيير قيم المقاومتين يؤدي إلى تغيير فرق الجهد بينهما. وهذا يؤدي إلى الحصول على الجهد اللازم لعمل ذلك الجزء من الجهاز.

معايير تقييم المقاومات

هناك العديد من المعايير والمواصفات التي يمكن بواسطتها تحديد قدرة المقاومة على تأدية مهامها بشكل مناسب، وتحديد دقتها عند الإستخدام، وتؤثر كل منها على دقتها عند الإستخدام، ومن أهم تلك المعايير : نسبة سماح (تفاوت) المقاومة، والمعامل الحراري للمقاومة، والإستجابة للتردد، ومعامل الجهد، والثباتية، والموثوقية.

أنواع المقاومات

تقسم المقاومات من حيث طبيعة عملها إلى قسمين رئيسيين، هما:

● **المقاومات المتغيرة**

المقاومة المتغيرة (Rheostat) عبارة عن أداة تزيد أو تقلل كمية المقاومة في الدائرة الكهربائية، ويتم التحكم بكمية التيار المار في الدارة الكهربائيةعن طريق تغيير كمية المقاومة، ويوجد أنواع عديدة من المقاومات المتغيرة التي تستخدم في المحركات الكهربائية، والمرسلات الإذعية، والمولدات، والأنواع الأخرى من الأجهزة الكهربائية.

تتكون أبسط أنواع المقاومات المتغيرة من سلك معدني مقاوم ملفوف حول إسطوانة من مادة عازلة، وذراع معدني ينزلق على طول لفات السلك بحيث يلمس كل لفة أثناء تحركه، شكل(١). يمر التيار في لفات السلك، ومن ثم ينتقل إلى الذراع المتحرك، وكلما كان عدد لفات السلك التي يمر بها التيار كبيراً كلما كانت المقاومة أكبر، وقلت كمية التيار المارة من خلالها.

● شكل (١) أحد أنواع المقاومات المتغيرة .

تعد المقاومة المتغيرة مفيدة حينما تكون قيمة المقاومة المطلوبة في الدائرة الكهربائية غير معروفة مسبقاً، لإنها يمكن التحكم بها مباشرة لكي تتلاءم مع القيمة المطلوبة بعكس المقاومة الثابتة التي تم تحديدها من قبل المصنع.

● المقاومات الثابتة

تحدد قيمة المقاومة الثابتة في المصنع عند تصنيعها، ولا يمكن تغيير قيمتها من قبل المستخدم، ولكل منها غرض محدد، ولذلك يوجد العديد من المقاومات الثابتة، ومن تلك الأنواع ما يلي:

* **مقاومات السلك الملفوف (precision Wirewound)**، وهي مقاومة عالية الدقة، إذ لا تزيد درجة الإنحراف فيها عن ± ٠,٠٠٥٪، وذات معامل مقاومة حراري منخفض يصل إلي ثلاثة أجزاء من المليون لكل درجة مئوية، ونظراً لأن تصنيعها مكلف جداً، فإنها لا تستخدم إلا في أغراض خاصة.

* **مقاومات السلك الملفوف الفعالة (Power Wirewound Resistors)**، وتصنع بلف أسلاك معدنية على أنابيب أو قضبان من الخزف، أو على قضبان مكسوة بالألمنيوم، أو أعمدة من الألياف الزجاجية، ويمكن أن يصنع منها أنواعاً دقيقة جداً لإستخدامها في راسم الإشارات وأجهزة القياس الأخرى.

يستخدم هذا النوع من المقاومات حينما يكون هناك حاجة لتخزين كمية كبيرة من الطاقة، حيث يمكنها أن تختزن طاقة لكل وحدة حجوم أكبر من أي مقاومة أخرى، وقد تتكون هذه المقاومات من سلك ملفوف فقط، يشبه عنصر التسخين، لذلك فإنها ـ عادة ـ تحتاج إلى بعض أشكال التبريد لكي تصبح قادرة على أداء مهامها بشكل جيد، ومن أشكال التبريد المروحة أو الغمر في أنواع مختلفة من السوائل تتراوح ما بين الزيوت المعدنية إلى سوائل السليكون عالية الكثافة.

* **المقاومات المنصهرة (Fuse Resistors)**، وتستخدم في أغراض مزدوجة، حيث تعمل كمقاومة ومنصهر. وهي مصممة بحيث تفتح مع التدفق الكبير للتيار.

يمكن حساب التيار الإنصهاري لهذا النوع من المقاومات بناءً على كمية الطاقة اللازمة لصهر المادة المقاومة، وتمثل درجة إنصهار المادة مضافاً إليها كمية الطاقة اللازمة لتبخير المواد المقاومة.

* **مقاومات مكونات الكربون (Carbon Composition)**، وتعد أكثر المقاومات إنتشاراً في السوق، فهي لازالت تتمتع بتسويق جيد، وأسعار منافسة. وتصنع من قضبان كربونية تقسم إلى أطوال مناسبة، ثم تشكل مع الرصاص، حيث يمكن تغيير نسبة الكربون في الخليط للحصول على القيمة المطلوبة للمقاومة.

* **مقاومات شريحة الكربون (Carbon Film Resistor)**، وتصنع من طلاء قضبان الخزف بخليط من المواد الكربونية، ويتم الطلاء بطرق مختلفة، ومن أكثرها شيوعاً غطس أو دحرجة أو طباعة أو رش قضيب الكربون في المحلول المناسب.ويمكن التحكم في سماكة الطلاء من لزوجة وكثافة المحلول.

يعد هذا النوع من المقاومات من أفضل الأنواع من حيث الإستجابة الترددية، ويشترك في كثير من المميزات مع مقاومة مركبات الكربون مثل الضجيج، ومعامل فرق الجهد، إلا أن معامل مقاومته الحرارية تكون أقل، كما تتشابه المواد التي تتكون كل منهما .

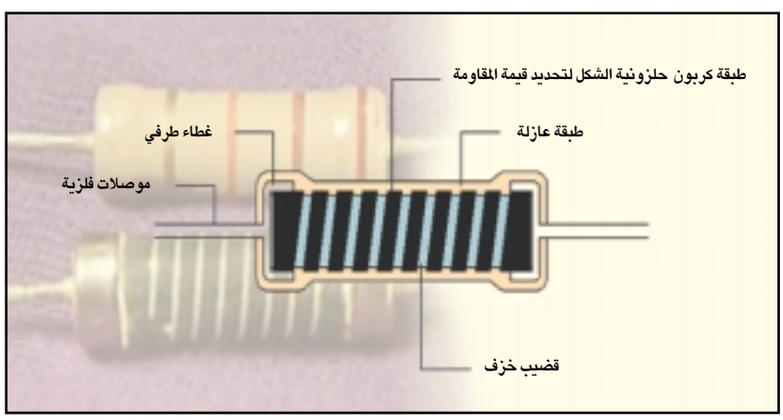
يتم تصنيع مقاومة شريحة الكربون بترسيب طبقة رقيقة من الكربون على قضيب صغير من الخزف، ثم يعمل في تلك الطبقة شقاً حلزونياً بواسطة آلة حفر آلية يبدأ من أحد الأطراف وينتهي بالآخر، شكل (٢) ، ثم تثبت فيه موصلات معدنية وغطاء في كل طرف، وتغطية كامل المقاومة بطبقة عازلة، ومن ثم وضع الحلقات الملونة التي تدل على قيمتها، ويعد هذا النوع من المقاومات غير مكلف، ومتاح بدرجة إنحراف تتراوح ما بين ± ٥٪ إلى ± ١٠٪ من القيمة المسجلة عليها.

* **مقاومات شريحة المعدن (Metal Film Resistors)**، وتعد من أفضل المقاومات من حيث إشتراكها في كثير من خصائص ومميزات المقاومات الأخرى، ومع إنها ليست دقيقة، ولا تتمتع بمعامل حراري عالى أو ثباتية كما هو الحال في مقاومات السلك الملفوف الدقيقة، إلا أنها تتميز بمعامل حراري منخفض أكثر من مقاومات شريحة الكربون. إضافة إلى تميزها بمستوى منخفض من الضجيج،وإستجابة ترددية ممتازة، ويتم تصنيعها عن طريق التبخير والترسيب، حيث يبخر الفلز الأساس في الفراغ، ثم يرسب على قضبان أو شرائح من الخزف.

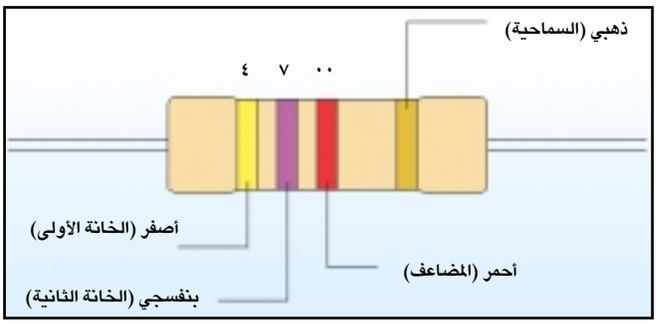
* **مقاومات رقائق القصدير (Foil Resistors)**، وهي تشبه في خواصها مقاومات الشريحة المعدنية، وتتفوق عليها في الثباتية، وتقل عنها في معامل المقاومة الحراري، وتتميز بإستجابة ترددية ممتازة، ودقة عالية.

الترميز اللوني للمقاومات

كانت المقاومات في العصور المتقدمة من الإلكترونيات كبيرة الحجم بحيث يمكن كتابة مقدار المقاومة عليها مباشرة،ولكن المقاومات



● شكل (٢) مقاومة شريحة الكربون .



● شكل (٣) نموذج للترميز اللوني للمقاومات .

الحديثة أصبحت صغيرة جداً بحيث لا يمكن ذلك، ولذلك استخدمت الألوان للدلالة على قيمتها مكونة من حلقات على جسم المقاومة، بحيث يدل كل لون على قيمة معينة، شكل(٣)، ومن تلك الحلقات الملونة يمكن حساب قيمة المقاومة بسهولة تامة.

تعد المقاومات التي يكون فيها معدل الإنحراف ± ٥٪ أكثر المقاومات شيوعاً . يوجد لهذا النوع من المقاومات، أربع حلقات ملونة تعطي الحلقتان الأولى والثانية من اليسار الخانتين الأولى والثانية من الرقم الذي يدل على قيمة المقاومة، أما الحلقة الثالثة فتعطي عدد الرقم التي يضاعف به رقم الخانتين الأولي والثانية. فإذا كان لون الحلقة الثالثة ذهبي فإن الرقم الذي تضاعف به الخانتين هو ١, أما إذا كان لونها فضي فيكون رقم المضاعفة هو ٠,٠١ أما الحلقة الرابعة فتدل على أن مقدار الإنحراف للمقاومةفي حدود ± ٥٪ أما اللون الفضي فيدل على أنها ± ١٠ ٪ ومن المتعارف عليه أن الحلقة التي تشير إلى مقدار الإنحراف تكون منعزلة عن الدوائر الأخرى، بينما تكون الدوائر الأخرى قريبة من بعضها البعض. أما الحلقة الخامسة فتدل على موثوقية المقاومة، (جدول١) وفي حالة المقاومات بالغة الدقة فإن الحلقات الرقمية تزيد حلقة واحدة لتصبح ثلاث خانات إضافة إلى الحلقات الأخرى.

لون الحلقة	قيمة الحلقة	المضاعف	السماحية
أسود	٠	١	–
بني	١	١٠	±١٪
أحمر	٢	$١٠^{٢}$	±٢٪
برتقالي	٣	$١٠^{٣}$	–
أصفر	٤	$١٠^{٤}$	–
أخضر	٥	$١٠^{٥}$	±٠,٥٪
أزرق	٦	$١٠^{٦}$	±٠,٢٥٪
بنفسجي	٧	$١٠^{٧}$	±٠,١٠٪
رمادي	٨	$١٠^{٨}$	±٠,٠٥٪
أبيض	٩	$١٠^{٩}$	–
ذهبي	–	٠,١	±٥٪
فضي	–	٠,٠١	±١٠٪
لاشيء	–	–	±٢٠٪

● جدول الرموز اللونية للمقاومة.

أمثلة على حساب قيمة المقاومة

١– يوجد على المقاومة الموضحة في شكل (٣) ثلاث حلقات ألوانها من اليسار (أصفر ، بنفسجي، أحمر)، وحلقة أخرى بعيدة عنهم ذهبية، وعلى ذلك يمكن قراءة قيمة هذه المقاومة كالتالي:

– الحلقة الصفراء تمثل الخانة الأولى من اليسار من قيمة المقاومة، وتأخذ الرقم (٤) حسب جدول الرمز اللوني.

–الحلقة البنفسجية تمثل الخانة الثانية من قيمة المقاومة وتأتي على يمين الخانة السابقة، وتأخذ الرقم (٧).

– الحلقة الحمراء تمثل المضاعف (لأن المقاومة لا تحمل إلا ثلاث حلقات فقط)، ولذا تأخذ الرقم (١٠٠).

قيمة المقاوة الكلية = ١٠٠×٤٧ =٤٧٠٠ أوم

٢– مقاومة أخري يوجد عليها ثلاث حلقات (أحمر، أحمر، ذهبي) تكون قيمتها ٢,٢أوم لأن قيمة المضاعف الذهبي (٠,١).

٣– مقاومة تحمل ثلاث حلقات (بني، أسود، ذهبي) تكون قيمتها ١أوم، لأن الأسود قيمته صفر، والمضاعف الذهبي قيمته (٠,١).

توصيل المقاومات

يتم توصيل المقاومات بطريقتين هما:

● **التوصيل على التسلسل :**

يمر التيار في حالة التوصيل على التسلسل(التوالي) من خلال المقاومات واحدة بعد أخرى ولذا فإن شدة التيار تكون متساوية في كل المقاومات ، ويمكن حساب شدة التيار وفرق الجهد ومقدار المقاومة في كل منها كما يلي:

نظراً لأن التيار متساوي في كل المقاومات فإن

$ت (الكلي) = ت_{١} + ت_{٢} + ت_{٣}$

حيث تمثل (ت) شدة التيار.

وحيث أن فرق الجهد الكلي يساوي مجموع فرق الجهد في المقاومات المختلفة فإن:

$ف = ف_{١} + ف_{٢} + ف_{٣}$

حيث تمثل (ف) فرق الجهد.

وحسب قانون أوم

فإن ف = م $ت_{١}$ حيث (م) هي المقاومة

ونظراً لأن قانون **أوم** يجب أن ينطبق على كل الدائرة ، فإن فرق الجهد (المكافئ) = ت م (المكافئة)

$ت م (المكافئة) = ت_{١}م_{١} + ت_{٢}م_{٢} + ت_{٣}م_{٣}$

ولكن $ت = ت_{١} = ت_{٢} = ت_{٣}$

$\therefore ت م (المكافئة) = ت(م_{١} + م_{٢} + م_{٣})$

$\therefore م (المكافئة) = م_{١} + م_{٢} + م_{٣}$

*** التوصيل على التوازي:**

يكون فرق الجهد في حالة التوصيل على التوازي متساوي في جميع المقاومات بينما تختلف شدة التيار في كل منها ويمكن حساب ذلك كما يلي:

$ف (الكلي) = ف_{١} = ف_{٢} = ف_{٣}$

$ت = ت_{١} + ت_{٢} + ت_{٣}$

$ت = \frac{ف}{م}$ قانون أوم.

$\frac{ف}{م} = (المكافئ) = \frac{ف_{١}}{م_{١}} + \frac{ف_{٢}}{م_{٢}} + \frac{ف_{٣}}{م_{٣}}$

ولكن $ف = ف_{١} + ف_{٢} + ف_{٣}$

$\frac{١}{م} (المكافئة) = \frac{١}{م_{١}} + \frac{١}{م_{٢}} + \frac{١}{م_{٣}}$

المصدر:

www.cpemma.co.uk/rheo.html
www.ipass.net/teara/resistors.html
www.doctronics.co.uk/resistors.html
www.the12vot.com/resistors/resistors.asp