

OS RESISTORES

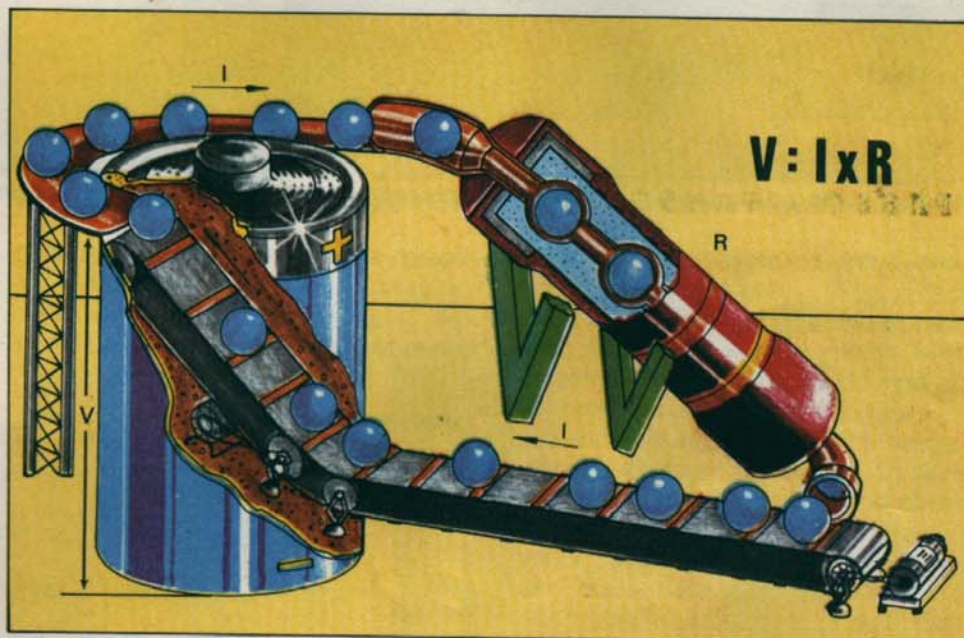
Os resistores são componentes indispensáveis na montagem de qualquer aparelho eletrônico, pois permitem distribuir, de modo controlado, a corrente e a tensão elétrica nos pontos desejados do circuito. Na natureza não existe um condutor perfeito; todos os corpos opõem pelo menos um mínimo de resistência ou dificuldade à passagem da corrente. E é neste fato simples que se baseia o funcionamento dos resistores, que todo interessado em eletrônica deve conhecer.

Os resistores são componentes indispensáveis na montagem de qualquer aparelho eletrônico, pois permitem distribuir, de maneira controlada, a corrente e tensão nos pontos desejados do circuito.

Seu funcionamento baseia-se no fato de, na natureza, não existir o condutor perfeito. Isso significa que todos os corpos que são condutores opõem pelo menos um mínimo de dificuldade à passagem da corrente elétrica. Este fenômeno é sintetizado pela lei de Ohm, uma das leis fundamentais da eletricidade, que estabelece que em qualquer condutor atravessado por uma corrente elétrica se produz uma diferença ou **queda** de tensão entre suas extremidades. Essa queda de tensão, num dado condutor ôhmico, é proporcional à corrente. Variando-se os condutores e mantendo-se constante a corrente, essa queda de tensão depende da resistência própria do condutor usado. Portanto, para correntes circulantes de igual valor, a resistências elevadas correspondem quedas de tensão igualmente elevadas, enquanto que para resistências baixas correspondem quedas de tensão pequenas.

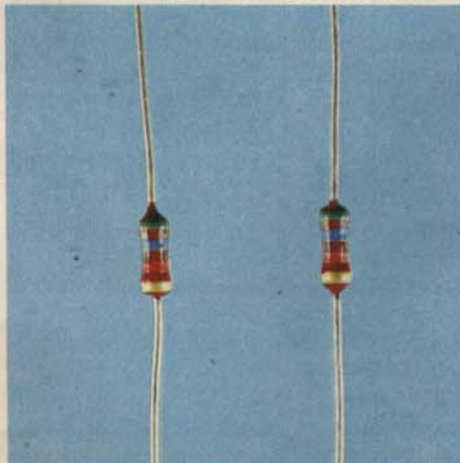
Na construção dos resistores empregam-se materiais de alta resistividade e materiais de resistividade média, de modo a se obter valores de resistência desejados, construindo resistores de pequenas dimensões físicas, adequadas às pequenas dimensões dos componentes utilizados em eletrônica.

A unidade de medida da resistência elétrica, isto é, da dificuldade oposta pelo resistor à movimentação das cargas que originam a corrente elétrica, é denominada **ohm**, e seu símbolo é a letra grega ômega (Ω).

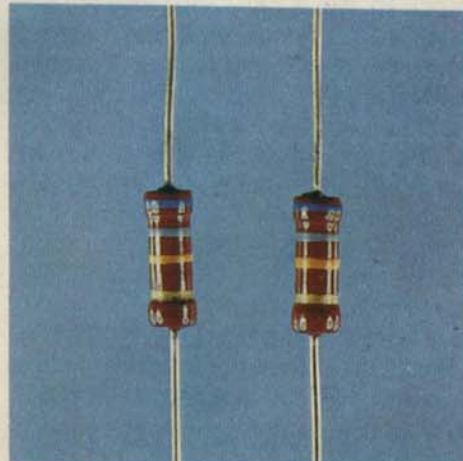


ACIMA: lei de Ohm. A corrente elétrica, representada pelo movimento das esferas que devem superar os obstáculos interpostos a sua passagem pela resistência R, perdendo parte de sua energia. A pilha supre a perda de energia e mantém a corrente estável.

ABAIXO: resistores de carvão de 1/4 de W, valor de 5,6 K Ω e tolerância de 5%.



ABAIXO: resistores de carvão de 1/2 W, valor de 680 K Ω e tolerância de 5%.



COMPONENTES

1 FAIXA	2 FAIXA	3 FAIXA	4 FAIXA	RESISTORES
-	0	x 1		
1	1	x 10	1 %	
2	2	x 100	2 %	
3	3	x 1000		
4	4	x 10000		
5	5	x 100000		
6	6	x 1000000		
7	7	x 10000000		
8	8	x 100000000		
9	9	x 1000000000		

ACIMA: código de cores habitualmente empregado para indicar os valores dos resistores.

Uma outra característica importante dos resistores é sua **tolerância**, consequência direta da impossibilidade de se obter, no processo de fabricação, o valor ôhmico exato preestabelecido. É necessário, portanto, estabelecer os valores mínimo e máximo dentro dos quais pode oscilar o valor da resistência do componente. Esses valores de tolerância são normalmente expressos como porcentagens do valor teórico expresso em ohms. Assim sendo, não basta dizer que um determinado resistor tem o valor de 100 Ω ; é necessário especificar-se também a tolerância. No caso de um resistor de 100 Ω , uma tolerância de 10% indica que o valor da resistência do componente está compreendido entre 90 e 110 Ω .

Existem, sem dúvida, resistores de alta precisão, isto é, caracterizados por baixíssima tolerância, mas seu custo é muito elevado e seu emprego, portanto, fica limitado a aplicações muito especiais. Como princípio geral, empregam-se, nas aplicações normais, componentes com tolerâncias padronizadas divididos em duas categorias: E24 para 5% e 10%, e E96 (E48) para 1% e 2%, embora os de 10% estejam desaparecendo devido a seu pouco uso e à melhoria dos processos de fabricação que permitem obter componentes com menores tolerâncias sem grandes dificuldades tecnológicas e sem acréscimo apreciável no custo de produção.

Foram ainda estabelecidos, com base no valor ôhmico e na tolerância, valores padrões (**standards**) que compreendem a variedade de resistores de 1 Ω em diante. Esses valores são:

E 24	E 96 (E 48 em negrito)			
1	1	1,78	3,16	5,62
1,1	1,02	1,82	3,24	5,76
1,2	1,05	1,87	3,32	5,90
1,3	1,07	1,91	3,40	6,04
1,5	1,10	1,96	3,48	6,19
1,6	1,13	2,00	3,57	6,34
1,8	1,15	2,05	3,65	6,49
2	1,18	2,10	3,74	6,65
2,2	1,21	2,15	3,83	6,81
2,4	1,24	2,21	3,92	6,98
2,7	1,27	2,26	4,02	7,15
3	1,30	2,32	4,12	7,32
3,3	1,33	2,37	4,22	7,50
3,6	1,37	2,43	4,32	7,68
3,9	1,40	2,49	4,42	7,87
4,3	1,43	2,55	4,53	8,06
4,7	1,47	2,61	4,64	8,25
5,1	1,50	2,67	4,75	8,45
5,6	1,54	2,74	4,87	8,66
6,2	1,58	2,80	4,99	8,87
6,8	1,62	2,87	5,11	9,09
7,5	1,65	2,94	5,23	9,31
8,2	1,69	3,01	5,36	9,53
9,1	1,74	3,09	5,49	9,76

A série total dos valores de todos os tipos obtém-se multiplicando por 10, 100, 1 000, 10 000, 100 000, 1 000 000 os números da tabela esquemática acima. Para evitar o emprego de números

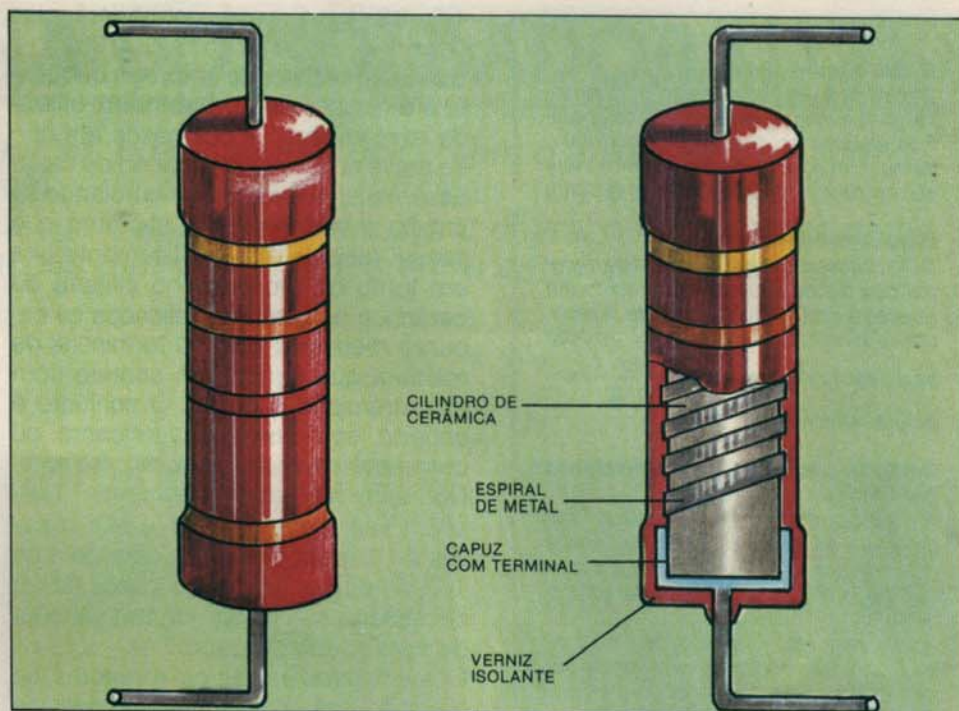
com muitos zeros na designação do valor dos resistores, usam-se duas letras, K (Kilo = 1 000) e M (Mega = 1 000 000) que funcionam como multiplicadores. Por exemplo, toma-se um valor qualquer da tabela: 2,7 Ω ; se a este valor junta-se a letra K, obtém-se 2,7 K Ω , ou seja, 2 700 Ω ; juntando-se a letra M tem-se 2,7 M Ω , isto é, 2 700 000 Ω . Para exprimir o valor de um resistor usa-se também um sistema de sinais coloridos que traduz todos os valores da tabela. Esse sistema, denominado código de cores, consiste em pintar no corpo do resistor quatro anéis; os dois primeiros correspondem aos dois números que indicam o valor tirado da tabela de valores numéricos, o terceiro indica o número de zeros que se deve juntar ao número, e o quarto indica a tolerância. Na escolha de um resistor é necessário levar-se em conta a sua capacidade de suportar a dissipação da energia sob a forma de calor. O fenômeno da produção de calor é devido ao fato de os elétrons, atravessando o componente, perderem uma certa quantidade de energia utilizada para vencer a resistência do próprio componente à movimentação desses elétrons. Esta energia transforma-se em calor e depende, logicamente, do número de elétrons envolvidos, ou seja, da intensidade da corrente circulante. Para um valor fixo de resistência do componente, por exemplo,



ACIMA: são os diferentes tamanhos dos resistores pirolíticos que determinam a capacidade de dispersar o calor.



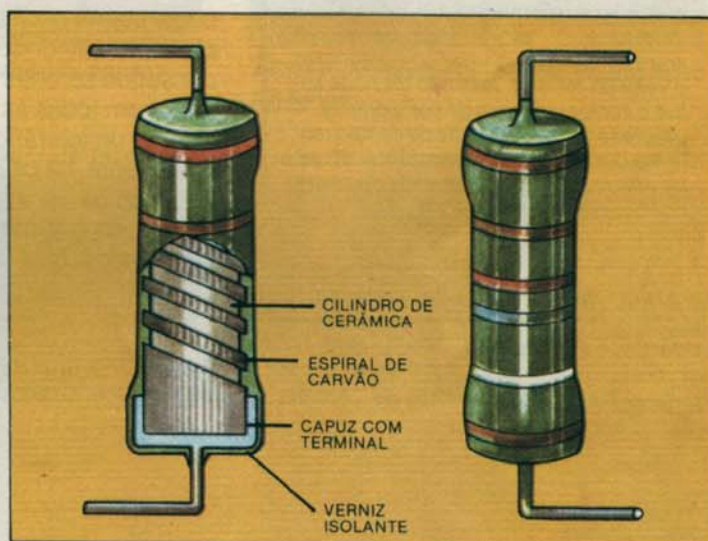
ACIMA: resistor bobinado de 24 Ω e tolerância de 5%.



ACIMA: resistor de fita metálica, mostrando-se sua estrutura externa e interna.



ACIMA: fases de fabricação de um resistor de película de carvão.



ACIMA: estruturas interna e externa de um resistor comum de carvão.

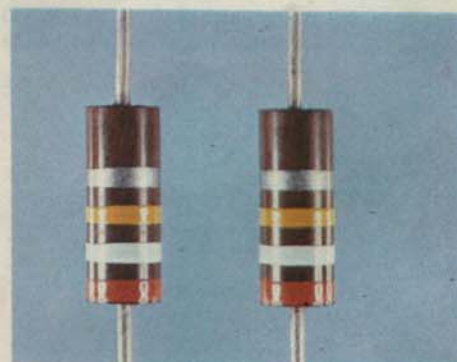
100 Ω , a quantidade de calor dispersa no ambiente, quando circula uma corrente de 2 ampères, é quatro vezes superior à energia dispersa no caso de uma corrente de 1 ampère.

A maior ou menor capacidade de dissipação de calor é um fator que influi nas dimensões físicas do resistor e que obriga, em alguns casos, a empregar tipos especiais de resistores denominados **de alta potência**.

O resistor **de baixa potência** mais comum é o de carvão, que consiste em um pequeno cilindro de cerâmica recoberto por uma camada de carvão e do-

tado de dois capuzes metálicos, colocados em ambas as extremidades, e aos quais são ligados os terminais. O valor ôhmico destes resistores é ajustado fazendo-se estrias espiraladas na película de carvão, retirando-se mais ou menos material, de modo a formar uma espiral de carvão ao longo e em volta do cilindro. O corpo do resistor é revestido com uma camada de verniz isolante sobre a qual são pintados os anéis do código de cores.

Esse tipo de resistor é encontrado no mercado em diferentes formatos que correspondem a potências de 1/8, 1/4,



ACIMA: resistores pirolíticos de 1 W, valor de 390 K Ω e tolerância de 10%.

COMPONENTES

O que é um resistor?

O resistor é um componente indispensável para a montagem de todos os aparelhos eletrônicos, pois permite distribuir, de maneira controlada, a corrente e a tensão em determinados pontos do circuito.

O que é resistividade?

É um índice característico de cada material que define seu comportamento em relação à circulação de corrente. A resistência relaciona-se com a resistividade

pela seguinte expressão: $R = \frac{\rho \cdot l}{A}$ sendo ρ a resistividade.

Como se calcula a potência dissipada por um resistor?

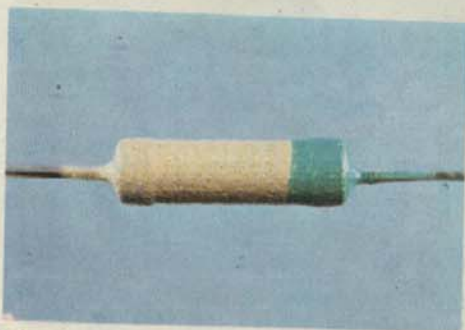
A potência dissipada num resistor é dada pelo produto $V \cdot I$, onde V é a tensão aplicada em seus terminais e I é a corrente que circula por ele. Portanto: $Pd = V \cdot I$.

Porém, num resistor ôhmico temos: $V = R \cdot I$. Com isso podemos escrever as seguintes fórmulas para o cálculo da potência: $Pd = V^2/R$ ou $Pd = I^2 \cdot R$.

Que diferença existe entre os termos precisão e tolerância?

Tolerância indica um grupo de valores entre os quais deve estar compreendido o valor do resistor, mas não diz nada sobre o comportamento do componente. A **precisão** ou **estabilidade** do componente, ao contrário, indica constância do valor da resistência independentemente dos fatores elétricos e ambientais.

ABAIXO: dois resistores variáveis em função da temperatura, do tipo denominado CNT (em inglês, NTC). Embaixo, um resistor do tipo RDT (em inglês, VDR), resistor dependente de tensão.



1/3, 1/2, 1 e 2 watts, com tolerâncias de $\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$.

Um outro resistor de emprego frequente é o resistor **de fio bobinado**, utilizado exclusivamente nos casos em que se prevê uma forte dissipação de calor. Esse resistor é fabricado enrolando-se um fio metálico de níquel-cromo que possui resistividade relativamente alta em torno de um pequeno cilindro de cerâmica ao qual são aplicados os capuzes metálicos com os terminais, de maneira que fiquem em contato com as extremidades do fio. O conjunto é coberto com esmalte vitrificante ou com uma camada de verniz isolante. Normalmente estes resistores possuem tolerância de 10% e são capazes de dissipar potências da ordem de 100 W, o que, em certos casos, torna necessário o emprego de um sistema de ventilação adequado.

Existem também outros resistores de precisão, constituídos por uma película metálica trabalhada em espiral, como no caso dos resistores de carvão, colocada sobre um suporte de cerâmica, plano ou cilíndrico. Com esse sistema consegue-se obter resistores muito estáveis em todas as temperaturas e com valores de tolerância bastante baixos. Finalmente, há os resistores com a propriedade de variar seu valor ôhmico de acordo com a temperatura a que são submetidos, ou mesmo segundo a ten-

são de corrente aplicada. Esses resistores são de dois tipos:

- resistores de **Coefficiente Negativo de Temperatura**, CNT (em inglês, NTC)
- resistores de **Coefficiente Positivo de Temperatura**, CPT (em inglês, PTC).

Os primeiros atuam baixando o valor ôhmico diante de um aumento de temperatura, enquanto os segundos comportam-se de modo oposto, isto é, seu valor ôhmico cresce com a elevação de temperatura. Esses resistores são empregados para estabilizar, do ponto de vista térmico, alguns circuitos, ou mesmo como sensores em aparelhos de regulação de temperatura.

Existem também resistores cujo valor ôhmico depende da tensão aplicada em seus terminais.

Os resistores sensíveis à tensão aplicada são chamados de **Resistores Dependentes de Tensão**, RDT (em inglês, VDR), e funcionam diminuindo seu valor ôhmico em presença de um aumento de tensão. Esses resistores habitualmente são empregados nos estabilizadores de tensão (de voltagem). Finalmente existem resistores cujo valor de resistência ôhmica depende da luz incidente sobre eles. São os chamados **Resistores Dependentes da Luz**, RDL (em inglês, LDR). Os RDL são empregados em relés fotoelétricos e no controle automático de luminosidade em aparelhos de TV.

ABAIXO: grupo de resistores bobinados de diversos tipos. O do alto, de 15 Ω , tem os terminais colocados em uma única extremidade.

