

APRENDENDO RESISTOR

PARTE 2



RESISTOR (parte2)

RESISTOR (parte 2)

Como já mencionado, os resistores são classificados em dois tipos: fixos e variáveis. Os resistores fixos são aqueles cujo valor da resistência não pode ser alterada, enquanto que os variáveis têm a sua resistência modificada dentro de uma faixa de valores através de um cursor móvel.

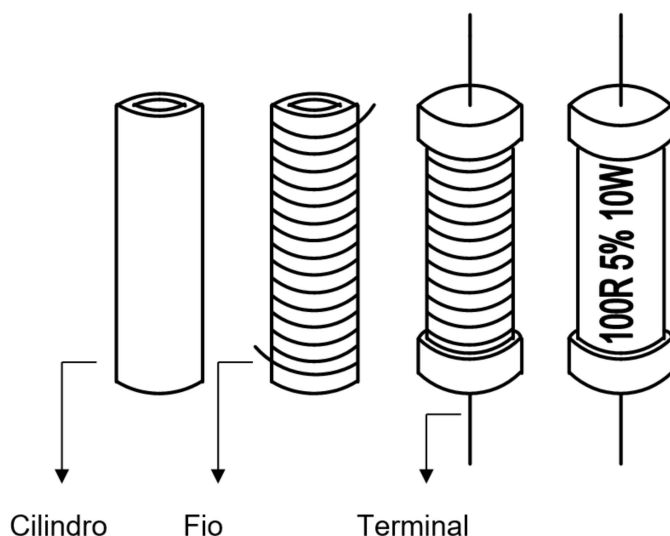
RESISTOR FIXO

Os resistores fixos são comumente especificados por três parâmetros: o valor nominal da resistência elétrica; a tolerância, ou seja, a máxima variação em porcentagem do valor nominal; e a máxima potência elétrica dissipada. Exemplo: Um resistor com valores de 100Ω , $\pm 5\%$ e $1/4W$, significa que possui um valor nominal de resistência de 100Ω (Ôhms), uma tolerância sobre esse valor de mais ou menos 5% e pode dissipar uma potência de no máximo $1/4W$ (Watts) ou $0,25W$.

Dentre os tipos de resistores fixos, destacamos os de fio, de filme de carbono e o de filme metálico.

Resistor de fio : Consiste basicamente em tubo cerâmico, que servirá de suporte para enrolarmos um determinado comprimento de fio, de liga especial (níquel-cromo) para obter-se o valor desejado. Os terminais desse fio são conectados aos terminais presos ao tubo.

Figura 1



Os resistores de fio são encontrados com valores de resistência de alguns Ôhms (Ω) até alguns quilo Ôhms ($k\Omega$), e são aplicados onde se exige altos valores de potência, acima de 5W (Watts), sendo sua especificações impressas no próprio corpo.

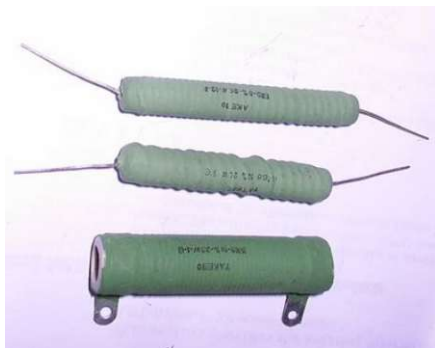


Figura 2

Resistor de filme de carbono: Consiste em um cilindro de porcelana recoberta por um filme (película) de carbono. O valor da resistência é obtido mediante a formação de sulco (corte), transformando a película em uma fita helicoidal. Esse valor pode variar conforme a espessura do filme e largura da fita formada. Como revestimento, encontramos uma resina protetora sobre a qual será impresso um código de cores, que identificará seu valor nominal e tolerância.

Observe a figura 3.

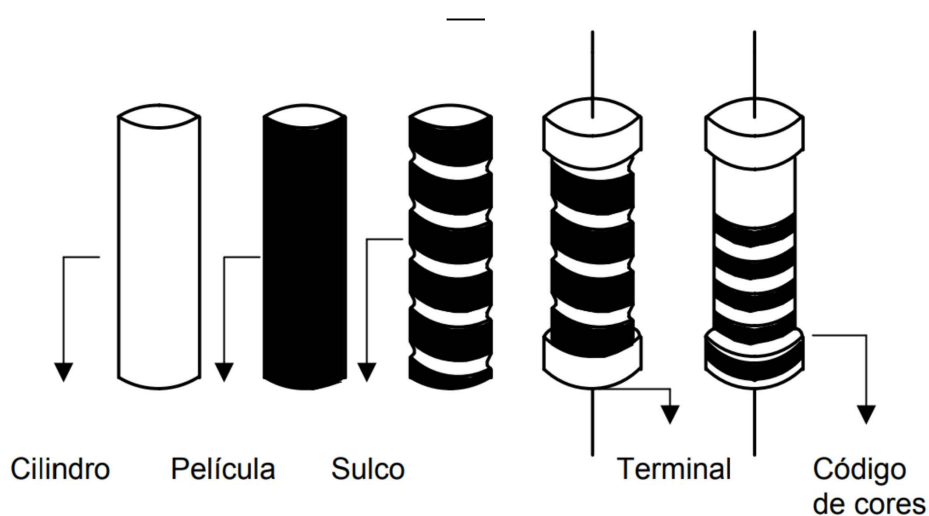


Figura 3

Os resistores de filme de carbono são destinados ao uso geral e suas dimensões físicas determinam a máxima potência que pode dissipar.



Figura 4

Resistor de filme metálico: Sua estrutura é idêntica ao de filme de carbono, somente que, utilizamos uma liga metálica (níquel-cromo) para formarmos a película, obtendo valores mais precisos de resistência, com tolerâncias abaixo de 2%. Os de filme metálico também possuem melhor dissipação de calor, possuindo assim, potências maiores que os de filme de carbono, mantendo-se em tamanhos reduzidos.



Figura 5

Pacotes de resistores

Os resistores geralmente vêm em três tipos de terminação:

- Plated Through Hole (PTH)
- Surface Mount Technology / Device (SMT / SMD)
- Metal Electrode Leadless Face (MELF).

O PTH deve ser usado em placas de ensaio, prototipagem e montagem através de orifícios em PCBs. Os tipos de terminação SMT / SMD são destinados à soldagem sobre bases de aterrissagem em PCBs.

Os resistores de estilo MELF são como resistores SMD / SMT, mas eles têm uma forma cilíndrica e sem terminais. Eles também devem ser soldados em bases de aterrissagem em PCBs. Os resistores MELF têm a vantagem de menor coeficiente térmico e melhor estabilidade em relação aos resistores SMD / SMT,

embora possam ser difíceis de manusear por uma máquina de montagem mecanizada. Em todos os tipos de terminação, os resistores vêm em vários formatos e tamanhos. Essas formas e tamanhos são chamados de pacotes. O mais comum é o pacote axial ou pacote radial com terminação PTH. Os resistores MELF vêm principalmente em três pacotes - MicroMELF, MiniMELF e MELF.

Da mesma forma, os resistores SMD / SMT vêm em vários pacotes que são padronizados por meio de códigos imperiais ou métricos de quatro dígitos por organizações como a JEDEC.

R47	4R7	47R	K47	4K7	47K	M47	4M7
0.47 Ω	4.7 Ω	47 Ω	470 Ω	4.7 kΩ	47 kΩ	470 kΩ	4.7 MΩ
R464	464R	4K64	471	472	473	474	475
0.464 Ω	464 Ω	4.64 kΩ	470 Ω	4.7 kΩ	47 kΩ	470 kΩ	4.7 MΩ
4640	470	0 00 000 0000					
464 Ω	47 Ω	SHORT-CIRCUITING "ZERO-OHM LINKS" OR "JUMPERS"					
THESE STYLES ARE AMBIGUOUS AND ARE RARELY USED							



IMAGEM AMPLIADA



Comparando os dois

Figura 6



Figura 7a



Figura 7b

Na figura 7a, temos resistores SMD MELF, tem o formato tubular, como os resistores comuns (PTH), porém sem os terminais longos.

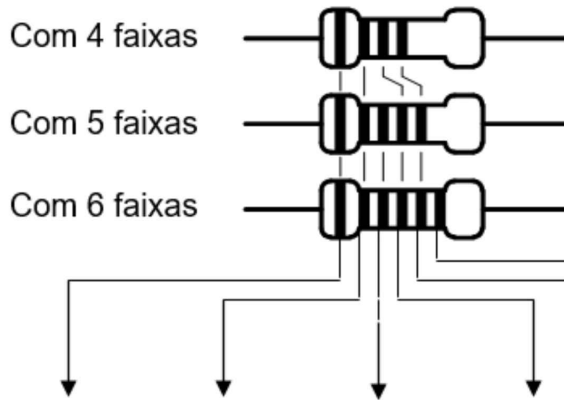
Na figura 7b, temos os resistores SMD planos individuais ou conjuntos, tipo malha resistiva.

Os MELF e planos também possuem vários tamanhos e potência.

CÓDIGO DE RESISTORES

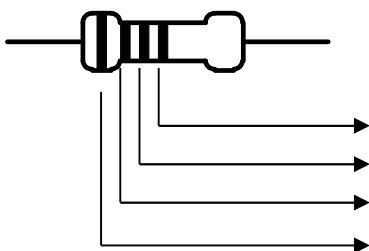
Os resistores de filme de uso geral, possuem impresso em seu corpo um código de cores que identifica a sua resistência, tolerância e às vezes o coeficiente de temperatura, que vem a ser a variação do valor de resistência com o variação de temperatura de trabalho.

A tabela a seguir, mostra como fazer a leitura desse código de cores.



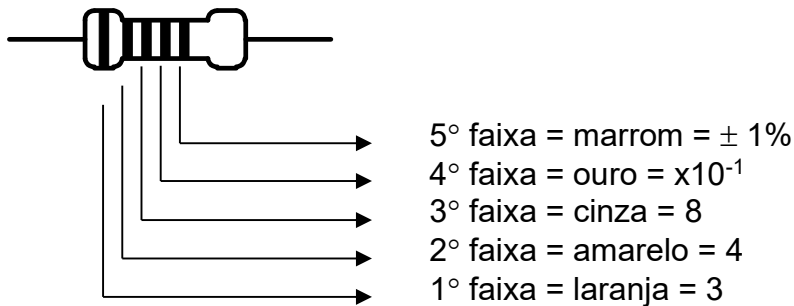
Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância	Coef. de Temperatura
Preto	0	0	0	x 1 Ω		
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%	100 PPM/°C
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%	50 PPM/°C
Laranja	3	3	3	x 1K Ω		15 PPM/°C
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω		25 PPM/°C
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- 0,5%	
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- 0,25%	10 PPM/°C
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- 0,1%	5 PPM/°C
Cinza	8	8	8		+/- 0,05%	
Branco	9	9	9			1PPM/°C
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%	
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%	

Exemplo:



4º faixa = ouro = ± 5 %
 3º faixa = vermelho = x10²
 2º faixa = violeta = 7
 1º faixa = amarela = 4

$$47 \times 10^2 \pm 5 \% = 4700\Omega \pm 5 \% = 4,7k\Omega \pm 5 \% = \mathbf{4k7 \pm 5 \%}$$



$$348 \times 10^{-1} \pm 1\% = \mathbf{34,8\Omega \pm 1\%}$$

Resistores com 4 faixas são de filme de carbono e possuem tolerâncias acima de 1%.

Resistores com 5 faixas são de filme metálico e de precisão, ou seja, de tolerância menores que 2%, embora alguns fabricantes já fazem uso da quinta faixa para resistência acima de 1%.

Resistores com 6 faixas, além de serem de precisão, possuem a indicação de coeficiente de temperatura. Esse coeficiente de temperatura é dado em PPM/°C, que significa Parte Por Milhão por Grau. Por exemplo, uma faixa de coeficiente de cor laranja, significa que o resistor sofre uma variação de sua resistência de 15Ω para cada $1M\Omega$ por grau de temperatura.

Podemos encontrar em alguns circuitos antigos, resistores com apenas 3 faixas, por não existir a faixa de tolerância, indicando assim que o resistor possui uma tolerância de $\pm 20\%$ (Atualmente em 2021 nem mesmo os resistores de 10% não encontrados mais comercialmente).

Os resistores com código de cores, pode nos deixar na dúvida quanto a que lado do resistor devemos começar a leitura do código. Para esclarecermos essas dúvidas, devemos nos atentar para as seguintes dicas:

- As faixas normalmente são agrupadas do lado de um dos terminais, portanto a faixa mais próxima desse terminal é a primeira, ou primeiro algarismo significativo;
- A primeira faixa nunca deverá ser de cor prata ou ouro, conforme tabela;
- A segunda faixa nunca deverá ser de cor prata ou ouro, conforme tabela;
- Geralmente quando não se consegue posicionar, faz-se a leitura nos dois sentidos, e a que a tabela não permitir, descarta-se. Entretanto, existem alguns resistores de precisão que se consegue ler pela tabela dois valores diferentes, e nesse caso devemos usar de outro recurso. Os resistores obedecem uma série de valores comerciais, que basta comparar os dois valores obtidos, para verificar qual deles existe. Depois de todas as tentativas anteriores, essa última é infalível.

Os valores comerciais para resistores obedecem as séries E-6, E-12, E-24, E-48, E-96 e E-192 apresentadas na tabela a seguir:

Os Resistores das séries E6, E12, E24

Série E6	1.0			1.5			2.2			3.3			4.7			6.8								
Série E12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2												
Série E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

Os Resistores da série E48

Série E48	1.00, 1.05, 1.10, 1.15, 1.21, 1.27, 1.33, 1.40, 1.47, 1.54, 1.62, 1.69, 1.78, 1.87, 1.96, 2.05, 2.15, 2.26, 2.37, 2.49, 2.61, 2.74, 2.87, 3.01, 3.16, 3.32, 3.48, 3.65, 3.83, 4.02, 4.22, 4.42, 4.64, 4.87, 5.11, 5.36, 5.62, 5.90, 6.19, 6.49, 6.81, 7.15, 7.50, 7.87, 8.25, 8.66, 9.09, 9.53
-----------	--

Os Resistores da série E96

Série E96	1.00, 1.02, 1.05, 1.07, 1.10, 1.13, 1.15, 1.18, 1.21, 1.24, 1.27, 1.30, 1.33, 1.37, 1.40, 1.43, 1.47, 1.50, 1.54, 1.58, 1.62, 1.65, 1.69, 1.74, 1.78, 1.82, 1.87, 1.91, 1.96, 2.00, 2.05, 2.10, 2.15, 2.21, 2.26, 2.32, 2.37, 2.43, 2.49, 2.55, 2.61, 2.67, 2.74, 2.80, 2.87, 2.94, 3.01, 3.09, 3.16, 3.24, 3.32, 3.40, 3.48, 3.57, 3.65, 3.74, 3.83, 3.92, 4.02, 4.12, 4.22, 4.32, 4.42, 4.53, 4.64, 4.75, 4.87, 4.99, 5.11, 5.23, 5.36, 5.49, 5.62, 5.76, 5.90, 6.04, 6.19, 6.34, 6.49, 6.65, 6.81, 6.98, 7.15, 7.32, 7.50, 7.68, 7.87, 8.06, 8.25, 8.45, 8.66, 8.87, 9.09, 9.31, 9.53, 9.76
-----------	--

Os Resistores da série E192

Série E192	1.00, 1.01, 1.02, 1.04, 1.05, 1.06, 1.07, 1.09, 1.10, 1.11, 1.13, 1.14, 1.15, 1.17, 1.18, 1.20, 1.21, 1.23, 1.24, 1.26, 1.27, 1.29, 1.30, 1.32, 1.33, 1.35, 1.37, 1.38, 1.40, 1.42, 1.43, 1.45, 1.47, 1.49, 1.50, 1.52, 1.54, 1.56, 1.58, 1.60, 1.62, 1.64, 1.65, 1.67, 1.69, 1.72, 1.74, 1.76, 1.78, 1.80, 1.82, 1.84, 1.87, 1.89, 1.91, 1.93, 1.96, 1.98, 2.00, 2.03, 2.05, 2.08, 2.10, 2.13, 2.15, 2.18, 2.21, 2.23, 2.26, 2.29, 2.32, 2.34, 2.37, 2.40, 2.43, 2.46, 2.49, 2.52, 2.55, 2.58, 2.61, 2.64, 2.67, 2.71, 2.74, 2.77, 2.80, 2.84, 2.87, 2.91, 2.94, 2.98, 3.01, 3.05, 3.09, 3.12, 3.16, 3.20, 3.24, 3.28, 3.32, 3.36, 3.40, 3.44, 3.48, 3.52, 3.57, 3.61, 3.65, 3.70, 3.74, 3.79, 3.83, 3.88, 3.92, 3.97, 4.02, 4.07, 4.12, 4.17, 4.22, 4.27, 4.32, 4.37, 4.42, 4.48, 4.53, 4.59, 4.64, 4.70, 4.75, 4.81, 4.87, 4.93, 4.99, 5.05, 5.11, 5.17, 5.23, 5.30, 5.36, 5.42, 5.49, 5.56, 5.62, 5.69, 5.76, 5.83, 5.90, 5.97, 6.04, 6.12, 6.19, 6.26, 6.34, 6.42, 6.49, 6.57, 6.65, 6.73, 6.81, 6.90, 6.98, 7.06, 7.15, 7.23, 7.32, 7.41, 7.50, 7.59, 7.68, 7.77, 7.87, 7.96, 8.06, 8.16, 8.25, 8.35, 8.45, 8.56, 8.66, 8.76, 8.87, 8.98, 9.09, 9.19, 9.31, 9.42, 9.53, 9.65, 9.76, 9.88.
------------	---

Observe que nessas tabelas existem uma evolução da quantidade de valores disponíveis no mercado de resistores. Cada tabela tem uma sequencia de códigos e de uma tabela para outra esses valores vão dobrando a quantidade de códigos. Série E-6 tem 6 códigos, a E-12 tem 12 e assim por diante.

Vejamos agora o que significa cada código e como encontrar na tabela o valor de um resistor:

Para as séries E-6, E-12 e E-24 tomemos como exemplo, o código 1.5 que consta nas três séries. Para esse código, podemos encontrar no mercado resistores com os seguintes valores:

0,15Ω
1,5Ω
15Ω
150Ω
1500Ω ou 1k5
15000Ω ou 15k
150000Ω ou 150k
1500000Ω ou 1M5
15000000Ω ou 15M

Observe que o código 15 está presente em todos os valores. Assim faremos para todos os códigos dessas séries.

Para as séries E-48, E-96 e E-192 tomemos como exemplo, o código 1.96 que consta nas três séries. Para esse código, podemos encontrar no mercado resistores com os seguintes valores:

1,96Ω
19,6Ω
196Ω
1960Ω ou 1k96
19600Ω ou 19,6k ou 19k6
196000Ω ou 196k
1960000Ω ou 1960k
19600000Ω ou 19,6M ou 19M6

Da mesma forma, o código 1.96 está presente em todos os valores. Assim faremos para todos os códigos dessas séries.

Os resistores encontrados nessas séries, são os chamados de resistores de precisão por apresentarem tolerância abaixo de 2% e mais de 4 faixas.

Em um exercício ou projeto onde calculamos um valor de resistor, devemos optar sempre por um valor comercial mais próximo e preferencialmente acima do calculado para ser usado na prática, ou até mesmo usar de associações de resistores para aproximar os valores.

Atualmente, principalmente em resistores de potências maiores, podemos encomendar em fábricas, valores específicos de resistências, tolerâncias, formatos e potências que fogem dos padrões estabelecidos de produção de alta escala.

Pacotes de resistores SMD









O termo pacote refere-se ao tamanho, forma e/ou configuração de chumbo de um componente eletrônico. Por exemplo, um chip de IC que possui derivações em duas linhas abaixo dos lados opostos do chip é chamado de chip DIP (Dual Inline Package). Nos resistores SMD, os designadores de pacotes de resistores informam o comprimento e a largura do resistor. Os pacotes SMD podem ser fornecidos em polegadas e também em milímetros. Portanto, é importante verificar a documentação do fabricante. Na página 14, em CLASSIFICAÇÃO DE POTÊNCIA são apresentados em unidades métrico. Além disso, é dada uma aproximação para as potências típicas.

Código SMD do resistor

Devido ao tamanho pequeno dos resistores SMD, geralmente não há espaço para o código tradicional da banda de cores ser impresso neles. Portanto, novos códigos SMD do resistor foram desenvolvidos. Os códigos mais comumente vistos são o sistema de três e quatro dígitos e um sistema da Electronic Industries Alliance (EIA) chamado EIA-96.

O sistema de três e quatro dígitos

Neste sistema, os dois ou três primeiros dígitos indicam o valor da resistência numérica do resistor e o último dígito fornece um multiplicador. O número do último dígito indica a potência de dez pela qual devemos multiplicar o valor do resistor fornecido. Aqui estão alguns exemplos de valores nesse sistema:

5%	 = $22 \times 1 (10^0) = 22R$ ou 22Ω  = R47 = 0,47R ou $0,47\Omega$ (R no lugar da ,)  = $83 \times 1000 (10^3) = 83.000\Omega$ ou 83K Ω  = 6R8 = 6,8R ou $6,8\Omega$
1%	 = $562 \times 10 (10^1) = 5.620\Omega$ ou 5K62  = 12R0 = 12,0R ou 12Ω (R no lugar da ,)  = $332 \times 10000 (10^4) = 3.320.000R$ ou 3M32  = $200 \times 100 (10^2) = 20.000R$ ou 20K Ω

A letra "R" é usada para indicar a posição de um ponto decimal para valores de resistência inferiores a 10 ohms. Assim, 0R5 seria 0,5Ω e 0R01 seria 0,01Ω.

O sistema EIA-96

Os resistores de alta precisão, combinados com os tamanhos decrescentes dos resistores, criaram a necessidade de ter uma nova marcação mais compacta para os resistores SMD. Portanto, o sistema de marcação EIA-96 foi criado. Baseia-se na série E96, destinada a resistores com 1% de tolerância.





Tabela de códigos EIA-96

código	valor	código	valor	código	valor	código	valor	código	valor	código	valor
01	100	17	147	33	215	49	316	65	464	81	681
02	102	18	150	34	221	50	324	66	475	82	698
03	105	19	154	35	226	51	332	67	487	83	715
04	107	20	158	36	232	52	340	68	499	84	732
05	110	21	162	37	237	53	348	69	511	85	750
06	113	22	165	38	243	54	357	70	523	86	768
07	115	23	169	39	249	55	365	71	536	87	787
08	118	24	174	40	255	56	374	72	549	88	806
09	121	25	178	41	261	57	383	73	562	89	825
10	124	26	182	42	267	58	392	74	576	90	845
11	127	27	187	43	274	59	402	75	590	91	866
12	130	28	191	44	280	60	412	76	604	92	887
13	133	29	196	45	287	61	422	77	619	93	909
14	137	30	200	46	294	62	432	78	634	94	931
15	140	31	205	47	301	63	442	79	649	95	953
16	143	32	210	48	309	64	453	80	665	96	976

O terceiro caractere, que é uma letra, indica o multiplicador de acordo com a seguinte tabela de consulta:

letra	multiplicador
A	1
B	10
C	100
D	1.000
E	10.000
F	100.000
X ou S	0,1
Y ou R	0,01
Z	0,001

Neste sistema, a marcação existe com três dígitos: 2 números para indicar o valor do resistor e 1 letra para o multiplicador. Os dois primeiros números representam um código que indica um valor de resistência com três dígitos significativos. Na tabela acima, são fornecidos os valores para cada código, que são basicamente os valores da série E96. Por exemplo, o código 04 significa 107 ohms e 60 significa 412 ohms. O fator de multiplicação fornece o valor final do resistor, por exemplo:

1%		01 = 100 e A = x 1, então $100 \times 1 = 100R$
		38 = 234 e C = x 100, então $234 \times 100 = 24.300R$ ou 24K3
		92 = 887 e Z = x 0,001, então $887 \times 0,001 = 0,887R$
		30 = 200 e B = x 10, então $200 \times 10 = 2000R$ ou 2K

O uso de uma carta evita a confusão com outros sistemas de marcação. No entanto, preste atenção porque a letra R é usada nos dois sistemas. Para resistores com tolerâncias diferentes de 1%, existem tabelas de letras diferentes.

Assim como os códigos de pacote, esses códigos de valor de resistência são comuns, mas um fabricante pode usar uma variação desses ou até algo




completamente diferente. Portanto, é sempre importante verificar o sistema de marcação do fabricante.

Existe o mesmo processo para identificarmos, com essa metodologia, resistores com 2%, 5% e 10%, onde a LETRA correspondente ao fator multiplicativo aparece à esquerda do significativo.

TABELA DE CÓDIGOS PARA RESISTORES DE 2%, 5% E 10%

2%				5%				10%	
código	valor	código	valor	código	valor	código	valor	código	valor
01	100	13	330	25	100	37	330	49	100
02	110	14	360	26	110	38	360	50	120
03	120	15	390	27	120	39	390	51	150
04	130	16	430	28	130	40	430	52	180
05	150	17	470	29	150	41	470	53	220
06	160	18	510	30	160	42	510	54	270
07	180	19	560	31	180	43	560	55	330
08	200	20	620	32	200	44	620	56	390
09	220	21	680	33	220	45	680	57	470
10	240	22	750	34	240	46	750	58	560
11	270	23	820	35	270	47	820	59	680
12	300	24	910	36	300	48	910	60	820

Nesse caso os exemplos seriam:

2%		01 = 100 e D = x 1000, então $100 \times 1000 = 100.000R$ ou 100K
5%		31 = 180 e A = x 1, então $180 \times 1 = 180R$
10%		56 = 390 e C = x 100, então $390 \times 100 = 39.000R$ ou 39K

IMPORTANTE:

Observe, nesse caso, que a representação da LETRA à esquerda diz que NÃO é de 1%, sendo assim a tolerância é obtida pelos dígitos numéricos da tabela acima, além do seu próprio valor significativo.

Resumindo:

Código numérico de:

01 à 24 = 2%

25 à 48 = 5%

49 à 60 = 10%

Classificação de potência dos resistores PTH

A classificação de potência dos resistores do tipo PTH pode ser determinada medindo ou observando seu tamanho físico. Os resistores PTH estão geralmente disponíveis em um pacote axial ou radial. Sua classificação de potência pode ser determinada medindo o comprimento do corpo, diâmetro do corpo, comprimento do cabo ou diâmetro do cabo. Obviamente, medir o comprimento do corpo será mais conveniente e preciso porque medir o diâmetro do corpo ou do cabo de um resistor pode ser uma tarefa difícil e o comprimento do cabo permanece o mesmo para várias classificações de potência. Além disso, os leads podem ser interrompidos por diferentes motivos. A tabela de pesquisa a seguir relaciona uma classificação de potência dos resistores PTH com suas dimensões físicas:

Power Rating (Watt)	Body Length (mm)	Body Diameter (mm)	Lead Length (mm)	Lead Diameter (mm)
1/8 (0.125)	3	1.8	28	0.45
1/4 (0.25)	6.5	2.5	28	0.6
1/2 (0.5)	8.5	3.2	28	0.6
1	11	5	28	0.8
2	15	5.5	35	1
3	17	6	35	1.1
5	24	7.5	38	1.2

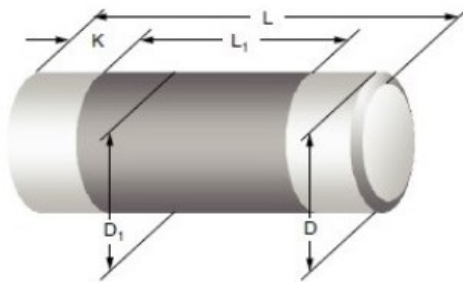
OBS.: Vale observar que alguns fabricantes utilizam de material de filme metálico na fabricação de resistores de 5% de tolerância conseguindo tamanhos reduzidos. Resistor de 1W no tamanho do de 1/4W, por exemplo. Esses resistores normalmente tem o corpo de cor marrom.

Classificação de potência dos resistores MELF

Os resistores MELF também vêm em pacotes axiais ou radiais. A tabela de pesquisa a seguir relaciona a classificação de potência dos resistores MELF com suas dimensões físicas:

MELF Package	Package Imperial Code	Abbreviation	Power Rating	Body Length (mm)	Body Diameter (mm)
MicroMELF	0102	MMU	0.2 to 0.3	2.2	1.1
MiniMELF	0204	MMA	0.25 to 0.4	3.6	1.4
MELF	0207	MMB	0.4 to 1.0	5.8	2.2

DIMENSIONS



DIMENSIONS AND MASS					
TYPE	L (mm)	D (mm)	L ₁ min. (mm)	D ₁ (mm)	K (mm)

Classificação de potência dos resistores SMD / SMT

A classificação de potência dos **resistores** SMD / SMT pode ser determinada medindo suas dimensões físicas ou dimensões de sua base de aterrissagem em um PCB. A tabela de pesquisa a seguir relaciona a classificação de potência dos resistores SMD / SMT com suas dimensões físicas e tamanho da base de solda:

SMD/SMT Package Code	Power Rating (Watt)	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	Pad Length (mm)	Pad Width (mm)	Pad Gap (mm)
0201	1/20 (0.05)	0.6	0.3	0.25	0.3	0.3	0.3
0402	1/16 (0.062)	1.0	0.5	0.35	0.6	0.5	0.5
0603	1/10 (0.10)	1.55	0.85	0.45	0.9	0.6	0.9
0805	1/8 (0.125)	2.0	1.2	0.45	1.3	0.7	1.2
1206	1/4 (0.25)	3.2	1.6	0.55	1.6	0.9	2.0
1210	1/2 (0.5)	3.2	2.5	0.55	2.8	1.3	1.8
1218	1	3.2	4.6	0.55	4.8	0.9	2.0
2010	3/4 (0.75)	5.0	2.5	0.6	2.8	0.9	3.8
2512	1	6.3	3.2	0.6	3.5	1.6	3.8

Observe que alguns fabricantes, especialmente de resistores de fio enrolado e de folha metálica, usam seus próprios códigos e tabelas de classificação de energia ou simplesmente imprimem os números das peças. Os resistores de fio enrolado geralmente têm a potência impressa junto com seu valor nominal e tolerância impressa ou têm o número de peça impresso neles. Da mesma forma, os fabricantes de resistores de folha podem ter seu próprio sistema de codificação de acordo com seus padrões nacionais. Portanto, caso não haja código de cor, código numérico ou código E96 impresso em um resistor, consulte a ficha de dados do fabricante específico para determinar o valor, a tolerância e a potência nominal do resistor.

TABELA DE POTÊNCIAS MAIS COMUNS DE RESISTORES

POTÊNCIAS MAIS COMUNS DE RESISTORES	
Valor	Tipos encontrados
1/20 ou 0,05W	SMD
1/16 ou 0,062W	SMD
1/10 ou 0,1W	SMD
1/8 ou 0,125W	SMD e PTH de filme
1/6 ou 0,167W	SMD e PTH de filme
1/4 ou 0,25W	SMD, MELF e PTH de filme
1/2 ou 0,5W	SMD, MELF e PTH de filme
3/4 ou 0,75W	SMD, MELF e PTH de filme
1W	SMD, MELF e PTH de filme
2W	PTH de filme
3W	PTH de filme
5W	PTH de filme e de Fio
7W	PTH de Fio
10W	PTH de Fio
15W	PTH de Fio
20W	PTH de Fio
50W	PTH de Fio
100W	PTH de Fio
Especiais (*)	PTH de Fio

Obs. 1 (*) Especiais. Hoje, resistores acima de 100W não são comuns serem encontrados nas prateleiras das lojas, mas facilmente fabricados sob medida. São resistores de aplicações específicas, como aquecedores, frenagem de grandes motores, etc.

Resistores Especiais

Existem alguns tipos especiais de resistores disponíveis para aplicações específicas. Alguns deles são descritos abaixo:

Resistores de fusível - Os **resistores de fusível** podem ser de composição de carbono, filme de metal, filme de óxido de metal, fio enrolado ou tipo de filme fino. Eles atuam como um resistor e também como um fusível. Eles têm uma classificação de tensão nominal na qual derretem. Os resistores de fusível vêm em dois tipos - queima rápida e queima lenta. Esses resistores têm um revestimento retardador de chamas para evitar qualquer incêndio no caso de um surto de tensão e são usados em proteção de sobrecarga e aplicações de tensão constante.

Resistores de Zero Ohm - um Resistor de Zero Ohm é um pedaço de fio contido em um encapsulamento semelhante a um diodo. Esses resistores se parecem com diodos e têm uma faixa preta no centro (ao contrário dos diodos que têm uma faixa preta na extremidade do cátodo). Eles são usados como crossovers, jumpers permanentes e jumpers de programa em PCBs comerciais, bem como uma capacitância de jumper a jumper com linhas de dados de alta velocidade. Em comparação com o fio desencapado, esses resistores são fáceis de manusear em uma máquina de montagem de PCB mecanizada.

Resistores Não indutivos – A grande maioria dos resistores, principalmente os cilíndricos (tubulares) são construídos no sistema helicoidal (espiral), formando uma espécie de bobina, tendo assim afeitos indutivos. Em muitos dos casos esse efeito é desprezível, entretanto em alguns projetos deve ser considerado. Para isso existem resistores construídos de maneira não indutivos, que são enrolados de forma que não forme campo magnético ou elétrico ao redor do seu corpo.

DICAS DE COMO SELECIONAR UM RESISTOR ADEQUADO.

Agora é hora de saber como um resistor deve ser selecionado para uma determinada aplicação. Aqui, apresentamos uma folha de dicas para a seleção de resistores que podem servir como uma referência rápida a qualquer momento.

O processo de seleção de um resistor para uma determinada aplicação envolve as seguintes etapas:

1. Em primeiro lugar, verifique qual tipo de resistor será adequado para a aplicação ou circuito específico.

2. Escolha um valor para o resistor fazendo uma análise rápida do circuito. Verifique se o valor exato desse resistor está disponível. Caso contrário, qual combinação paralela ou série de resistências será equivalente à resistência necessária.
3. Verifique as propriedades do resistor, como valor nominal, tolerância, potência nominal e outras propriedades, se necessário. Assim, escolha o resistor certo.
4. Praticamente teste as propriedades do resistor como resistência real oferecida por ele, resistência oferecida pelo resistor no circuito, queda de tensão, corrente através dele, dissipação de energia por ele e outras propriedades, se necessário, de acordo com os requisitos do circuito fornecido.

Para a maioria dos circuitos regulares, resistores de composição de carbono de 1/4 ou 1/2 W ou de filme de carbono são suficientes. Para aplicações de energia (mais de 5 Watt), resistores de fio enrolado geralmente são adequados. Esta continua sendo a regra de ouro, até que você esteja testando circuitos para hobby. Os circuitos comerciais ou circuitos projetados profissionalmente envolvem um quadro amplo, mesmo no caso, tão trivial quanto, selecionar um resistor para o circuito. Os circuitos profissionais precisam de uma seleção cuidadosa de resistores e podem até envolver a análise de planilhas de dados do fabricante do resistor.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Lista EF02 (código de resistores)

1- Complete o quadro abaixo usando o código de cores dos resistores.

Na coluna VALOR, complete com o valor do resistor e sua tolerância conforme as cores das faixas. Onde existir o valor, complete com as cores correspondentes nas outras colunas.

VALOR	1º faixa	2º faixa	3º faixa	4º faixa	5º faixa
	VERDE	AZUL	VERMELHA	OURO	-
2k2 2%					
	MARROM	VERMELHA	MARROM	LARANJA	MARROM
680k 5%					
1M 20%					
2k7 1%					
	MARROM	VERDE	MARROM	-	-
1,25Ω 1%					
	VERMELHA	VERMELHA	PRATA	PRATA	-
	AZUL	CINZA	AMARELA	OURO	-

2- Dados os valores de resistores abaixo, preencha o quadro conforme exemplo.

Para preencher esse quadro é preciso consultar as tabelas de padrões de série de fabricação e código de cores. Caso o resistor exista e conste em mais de uma série, indique todas. O código significativo é o código que aparece na tabela da séries (E-6, E-12, E-24, E-48, E-96 e E-192).

Resistor	Existe	Série	Código Significativo
1450Ω 1%	Não	-	-
7k5 2%	Sim	E-24	75
60k4 0,5%			
180k 2%			
220Ω 1%			
845k 0,1%			
0,115Ω 1%			

RESPOSTA

Lista EF02 (código de resistores)

3- Complete o quadro abaixo usando o código de cores dos resistores.

Na coluna VALOR, complete com o valor do resistor e sua tolerância conforme as cores das faixas. Onde existir o valor, complete com as cores correspondentes nas outras colunas.

VALOR	1º faixa	2º faixa	3º faixa	4º faixa	5º faixa
5K6 5%	VERDE	AZUL	VERMELHA	OURO	-
2k2 2%	VERMELHA	VERMELHA	VERMELHA	VERMELHA	
121k 1%	MARROM	VERMELHA	MARROM	LARANJA	MARROM
680k 5%	AZUL	CINZA	AMARELO	OURO	
1M 20%	MARROM	PRETO	VERDE		
2k7 1%	VERMELHA	VIOLETA	PRETO	MARROM	MARROM
150Ω	MARROM	VERDE	MARROM	-	-
1,25Ω 1%	MARROM	VERMELHA	VERDE	PRATA	MARROM
0,22Ω 10%	VERMELHA	VERMELHA	PRATA	PRATA	-
680K 5%	AZUL	CINZA	AMARELA	OURO	-

4- Dados os valores de resistores abaixo, preencha o quadro conforme exemplo.

Para preencher esse quadro é preciso consultar as tabelas de padrões de série de fabricação e código de cores. Caso o resistor exista e conste em mais de uma série, indique todas. O código significativo é o código que aparece na tabela da séries (E-6, E-12, E-24, E-48, E-96e E-192).

Resistor	Existe	Série	Código Significativo
1450Ω 1%	Não	-	-
7k5 2%	Sim	E-24	75
60k4 0,5%	Sim	E-96 e E-192	604
180k 2%	Sim	E-12 e E-24	18
220Ω 1%	Não		
845k 0,1%	Sim	E-96 e E-192	845
0,115Ω 1%	Não		

RESISTOR VARIÁVEL

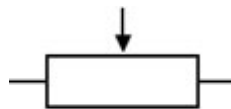
Os resistores variáveis que são usados para a divisão de tensão variável são chamados de potenciômetros. Os pequenos potenciômetros são chamados de trimpot ou potenciômetro trimmer. Os potenciômetros nos quais a resistência é variada digitalmente em vez de por movimento mecânico são chamados de potenciômetro digital. Os resistores variáveis usados para variar a resistência a fim de controlar a corrente em um circuito são chamados de reostato. Existem quatro tipos principais de resistores variáveis:

- 1) Potenciômetro
- 2) Trimpot
- 3) Potenciômetro digital
- 4) Reostato

A resistência dos resistores variáveis pode ser ajustada manualmente ou digitalmente. Os resistores variáveis oferecem uma faixa de resistência em vez de uma resistência fixa que pode ser controlada por movimento linear, rotativo ou de outra forma digital. Comparados aos resistores fixos que normalmente têm 5% de tolerância, os resistores variáveis geralmente têm cerca de 20% de tolerância, o que significa que a faixa de resistência oferecida por resistores variáveis geralmente varia 1,2 vezes a faixa nominal de resistência.

Potenciômetros

O potenciômetro - também conhecido como "pot" - é o tipo mais comum de resistor variável. Um potenciômetro é geralmente um dispositivo de três terminais cuja resistência pode ser ajustada manualmente. Possui uma faixa resistiva entre o primeiro e o terceiro terminal. O segundo terminal permanece conectado a um cursor que contata a faixa resistiva entre o primeiro e o terceiro terminal. O cursor pode ser movido por meio de movimento rotativo ou linear. Desta forma, o potenciômetro realmente cria uma rede divisora de tensão na qual a razão da resistência entre o primeiro para o segundo e o segundo para o terceiro terminal pode ser ajustada e, assim, a tensão de saída no segundo terminal. Assim, um potenciômetro pode ser visto como duas resistências conectadas em série com conexões aos terminais finais e a (s) junção (ões) onde a relação das resistências pode ser ajustada manualmente.



Símbolo padrão IEC para potenciômetro

A resistência no terminal ajustável quando o cursor entra no caminho resistivo é chamada de **Resistência Hop-on**. A resistência no terminal ajustável quando o cursor sai do caminho resistivo é chamada de **resistência Hop-off**. A diferença entre a resistência hop-on e hop-off é a **resistência total** do potenciômetro. A menor mudança possível na relação de resistência do potenciômetro é chamada de **resolução**. A resolução dos potenciômetros é frequentemente aumentada com o aumento do número de pontos de contato do cursor com o caminho resistivo. A relação entre a posição mecânica e a taxa de resistência do potenciômetro é chamada de **Potentiometer Taper**.

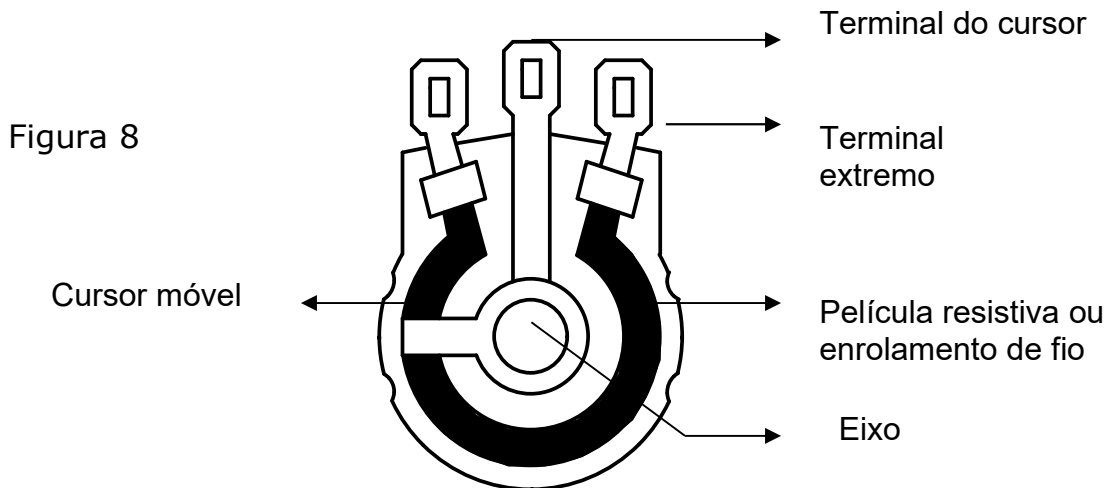
O cone do potenciômetro pode ser linear ou logarítmico. No **afunilamento linear**, a proporção da resistência muda linearmente em relação à posição do cursor. Portanto, se o cursor estiver no centro da trilha resistiva de um potenciômetro cônico linear, a tensão de saída será a metade da tensão aplicada. O cone linear é comumente usado como um transdutor para medição de distância ou ângulo. No **afunilamento logarítmico**, a razão de resistência muda não linearmente em uma escala logarítmica em relação à posição do cursor. Na verdade, em potenciômetros logarítmicos, a mudança na razão de resistência ocorre de forma exponencial. O afunilamento logarítmico é comumente usado para controle de volume em circuitos de áudio. É por isso que também é chamado de **Audio Taper**.

O elemento resistivo usado na construção de um potenciômetro pode ser composição de carbono, composição de cerâmica, filme de metal, plástico condutor ou enrolado. Os potenciômetros baseados na composição de carbono são os mais comumente disponíveis. Esses potenciômetros são construídos moldando uma mistura de composição de carbono em um substrato de cerâmica. Os potenciômetros baseados em composição de carbono têm as mesmas vantagens e desvantagens dos resistores fixos de composição de carbono. Para melhor estabilidade e tolerância à temperatura, podem ser usados potenciômetros baseados em Cermet. No entanto, os potenciômetros baseados em Cermet são caros e têm baixa vida útil. Potes de Cermet com vida longa garantida também estão disponíveis, mas são ainda mais caros.

Para uma longa vida útil, os potenciômetros condutores baseados em plástico são adequados. Esses potenciômetros possuem alta resolução, baixo ruído, manuseio suave e podem ser ajustados milhões de vezes. Esses potenciômetros têm notavelmente a melhor resolução. Para aplicações de alta potência, os potenciômetros de fio enrolado são os mais adequados. No entanto, os potenciômetros de fio enrolado têm um manuseio inadequado e resolução limitada. A resolução dos resistores de fio enrolado é geralmente em valores discretos devido ao número discreto de voltas do fio.

Um potenciômetro, consiste basicamente em uma película de carbono ou de fio, percorrido por um cursor móvel através de um sistema rotativo ou

deslizante, alterando o valor da resistência entre seus terminais. Comercialmente, os potenciômetros são especificados pelo valor nominal da resistência máxima impresso em seu corpo, potência e formato desejado.



Na prática, encontramos vários modelos de potenciômetros, que dependendo do tipo de aplicação, possuem características mecânicas diversas.

Abaixo segue alguns modelos de resistores variáveis:



Potenciômetro Comum



Potenciômetro Multivoltas



Potenciômetro Duplo



Knob (botão) para Potenciômetro



Potenciômetro Deslizante

Os potenciômetros acima são de atuação externa, ou seja, ficam dispostos em painéis para que se possa mexer constantemente.

Tipos de potenciômetro

Os potenciômetros vêm em uma variedade de designs e construções. Eles são divididos principalmente nos seguintes dois tipos: potenciômetros rotativos e potenciômetros em linha.

1) Potenciômetros rotativos - Em potenciômetros rotativos, o cursor se move ao longo de um caminho circular de uma posição para outra separados 270 ou 300 graus. Esses são os potenciômetros mais comumente usados e podem ter uma conicidade linear ou logarítmica. Os potenciômetros rotativos vêm em uma variedade de construções, como a seguir:

1. a) Potenciômetros de volta única - são potenciômetros rotativos de 3 terminais com uma rotação única de 270 ou 300 graus. Esses pots têm resolução limitada e são mais comumente usados.
2. b) Pots Multi-Turn - Esses pots têm múltiplas voltas (geralmente 5, 10 ou 20) para alta resolução e precisão. Nesses pots, o cursor se move ao longo de uma trilha resistiva em espiral ou usando uma engrenagem sem-fim.
3. c) Dual Gang e Stacked Pots - Esses pots têm dois potenciômetros combinados em um único eixo. Esses potenciômetros são geralmente usados em circuitos onde dois potenciômetros são necessários, mas o PCB tem espaço ou tamanho limitado. Geralmente, ambos os potenciômetros são pots de volta única com a mesma resistência e conicidade. Existem pots com mais de duas gangues, mas raramente são usados. Esses pots são chamados de pots empilhados. Os pots duplos são comumente usados em amplificadores Hi-fi e estágios de amplificadores em cascata.
4. d) Pots concêntricos - são pots de dupla gang onde cada potenciômetro é ajustado por um eixo concêntrico individual. Isso permite controlar ambos os potenciômetros de forma independente. Esses pots são equipamentos de som comumente usados, como guitarras-baixo.
5. e) Servo Pots - São pots motorizados que podem ser ajustados por um servo motor.
6. f) Potenciômetros de acionamento / extração de interruptor único - são pots de rotação única com interruptor LIGA / DESLIGA embutido para cortar completamente a tensão ou fornecer divisão de tensão. O interruptor pode ser pressionado (empurrar) ou levantado (puxar). Esses pots estão disponíveis na configuração push-push ou push-pull. Os pots de configuração push-push, no entanto, sofrem facilmente de desgaste.
7. g) Potenciômetros Push / Pull de Chave Dupla - São potenciômetros de uma volta com dois interruptores LIGA / DESLIGA para cortar completamente a tensão em duas linhas simultaneamente ou regular a tensão igualmente em duas linhas. Esses potenciômetros são

comumente usados para proteção contra curto-circuito com conexões de fio neutro e de fase em um circuito.

8. h) Potenciômetros de empurrar / puxar com torneira - são potes de 4 terminais de volta única com dois terminais de limpador, dos quais um limpador (geralmente torneira central) permanece fixo na pista resistiva. Esses potes têm sido usados em circuitos de áudio para controle de tom.



Exemplo de um potenciômetro (Imagem: Automation Direct)

2) Potenciômetros em linha - No potenciômetro em linha, o cursor se move ao longo de uma trilha resistiva linear. Esses potenciômetros também são chamados de controle deslizante, fader ou potenciômetro deslizante. Os potenciômetros lineares vêm em uma variedade de construções como a seguir:

1. a) Painelas deslizantes - são potenciômetros lineares simples, geralmente construídos em plástico condutor. Eles são freqüentemente usados como faders em circuitos e sistemas de áudio ou para medição de distâncias.
2. b) Pote com lâmina dupla - Possui dois potenciômetros controlados por um único controle deslizante. Esses potenciômetros são comumente usados para controle de estéreo em circuitos de áudio.
3. c) Slide multivoltas - Esses potes têm várias voltas (geralmente 5, 10 ou 20) para alta resolução e precisão. Nesses potes, o cursor se move ao longo de uma trilha resistiva em espiral.
4. d) Fader motorizado - são potes de slide único que podem ser controlados por um servo motor. Esses potenciômetros são comumente usados para controle automático de resistência ou tensão.

Principais indicadores de desempenho do potenciômetro

Assim como os resistores fixos, os potenciômetros também possuem propriedades ou KPIs. Os KPIs importantes associados aos potenciômetros são os seguintes:

Valor Nominal / Impedância

Esta é a resistência total do potenciômetro. Os potenciômetros geralmente têm resistência constante perto do primeiro e do terceiro terminais. Sua resistência varia de 5% a 95% ao longo do caminho resistivo. Isso é chamado de viagem elétrica do potenciômetro.

Tolerância - a maioria dos potenciômetros tem 20% ou mais de tolerância. Essa tolerância se aplica à faixa de resistência oferecida pelo potenciômetro, portanto, mais tolerância significa que o potenciômetro realmente oferece uma faixa mais ampla de resistência.

Taper- Os potenciômetros podem ter conicidade linear ou conicidade logarítmica. Os potenciômetros lineares são comumente usados para medir distâncias ou ângulos. Eles também são comumente usados para divisão de tensão. Os potenciômetros cônicos logarítmicos são comumente usados em circuitos de áudio. A conicidade de um potenciômetro é indicada por sua curva de resistência.

Linearidade - Linearidade refere-se ao desvio da resistência real oferecida pelo potenciômetro de sua curva de resistência. Isso deve ser o mais baixo possível. Um potenciômetro com baixa linearidade oferecerá resistência com muita precisão de acordo com sua curva de resistência. Portanto, sua resistência em relação à posição do cursor será muito previsível.

Valores padrão de potenciômetros

Os potenciômetros de qualquer valor são possíveis. No entanto, os potenciômetros de valores preferidos como 100R, 1k, 4k7, 5k, 10k, 20k, 22k, 25k, 47k, 50k e 100k são os mais comuns. Para a maioria dos circuitos regulares, o potenciômetro de 10k é suficiente.

Identificando as propriedades de um potenciômetro

Os potenciômetros geralmente têm sua resistência total e o cone impresso neles. A resistência total pode ser indicada por uma string (10K) ou por um código numérico de três dígitos usado para resistores SMD. A conicidade do pote é geralmente indicada por um fio ou um caractere designado de acordo com a região da seguinte forma:

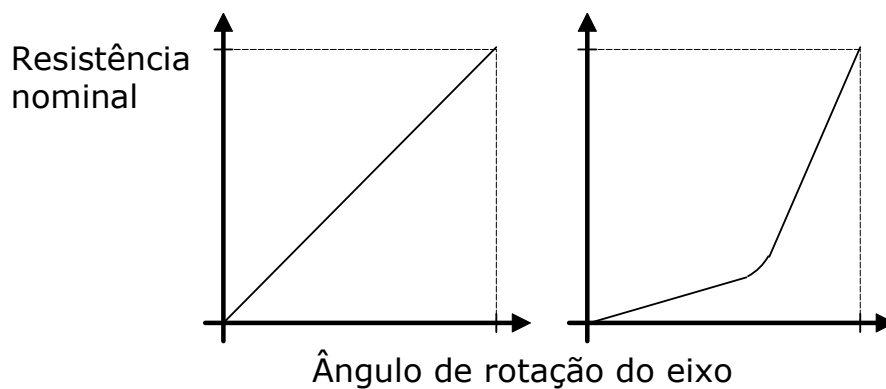
Taper	Fragmento	Ásia	Europa	América	Vishay
Linear	LIN	B	UMA	B	UMA
Log / Áudio	REGISTRO	UMA	C	UMA	eu
Anti-Log	-	-	F	C	F

Para estudar outras propriedades como linearidade, impedância e curva de resistência, etc, consulte a ficha técnica do fabricante.

Existem potenciômetros de fio, que são aplicados em situação onde é maior a sua dissipação de potência, possuindo uma faixa de baixos valores de resistência (até $k\Omega$). Já os potenciômetros de película são aplicados em situação de menor dissipação de potência, possuindo uma ampla faixa de valores de resistência (até $M\Omega$).

Quanto à variação de resistência, os potenciômetros de película de carbono podem ser lineares ou logarítmicos, isso é, uma característica de variação linear ou logarítmica de sua resistência.

Abaixo mostramos duas curvas de variação de resistência com relação ao deslocamento do cursor.



Para medirmos a variação da resistência de um potenciômetro, utilizamos um ohmímetro, devendo este ser conectado entre o terminal central e um dos extremos, conforme mostra a figura 15.

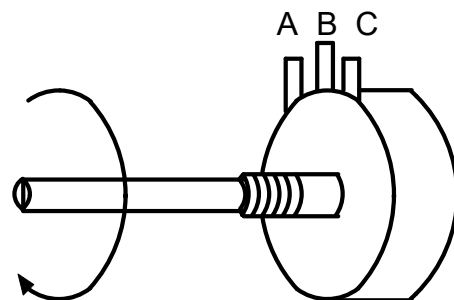
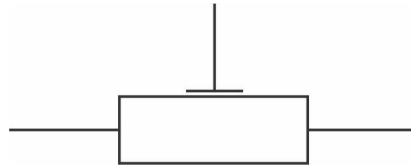


Figura 9

Ao girarmos o eixo no sentido horário, teremos um aumento da resistência entre os terminais B e C e uma diminuição proporcional entre os terminais B e A, observando que a soma dos dois valores será igual à resistência nominal, que é obtida entre os terminais A e C.

Trimpots

Trimpots ou potenciômetros trimmer são pequenos potenciômetros usados para ajuste de resistência ou tensão, calibração e sintonia no circuito. Eles têm uma vida útil curta e podem ser ajustados apenas algumas centenas de vezes. Os trimpots devem ser ajustados para uma relação de resistência fixa girando seu botão com uma chave de fenda e depois deixando o ajuste feito no circuito. Como eles são configurados para uma taxa de resistência fixa durante a calibração ou ajuste de um circuito, os trimpots também são chamados de predefinidos. O trimpot ou predefinição tem o seguinte símbolo padrão IEC:



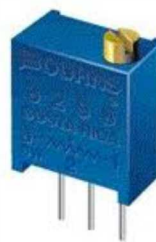
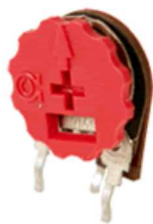
Símbolo padrão IEC para um Trimpot

Os trimpots geralmente têm composição de carbono ou faixa resistiva de composição de cerâmica. Os trimpots estão disponíveis para montagem através do orifício e SMD. Eles podem ter uma orientação superior ou lateral do botão para o ajuste de sua relação de resistência. Existem dois tipos de predefinições:

Os trimpots, são de atuação interna, ficam dentro dos equipamentos soldados na placa e precisam de ferramenta para ajustá-los (chave de fenda)



Trimpot Comum



Trimpot Multivoltas

1) Trimpots de volta única - são predefinições de três terminais com uma única camada de trilha resistiva. Esses são os presets mais comumente usados e têm resolução e precisão limitadas. Os Trimpots de uma volta geralmente vêm em design rotativo.

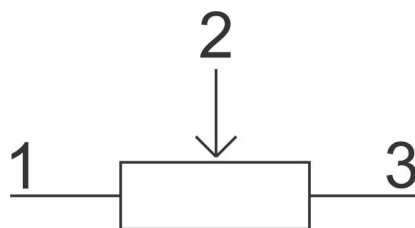


Exemplo de trimpot (Imagem: Bourns, Inc)

2) Trimpots multivoltas - As predefinições multivoltas têm várias voltas de trilha resistiva para maior resolução e precisão. Esses trimpots podem ter de 5 a 25 voltas, dos quais trimpots de 5, 12 e 25 voltas são os mais comuns. Esses trimpots estão disponíveis em construção com engrenagem helicoidal (rotativa) ou parafuso de avanço (linear). Os trimpots lineares são comumente usados em aplicações de alta potência.

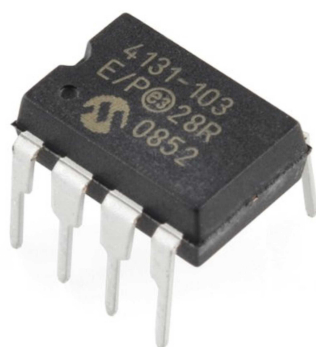
Potenciômetros Digitais

Os potenciômetros digitais são circuitos integrados que possuem uma escada de resistor embutida para variação de resistência. Cada resistor na escada embutida adiciona uma mudança radical na resistência. O limpador embutido se conecta a diferentes junções da escada do resistor por meio de interruptores embutidos para ajuste ou calibração. Quanto maior é o número de resistores na escada, maior é a resolução do potenciômetro digital. A posição do limpador e, portanto, a relação de resistência do potenciômetro digital é alterada passando-se sinais digitais para o IC ou passando sinais digitais apropriados pela interface I2C ou SPI. A resolução dos potenciômetros digitais depende do número de bits que controlam o potenciômetro. Os pots digitais de 5 bits, 6 bits, 7 bits, 8 bits, 9 bits e 10 bits têm uma resolução de 32, 64, 128, 256, 512 e 1024 etapas, respectivamente. Um potenciômetro digital pode ter vários potenciômetros (até 6 canais) em um único IC. O potenciômetro digital possui o seguinte símbolo padrão IEC:



Símbolo padrão IEC de potenciômetro digital

Muitos potenciômetros digitais vêm com EEPROM embutido para manter a memória da última posição do limpador. Os CIs de potenciômetro digital sem EEPROM geralmente têm o limpador ajustado para a posição central na inicialização. Esses potes estão disponíveis em uma variedade de faixas de resistência, das quais 5k, 10k, 50k e 100k são os mais comuns. Esses potenciômetros têm tolerância de 20% a 1%.



Exemplo de um potenciômetro digital (Imagem: Microchip Technology, Inc.)

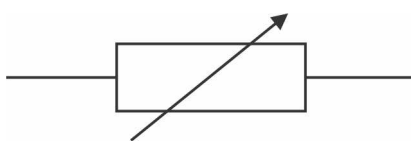
A maioria dos potenciômetros digitais vêm na classificação de 5 V e são geralmente usados em circuitos lógicos ou circuitos envolvendo microcontroladores ou microprocessadores. Esses potenciômetros são geralmente usados no lugar de resistores predefinidos ou trimpots para alta precisão e resolução em circuitos digitais. Existem centenas de CIs de potenciômetros digitais disponíveis, como AD5110, MAX5386, DS1806, etc.

Reostato



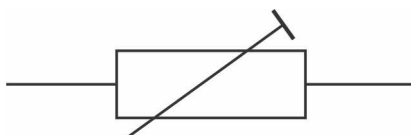
Exemplo de um reostato (Imagem: Ohmite)

Reostatos são resistores variáveis de dois terminais, geralmente com construção enrolada. Eles são usados para controlar a corrente nos circuitos. Alguns reostatos podem ter três terminais, dos quais apenas dois permanecem disponíveis para conexões. Uma conexão é feita para uma das extremidades da faixa resistiva e outra conexão é feita para o limpador. Os reostatos costumavam ser usados em circuitos de energia para controlar a corrente. No entanto, hoje em dia, a maior parte da eletrônica de comutação é usada no lugar de reostatos em aplicações de eletrônica de potência. Como os potenciômetros, os reostatos também vêm em uma variedade de construções, das quais resistores predefinidos rotativos, lineares e de 2 terminais são os mais comuns. Como os potenciômetros, eles podem ser do tipo de volta única ou multi-voltas. Também há gangue dupla e reostatos empilhados. O reostato tem o seguinte símbolo padrão IEC:



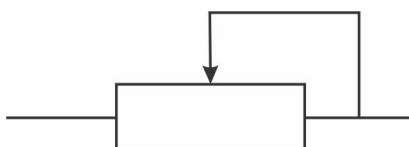
Símbolo padrão IEC para um reostato

O resistor predefinido tem o seguinte símbolo padrão IEC:



Símbolo padrão IEC para um resistor predefinido

A maioria dos potenciômetros e trimpots podem ser conectados como um reostato. Um potenciômetro ou aparador conectado como reostato tem o seguinte símbolo padrão IEC:



Símbolo padrão IEC de potenciômetro conectado como reostato

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Os resistores podem ser associados em um circuito em série, paralelo ou misto.

A associação de resistores será visto de maneira simplificada.

ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

Chamamos de associação série, um circuito que possui mais de um resistor ligados de maneira que só exista um caminho para que a corrente elétrica circule, do positivo da fonte até o negativo, como na figura 10:

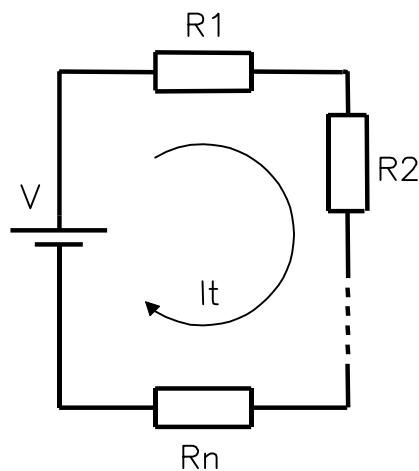


Figura 10

No circuito acima, existe uma resistência total chamada de resistência equivalente, que no circuito série calculamos da seguinte maneira:

$$R_{eq} = R1 + R2 + R3 + \dots + Rn$$

Exemplo:

$$R_{eq} = R1 + R2 + R3$$

$$R_{eq} = 100 + 330 + 470$$

$$\mathbf{R_{eq} = 900\Omega}$$

Em um circuito série, quanto mais resistores tivermos associados, maior será a resistência equivalente. Vale dizer que a resistência equivalente, terá valor sempre maior do que o maior dos resistores associados.

A corrente elétrica “enxerga” no seu caminho, uma única resistência, e “parte” com sua intensidade já determinada, calculada pela Lei de Ôhm. Portanto, em um circuito série, a intensidade de corrente que passa por cada componente, é igual. Entretanto, a tensão da fonte, se divide entre os componentes, como mostra a figura 11 abaixo:

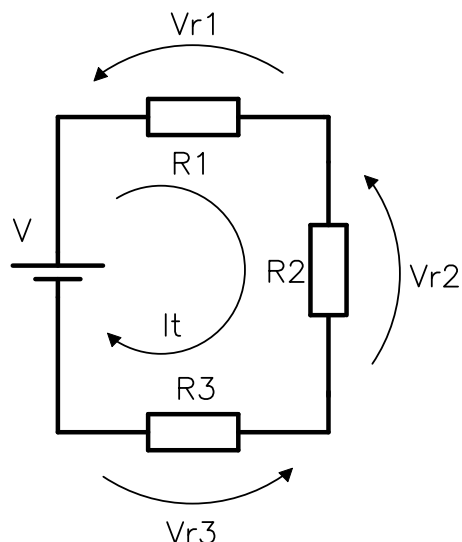


Figura 11

A tensão da fonte V é igual a soma das tensões nos componentes, ou seja, $V = V_{r1} + V_{r2} + V_{r3}$. A tensão em cada componente é calculada separadamente utilizando também a Lei de Ôhm .

Exemplo $V_{r1} = R1 \cdot I_{r1}$

Sendo: V_{r1} = tensão no resistor R1
 $R1$ = valor ôhmico do resistor
 I_{r1} = corrente elétrica que passa por R1, que no caso da associação série, é igual a corrente total (I_t).

ASSOCIAÇÃO PARALELA

Uma associação paralela de dois ou mais resistores é caracterizada conforme mostra a figura 12 a seguir:

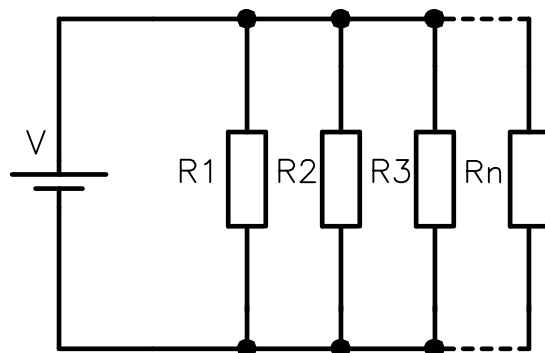


Figura 12

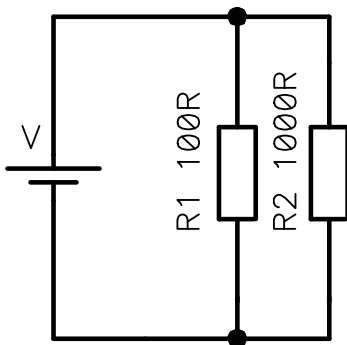
No circuito acima, também existe uma resistência equivalente (total), que no circuito paralelo calculamos da seguinte maneira:

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n$$

ou então aplica-se a fórmula para a associação de dois resistores apenas de cada vez:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Exemplo:



Opção 1

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{1000}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{10 + 1}{1000}$$

$$11 R_{eq} = 1000$$

$$R_{eq} = \frac{1000}{11}$$

$$R_{eq} = 90,91\Omega$$

Opção 2

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{eq} = \frac{100 \cdot 1000}{100 + 1000}$$

$$R_{eq} = \frac{100000}{1100}$$

$$R_{eq} = 90,91\Omega$$

Em um circuito paralelo, quanto mais resistores tivermos associados, menor será a resistência equivalente. Também vale dizer que a resistência equivalente, terá valor sempre menor do que o menor dos resistores associados.

Nesse circuito a corrente total, também “parte” com seu valor já determinado, porém, encontra vários caminhos para percorrer, dividindo entre os componentes e depois unindo-se novamente até o negativo.

Como podemos observar no circuito abaixo, a corrente elétrica se divide entre os resistores ao passo que a tensão, é aplicada com mesmo valor sobre todos eles. Portanto, inverso ao circuito em série.

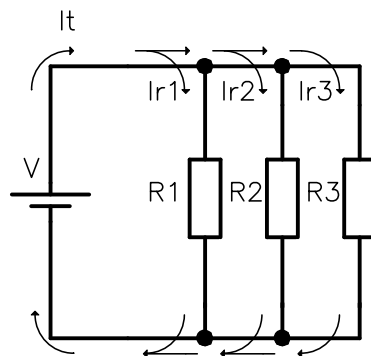


Figura 13

A corrente total que parte da fonte V é igual a soma das correntes nos componentes, ou seja, $I_t = I_{r1} + I_{r2} + I_{r3}$. A corrente em cada componente é calculada separadamente utilizando também a Lei de Ôhm .
Exemplo $I_{r1} = V_{r1}/R_1$

ASSOCIAÇÃO MISTA

Nessa associação é aplicada a mistura da associação série com a paralela, como mostra o esquema da figura 18 abaixo, e calculamos cada valor analisando o circuito separadamente:

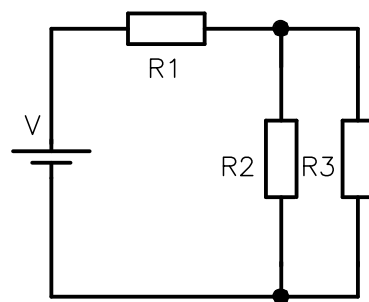


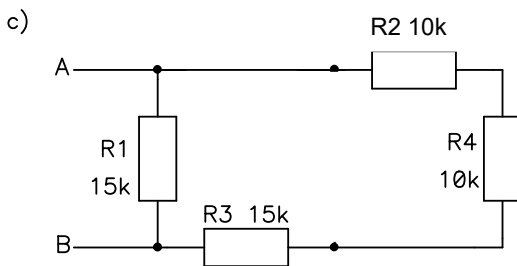
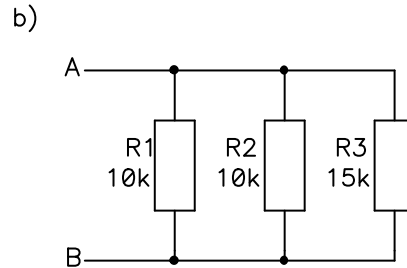
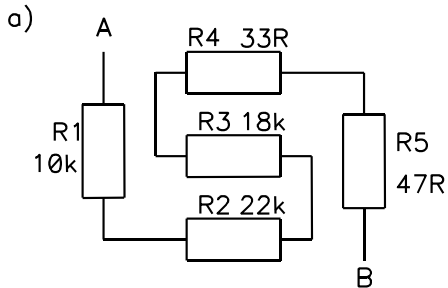
Figura 14

Nesse caso, por exemplo, devemos associar R_2 com R_3 por estarem em paralelo, substituindo os dois por uma resistência equivalente, e essa por sua vez estará em série com o resistor R_1 , fazendo então a associação em série entre os dois resultando na resistência total equivalente.

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

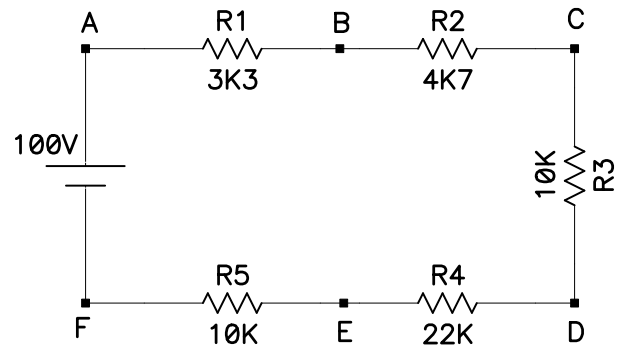
Lista EF03 (associação de resistores)

1- Determinar a resistência equivalente entre os pontos A e B

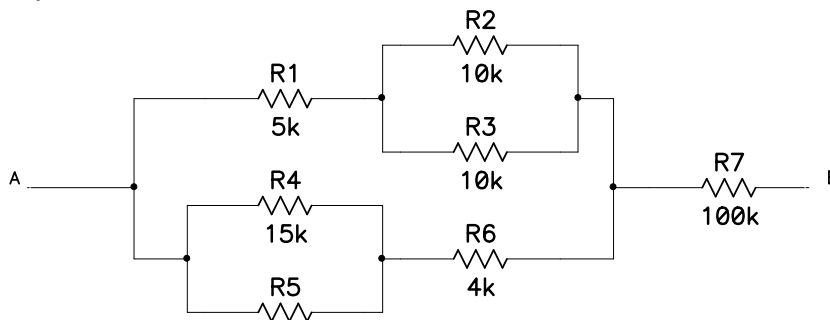


2- Dado o circuito abaixo determine:

- Req. (resistência total equivalente)
- I_T (Corrente total e única)
- V_{AD} (tensão entre os pontos A e D)
- V_{BE} (tensão entre os pontos B e E)
- R_{CF} (resistência entre os pontos C e F)
- R_{AD} (resistência entre os pontos A e D)
- P_{AB} (potência entre os pontos A e B)
- P_T (potência total)



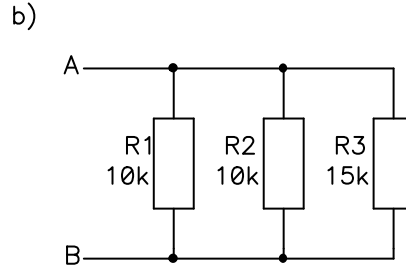
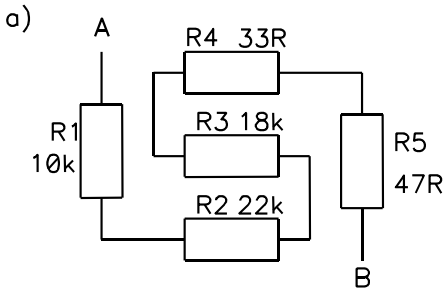
3- Determine o valor de R5 sabendo que a corrente que passa pelo resistor R1 é igual a que passa pelo R6.



RESPOSTA

Lista EF03 (associação de resistores)

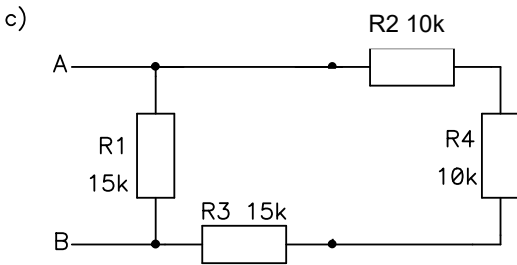
4- Determinar a resistência equivalente entre os pontos A e B



A: 50.080Ω (50k08)

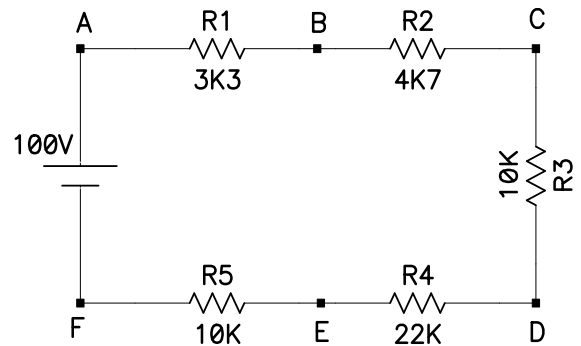
B: 3,75K

C: 10,5K



5- Dado o circuito abaixo determine:

- i) Req. (resistência total equivalente) **50K**
- j) I_T (Corrente total e única) **2mA**
- k) V_{AD} (tensão entre os pontos A e D) **36V**
- l) V_{BE} (tensão entre os pontos B e E) **73,4V**
- m) R_{CF} (resistência entre os pontos C e F) **42K**
- n) R_{AD} (resistência entre os pontos A e D) **18K**
- o) P_{AB} (potência entre os pontos A e B) **13,2mW**
- p) P_T (potência total) **200mW**



6- Determine o valor de R5 sabendo que a corrente que passa pelo resistor R1 é igual a que passa pelo R6.

R5 = 10K

