



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Elétrica

Materiais usados em resistores

EEL7051 – Laboratório de Materiais Elétricos

Aluno: Cristiano P. Costa Neves

Turma: 0541B

Florianópolis, agosto de 2006

1 Introdução

O objetivo deste documento é apresentar brevemente os materiais usados nos vários tipos de resistores suas principais aplicações.

Primeiro é abordado uma conceituação de resistores, e na seção posterior são abordados os vários tipos e aplicações, os materiais usados e seus aspectos.

2 Resistores

O resistor é um dispositivo elétrico cuja função é reduzir corrente elétrica, transformando energia elétrica em energia térmica (efeito joule), a partir do material empregado.

A característica principal de um resistor é sua resistência, dada em Ohms, possuindo relação entre tensão e corrente. Essa relação é dada por uma simples equação, Lei de Ohm:

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

Onde V é a tensão em Volts, I é a corrente que circula através de um objeto em Ampères, e R é a resistência em ohms. Se V e I tiverem uma relação linear - isto é, R é constante - ao longo de uma gama de valores, o material do objeto é chamado de ohmico. Um resistor ideal tem uma resistência fixa ao longo de todas as frequências e amplitudes de tensão e corrente.

A resistência de um componente pode ser calculada pelas suas características físicas. A resistência é proporcional ao comprimento do resistor e à resistividade do material (uma propriedade do material), e inversamente proporcional à área da seção transversal. A equação para determinar a resistência de uma seção do material é:

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

Onde ρ é a resistividade do material, L é o comprimento, e A é a área da seção transversal. Isso pode ser estendido a uma integral para áreas mais complexas, mas essa fórmula simples é aplicável a fios cilíndricos e à maioria dos condutores comuns. Esse valor está sujeito a mudanças em altas frequências devido ao efeito skin, que diminui a superfície disponível da área.

A resistência não é o único fator a ser considerado no resistor. A tolerância e a potência

também são importantes.

A tolerância do resistor denota o quão perto a resistência real está do valor nominal. Por exemplo, um resistor de tolerância de $\pm 5\%$ indica que a resistência real está dentro de $\pm 5\%$ do valor nominal.

O valor de potência indica qual a máxima potência que o resistor pode tolerar. A potência é especificada em Watts. A potência é calculada usando o quadrado da corrente multiplicado pelo valor da resistência ($I^2 \times R$). Caso a potência seja excedida, o resistor irá aquecer por efeito joule podendo queimar. Resistores em circuitos eletrônicos possuem valores típicos de potência de 1/8W, 1/4W, e 1/2W.

Qualquer objeto físico, de qualquer material pode se comportar como um tipo de resistor. A maioria dos metais são materiais condutores, e opõe baixa resistência ao fluxo de corrente elétrica. O corpo humano, um pedaço de plástico, ou mesmo o vácuo têm uma resistência que pode ser mensurada. Materiais que possuem resistência muito alta são chamados isolantes ou isoladores.

3 Tipos de Resistores e Materiais

Os resistores podem ser fixos ou variáveis. Nos fixos, a resistência varia linearmente com a temperatura e não varia com outras grandezas, tal como tensão. A variação linear pela temperatura é dada geralmente em ppm (pontos por milhão) por graus Célsius. A maior parte dos resistores usados em aplicações industriais são de 100 ppm, variando $100/10^6 = 10^{-4}$ a cada grau Celsius. São usados geralmente em circuitos eletrônicos nos formatos axial ou SMT (Surface-mount technology) para potência baixa. Para potência alta os resistores são construídos com de forma a dissipar a potência (resistor de fio bobinado ou placas de aço). Os resistores variáveis podem ter sua resistência alterada por seleção manual (potenciômetro) ou por outras grandezas do meio, como tensão (varistor), temperatura (termistor), luminosidade (LDR).

Nos itens a seguir são descritos os tipos mais comuns de resistores fixos e variáveis e seus valores

3.1 Resistores de Carbono

São resistores fixos, feitos através de pó de carbono misturado com fenolíte moldado. É envolvido em case isolante com pontas condutoras.

As aplicações para esses resistores são em circuitos eletrônicos onde o erro em seu valor não tem uma influência grande, já que o erro mínimo com esse material é de $\pm 5\%$ do valor nominal. Em geral o erro pode chegar a $\pm 20\%$.

Esse tipo de resistor possui custo baixo e facilidade de fabricação, porém além do erro

alto, ainda existem outros problemas relacionados a seu uso:

- ♦ Através do tempo, podem ocorrer problemas relacionados a falhas na mistura carbono-fenolíte gerando erros de até 20% do valor inicial. Esse tipo de problema é contornado levando os componentes a forno por 100° Célsius, de acordo com recomendação do fabricante.
- ♦ Para reduzir problemas relacionados a umidade esses resistores devem operar com potência 20% menor que a nominal.
- ♦ A tolerância por tensão alta é menor que outros resistores de valor fixo.

Os encapsulamentos disponíveis são axial e SMT (Surface-mount technology), exibidos nas figuras a seguir.



Figura 1: Encapsulamento axial.



Figura 2: Encapsulamento SMT.

3.2 Resistores de Filme de Carbono

Para esses resistores fixos, durante a construção, uma película fina de carbono (filme) é depositada sobre um pequeno tubo de cerâmica. O filme resistivo é enrolado em hélice até que a resistência entre os dois extremos fique tão próxima quanto possível do valor que se deseja. São acrescentados terminais (um em forma de tampa e outro em forma de fio) em cada extremo e, a seguir, o resistor é recoberto com uma camada isolante. Os encapsulamentos disponíveis são axial e SMT (Surface-mount technology).

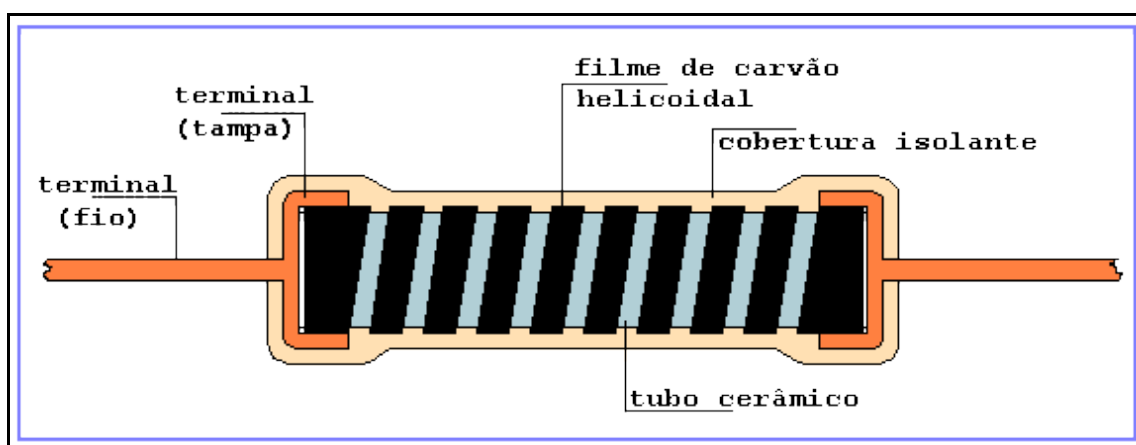


Figura 3: Esquema de construção de resistor de filme de carbono.

Assim como o resistor de carbono, esse tipo de resistor possui custo baixo e facilidade de fabricação, tendo suas aplicações em circuitos eletrônicos onde o erro em seu valor não tem uma influência grande, sendo o erro mínimo com esse material de $\pm 5\%$ do valor nominal. A potência nominal frequentemente usadas são de 1/8W, 1/4W and 1/2W.

A grande desvantagem do resistor de filme de carbono é o nível de ruído alto que esses componentes geram em circuitos elétricos analógicos.

3.3 Resistores de Filme de Metal

Resistores fixos de filme de metal ou de óxido de metal são feitos de maneira similar aos de filme carbono, com Ni-Cr (Nicromo) usado como o material de fabricação mais comum. Apresentam maior acuidade em seus valores. Podem ser obtidos com tolerâncias de até $\pm 0,1\%$. Porém geralmente são usados com tolerância de 1%. Os encapsulamentos disponíveis são axial e SMT (Surface-mount technology).

Diferente dos resistores de carbono, esse tipo de resistor não possui problemas com

ruídos em circuitos analógicos, problemas com isolamento, ou outros problemas apresentados durante sua vida útil, sendo usados em aplicações que necessitam de maior precisão.

3.4 Resistores de Enrolamento de Fio para Potências Elevadas

Resistores fixos de fio, são feitos enrolando fios finos, de ligas especiais, sobre uma barra cerâmica. Cerâmicas isolantes são colocados em alguns casos envolvendo o enrolamento. Esses resistores podem ser confeccionados com extrema precisão ao ponto de serem recomendados para circuitos e reparos de multítestes, osciloscópios e outros aparelhos de medição.

Permitem passagem de corrente muito intensa sem que ocorra aquecimento excessivo, porém apenas para aplicações em frequência baixa, pois possui característica de indutores (enrolamento de fio).

Dado a sua característica construtiva possuem custo mais elevado que resistores de potência baixa, sendo usados em aplicações especiais.



Figura 4: Resistor para potência alta – enrolamento de fios envolvido em cerâmica isolante.



Figura 5: Resistor para potência alta – enrolamento de fios.

Dependendo da potência a ser dissipada devem usar outros recursos que permitam uma maior dissipação para os seus tamanhos. Um dos recursos é manter uma ventilação forçada mediante ventiladores. Outro, é coloca-los no interior de uma cápsula de alumínio dotada de aletas. Isso determina uma superfície efetiva bem maior.

3.5 Resistores de Placas de Aço para Potências Elevadas

São resistores fixos compostos por séries de placas de aço inoxidável podendo chegar a 40 placas. Possuem a característica de dissipar potência muito elevada, porém possuem nível alto de ruído e não deve ser usado em circuitos analógicos de precisão.

Tal como os resistores de enrolamento de fio, dependendo da potência a ser dissipada é necessário uso de ventilação ou superfícies para evitar super aquecimento.



Figura 6: Resistor para potência alta – placas de aço em série.

3.6 Potenciômetros e Reostato

Para esse dispositivo o valor de nominal de resistência é alterado ao girar um eixo, deslizar uma alavanca ou chave. Possuem composições semelhantes aos resistores de valores fixos, sendo alterado somente sua estrutura incluindo algum tipo de chave. Os materiais usados geralmente são:

- ♦ Carbono com fenolite (mesma composição de resistores de carbono).
- ♦ Bobina de fio metal.
- ♦ Cermet (cerâmica/ metal) – combina as melhores características de metal e cerâmica tal como leveza e robustez. Composto por 80% cerâmica e 20% metal. Os metais mais usados são níquel, cobalto, molibdênio.



Figura 7: Vários tipos de potenciômetros.

O reostato em geral é um resistor variável com dois terminais, sendo um fixo e o outro deslizante. Geralmente são utilizados em aplicações com altas correntes e circuitos AC.

3.7 Varistor de Cerâmica

Varistores são materiais cerâmicos densos, caracterizados por uma resistência elétrica que diminui com o aumento do potencial aplicado, ou seja, são materiais que não obedecem a lei de Ohm.

São compostos por cerâmicas policristalinas e como todo material policristalino possuem alta concentração de defeitos estruturais, superficiais e eletrônicos (intrínsecos e extrínsecos, quando dopados). O tipo e a quantidade dessas micro estruturas estão diretamente relacionados com as diversas propriedades elétricas.

Esses componentes atuam como dispositivos de proteção em equipamentos eletroeletrônicos, cuja função é restringir sobre tensões transitórias, ou seja, tem como principal função manter o valor do potencial elétrico quando ocorre um grande aumento na intensidade do campo elétrico aplicado.



Figura 8: Varistor de cerâmica.

3.8 Metal Óxido Varistor (M.O.V).

Composto por grãos de óxido metálico (geralmente zinco) inseridos em uma matriz de grãos de outros óxidos metálicos armazenados entre duas placas metálicas (eletrodos), é um tipo especial de resistor que tem dois valores de resistência muito diferentes, um valor muito alto em baixas tensões (abaixo de uma tensão específica), e outro valor baixo de resistência se submetido a altas tensões (acima da tensão específica do varistor). Ele é usado geralmente para proteção contra curtos-circuitos em extensões ou pára-raios usados nos postes de ruas, ou como "trava" em circuitos eletromotores.

3.9 Termístor

Termístor (ou termistor) são compostos por semicondutores sensíveis à temperatura a base de óxido metálico (alumínio – silício, bário – chumbo).

Existem basicamente três tipos de termístores:

- ♦ NTC (do inglês Negative Temperature Coefficient) - termístores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é negativo: a resistência diminui com o aumento da temperatura.
- ♦ PTC (do inglês Positive Temperature Coefficient) - termístores cujo coeficiente de variação de resistência com a temperatura é positivo: a resistência aumenta com o

aumento da temperatura.

- ♦ CTR (do inglês Critical Temperature Resistor Thermistor) – o valor da resistência cai subitamente quando a temperatura atinge certo nível.

Usados em sensores de temperatura e polarização de circuitos. Uma versão especializada de PTC é o polyswitch que age como um fusível auto-rearmável. NTC são freqüentemente usados em detectores simples de temperaturas, e instrumentos de medidas.



Figura 9: Termistor.

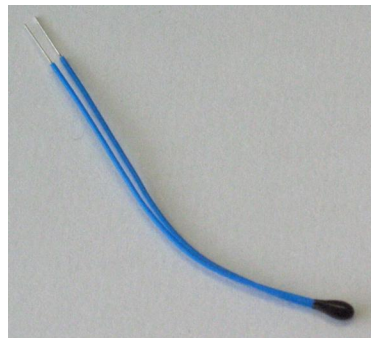


Figura 10: Termistor tipo NTC usado em termopares.

3.10 LDR

LDR (do inglês Light Dependent Resistor ou em português Resistor Variável Conforme Incidência De Luz) é um tipo de resistor cuja resistência varia conforme a intensidade de radiação eletromagnética do espectro visível que incide sobre ele, diminuindo quando a luz é muito alta, e aumentando quando a luz é baixa.

Formado por uma trilha ondulada composta por sulfeto de cádmio (CdS) ou seleneto de cádmio (CdSe). A iluminação provoca liberação de portadores de carga elétrica fazendo com que a resistência diminua.

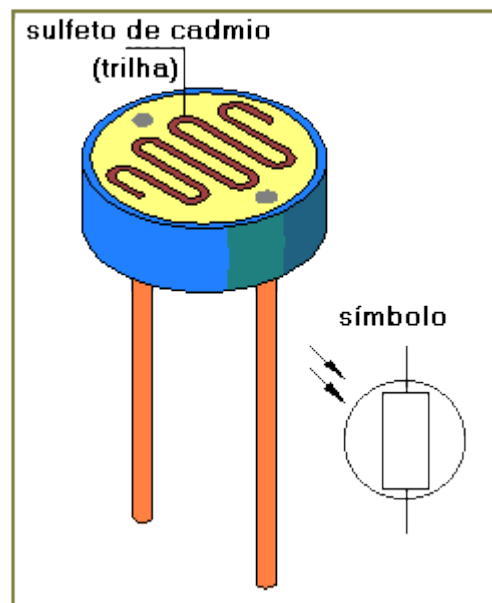


Figura 11: Funcionamento do LDR.

A resistência com muita iluminação é de geralmente 200Ω , e para pouca ou nenhuma luz é de $2M\Omega$.



Figura 12: Componente LDR.

4 Referências

- ◆ <http://pt.wikipedia.org/wiki/Resistor>.
- ◆ <http://www.cmdmc.com.br/pesquisa/varistores/page2.php>.
- ◆ <http://pt.wikipedia.org/wiki/Termistor>.
- ◆ <http://www.postglover.com/resistortypes.aspx>.
- ◆ <http://en.wikipedia.org/wiki/Resistor>.
- ◆ <http://www.teamsaber.com/john/ee/resistor.html>.
- ◆ http://www.interq.or.jp/japan/se-inoue/e_resistor.htm.
- ◆ http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/12_T02.asp.
- ◆ <http://sound.westhost.com/pots.htm>.
- ◆ <http://en.wikipedia.org/wiki/Varistor>.