

Texto Teórico 01: ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

1- INTRODUÇÃO

No momento da seleção de um componente eletrônico é necessário definir certas características, sem o que o componente poderá vir a ser inadequado à aplicação que se tem em vista. A seguir serão apresentadas as características mais importantes a se observar, geralmente fornecidas pelos fabricantes, seja em catálogos ou impressas sobre o próprio corpo do componente.

Deve-se também ter em mente que nem todas as especificações são igualmente aplicáveis a todos os componentes estudados neste curso. As diferenças serão citadas à medida que os mesmos forem sendo apresentados individualmente.

2 - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS

2.1 - Valor Nominal

Boa parte dos componentes possui uma característica principal que define sua função, e cujo valor é de suma importância, por exemplo: a resistência elétrica de um resistor, a capacitância de um capacitor, o ganho de um transistor etc.. Denomina-se **valor nominal** o valor especificado pelo fabricante, ou seja, o valor esperado para aquele componente em particular.

As indústrias de componentes, contudo, não fabricam componentes com todos os valores nominais possíveis. Ao invés disso, fabricam apenas alguns valores pré-determinados, com os quais cobrem toda a faixa de valores possíveis. Sendo assim, quando se projeta um circuito, deve-se selecionar os valores comerciais mais adequados com relação aos valores teóricos calculados. Ao conjunto de valores pré-determinados fabricados denomina-se **série**

2.2 - Tolerância

Todo processo de fabricação de qualquer produto sempre apresenta imperfeições que levam a desvios com relação a especificações iniciais. No caso dos componentes eletrônicos, nem sempre o valor nominal desejado é obtido com exatidão. Geralmente o fabricante consegue construir um componente apenas próximo do especificado. Sendo assim, o fabricante, além de indicar o valor nominal, informa também a **tolerância** de fabricação. A tolerância indica a incerteza contida no valor, ou o limite de erro máximo que o fabricante cometeu. Em outras palavras, **indica os limites da faixa onde se situa o valor real do componente**. É, normalmente, expressa em porcentagem. Esta faixa pode ser calculada através das Eq. 1 e Eq. 2, abaixo.

$$V_{MÁX} = V_{NOM} * (1 + \frac{Tol\%}{100}) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (1)$$

$$V_{MÍN} = V_{NOM} * (1 - \frac{Tol\%}{100}) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (2)$$

Se expressa em partes por milhão (ppm), as equações modificam-se um pouco (Eq. 3 e Eq. 4).

$$V_{MÁX} = V_{NOM} * (1 + \frac{Tol_{ppm}}{10^6}) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (3)$$

$$V_{MÍN} = V_{NOM} * (1 - \frac{Tol_{ppm}}{10^6}) \quad [\text{na unidade de } V_{NOM}] \quad (4)$$

Exemplo:

Ex. 1.1 - Quando se adquire um resistor de 4,7kΩ, cuja tolerância seja de ±10%, é possível que sua resistência real seja qualquer valor dentro da faixa calculada abaixo:

$$R_{\text{MÁX}} = R_{\text{NOM}} * (1 + \text{Tol\%/100}) = 4.700 * (1 + 10/100) = 4.700 * 1,10 = \mathbf{5,2k\Omega}$$
$$R_{\text{MÍN}} = R_{\text{NOM}} * (1 - \text{Tol\%/100}) = 4.700 * (1 - 10/100) = 4.700 * 0,90 = \mathbf{4,2k\Omega}$$

É fácil concluir que quanto menor a tolerância de um determinado componente, melhor será sua qualidade.

Comercialmente existem tolerâncias desde ±0,01% até ±50%. Além disso, há componentes que possuem uma faixa de variação assimétrica, como, por exemplo, alguns tipos de capacitores, cuja tolerância pode ser de -20 e +50%, ou -0 e +100% etc.. A tolerância do componente está diretamente relacionada à série na qual é fabricado. Por exemplo: um componente cuja tolerância de fabricação seja **10%** normalmente possuirá valores distribuídos segundo a série **E12**.

A tolerância é um fator muito importante num componente, uma vez que todo sistema eletrônico possuirá, inevitavelmente, uma tolerância (incerteza) maior que a tolerância do pior componente utilizado.

2.3 - Potência Máxima Dissipável

Todo dispositivo eletrônico submetido a uma certa tensão elétrica e, simultaneamente, percorrido por uma corrente elétrica consumirá uma determinada quantidade de energia. A taxa com relação ao tempo na qual a energia é consumida é a potência elétrica, e pode ser calculada através da Eq. 5.

$$P = V \cdot I \quad [\text{Watt}] \quad (5)$$

Esta energia consumida surge na forma de calor, aquecendo o componente. Portanto, caso esta energia acumulada (calor) sobre o componente não seja retirada (dissipada) na mesma taxa em que o componente a acumula, a temperatura do componente aumentará indefinidamente, danificando-o por excesso de temperatura, ou seja, o componente é fundido. A capacidade de dissipação de energia do componente denomina-se potência máxima dissipável. Este parâmetro é fornecido pelo fabricante, e seu valor deverá ser sempre superior à potência consumida pelo dispositivo no circuito.

Em outras palavras, a potência máxima dissipável de um componente é a máxima potência que o mesmo pode suportar (vide Eq. 5).

2.4 - Tensão Máxima de Operação

Todo componente eletrônico apresenta partes eletricamente condutoras e partes isolantes (dielétrico). Estas últimas, logicamente, devem impedir a passagem da corrente elétrica. Contudo, todo material possui um coeficiente de ruptura, que indica qual é o maior gradiente de tensão elétrica que este suporta. Este gradiente jamais deve ser atingido, pois, neste caso, ocorre uma descarga elétrica que perfura o dielétrico, carbonizando-o e, conseqüentemente, inutilizando o componente.

Sendo assim, todo componente possuirá uma especificação da tensão máxima que pode ser aplicada a seus terminais sem que seja danificado.

2.5 - Corrente Máxima de Operação

Todo componente eletrônico, quando percorrido por uma corrente elétrica, provoca um certo consumo de energia devido à sua resistência elétrica implícita. Este fenômeno, denominado efeito Joule, é descrito pela Eq. 6, e está relacionado à capacidade de dissipação de energia do componente.

$$P = R \cdot I^2 \quad [\text{Watt}] \quad (6)$$

Contudo, alguns componentes mais complexos, como diodos e transistores, por exemplo, possuem interconexões internas passíveis de sofrerem danos (rompimento) devido ao excesso de corrente. Nestes casos, o risco de dano ao componente não está relacionado à sua potência máxima dissipável. Sendo assim, seus fabricantes indicam, diretamente, qual é a máxima corrente que suportam, independentemente da potência que possam estar consumindo.

Logo, todo componente possuirá uma especificação da corrente máxima que pode conduzir sem que seja danificado.

2.6 - Faixa de Frequência de Operação

Todo componente eletrônico apresenta um determinado comportamento conforme a frequência da tensão e da corrente às quais é submetido. Por exemplo, um dispositivo pode oferecer grande resistência à passagem de corrente elétrica de alta frequência, enquanto comporta-se como um curto para correntes de baixa frequência. Além disso, a própria natureza do comportamento do componente pode se alterar, ou seja, numa certa frequência o componente comporta-se como uma resistência pura, e em outra como uma capacitância, por exemplo. Você pode pensar num alto-falante que acima de determinada frequência não reproduz qualquer som.

Logo é necessário especificar a faixa de frequência na qual o componente se comporta conforme o esperado.

2.7 - Temperatura de Operação

Na natureza, as características físico-químicas dos materiais variam segundo a temperatura à qual estão submetidos. Os componentes eletrônicos se comportam da mesma forma, ou seja, alteram seu comportamento conforme sua temperatura. Desta forma, os fabricantes devem especificar a faixa de temperaturas na qual o componente responde conforme o esperado, e sem o risco de ser danificado.

Para alguns componentes, principalmente os circuitos integrados, foram estabelecidos três faixas de operação padrão de acordo com sua aplicação, apresentadas na Tabela 2

Tabela 2 - Faixas de temperatura padrão para circuitos integrados.

Denominação	Faixa de Temperatura
Comercial	0 a +70°C
Industrial	-25°C a +85°C
Militar	-55°C a +125°C

2.8 - Temperatura de Armazenamento

Alguns componentes devem ser estocados em locais cuja temperatura não ultrapasse determinados limites, sob pena de terem suas características físico-químicas irreversivelmente alteradas. Felizmente, geralmente os limites da faixa de temperatura de armazenamento são bem mais amplos que os da faixa de temperatura de operação.

2.9 - Coeficiente de Temperatura

O coeficiente de temperatura de um componente eletrônico indica o comportamento de seu valor nominal conforme a variação da temperatura do componente. Pode ser expressa em:

- partes por milhão de variação por grau Celsius - [ppm / °C]; ou
- percentual de variação por grau Celsius - [% / °C].

Um valor de coeficiente positivo indica que o valor nominal do componente aumenta com o aumento da temperatura, e vice-versa. Este comportamento pode ser comprovado analisando-se as fórmulas de cálculo da variação do valor nominal (ΔV_{NOM}) com variação da temperatura (ΔT), abaixo (Eq. 7 e Eq. 8).

$$\Delta V_{NOM} = V_{NOM} * CT_{ppm} * \Delta T / 10^6 \quad \text{[na unidade de } V_{NOM}] \quad (7)$$

ou

$$\Delta V_{NOM} = V_{NOM} * CT_{\%} * \Delta T / 100 \quad \text{[na unidade de } V_{NOM}] \quad (8)$$

onde

$\Delta T \Rightarrow$ variação de temperatura ocorrida, ou seja:

$$\Delta T = T_{final} - T_{inicial} \quad [^{\circ}C] \quad (9);$$

$\Delta V_{NOM} \Rightarrow$ variação do valor nominal ocorrida;

$V_{NOM} \Rightarrow$ valor nominal;

$CT_{ppm} \Rightarrow$ coeficiente de temperatura em partes por milhão;

$CT_{\%} \Rightarrow$ coeficiente de temperatura em percentual.

Exemplo:

Ex. 1.2 - A 60°C, qual é a capacitância de um capacitor cujo valor nominal seja 220 μ F, e cujo coeficiente de temperatura seja 150ppm / °C?

A resposta vem da aplicação da Eq. 6.7, acima. Antes, contudo, deve-se calcular a variação de temperatura ocorrida, através da Eq. 9.

$$\Delta T = T_{final} - T_{inicial}$$

Mas quais são as temperaturas inicial e final? A temperatura final é aquela na qual se deseja calcular o valor final da capacitância, e a temperatura inicial é aquela na qual se conhece a capacitância. Contudo, o problema informou apenas a temperatura final, então como resolvê-lo? É simples. Basta lembrar que os valores nominais dos componentes eletrônicos são dados para a temperatura de 25°C. Logo:

$$T_{inicial} = 25^{\circ}C$$

$$T_{final} = 60^{\circ}C$$

Então,

$$\Delta T = 60 - 25 = 35^{\circ}C$$

e

$$\Delta C_{NOM} = C_{NOM} * CT_{ppm} * \Delta T / 10^6$$

$$\Delta C_{NOM} = (220 * 10^{-6}) * 150 * 35 / 10^6$$

$$\Delta C_{NOM} = 1,155 * 10^{-6}F = \underline{1,155\mu F}$$

Esta é a variação ocorrida na capacitância, logo, para se obter o valor final basta somar a variação ocorrida ao valor inicial da capacitância, conforme a Eq. 10, abaixo.

$$V_{FINAL} = V_{INICIAL} + \Delta V_{NOM} \quad \text{[na unidade de } V_{NOM}] \quad (10);$$

logo,

$$C_{FINAL} = C_{INICIAL} + \Delta C_{NOM}$$

$$C_{FINAL} = 220 * 10^{-6} + 1,155 * 10^{-6}$$

$$C_{FINAL} = 221,155 * 10^{-6} = \underline{221,2\mu F}$$

2.10 - Encapsulamento e Dimensões

Apesar de aparentemente irrelevante, o encapsulamento (invólucro) e as dimensões dos componentes eletrônicos são extremamente importantes. O encapsulamento, além de dar sustentação mecânica ao componente, determina sua capacidade de dissipação de potência e faixa de temperatura de operação, pode funcionar como blindagem contra ruídos elétricos, e ditar a forma de fixação mecânica e/ou conexão elétrica ao circuito.

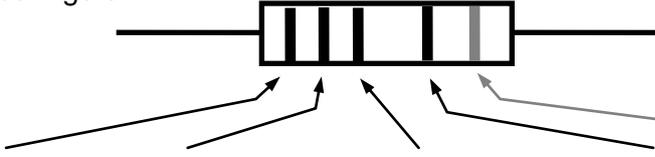
As dimensões, também determinadas pelo encapsulamento, devem ser observadas com muita atenção no momento da confecção de uma placa de circuito impresso e do projeto da caixa do equipamento.

3 - EXERCÍCIOS

- 1) Qual é o significado do valor especificado pelo fabricante de um componente eletrônico? Pode-se confiar totalmente neste valor?
- 2) Suponha que você necessite um resistor igual a $1,636k\Omega$ para um determinado circuito. Indique qual valor comercial você utilizaria caso dispusesse apenas de resistores da série E3. E se fosse possível utilizar um resistor da série E96? Comente as diferenças que você obteria em seus resultados práticos com seu suposto circuito.
- 3) Suponha que você necessite de um resistor de $1,636k\Omega$ para limitar uma corrente a $5,5mA$, valor este que jamais devesse ser ultrapassado. Indique qual valor comercial você utilizaria caso dispusesse apenas de resistores da série E3. E se fosse possível utilizar um resistor da série E96? Comente as diferenças que você obteria em seus resultados práticos com relação ao valor da corrente limite.
- 4) Qual é o significado da tolerância do valor nominal de um componente eletrônico? Por quê a tolerância não é nula?
- 5) Quais serão os valores máximo e mínimo possíveis para um resistor de $120k\Omega$ de resistência nominal, cuja tolerância seja 5%?
- 6) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma potência maior que aquela que ele é capaz de dissipar?
- 7) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma corrente maior que aquela que ele é capaz de suportar?
- 8) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma tensão maior que aquela que ele é capaz de suportar?
- 9) O que ocorre com um componente se o submetemos a uma frequência fora da faixa para a qual ele foi projetado?
- 10) Qual é a diferença entre as temperaturas de operação e de armazenamento de um componente eletrônico?
- 11) Qual é a tensão de uma fonte regulada cuja tensão nominal é $15,0V$, se seu coeficiente de temperatura for de $0,02\% / ^\circ C$ e a temperatura ambiente estiver em $60^\circ C$?
- 12) Qual é a indutância de uma bobina cuja indutância nominal é $33mH$, se seu coeficiente de temperatura for de $300ppm / ^\circ C$ e a temperatura ambiente estiver em $85^\circ C$?
- 13) Um resistor possui $56,56k\Omega$ à temperatura de $-15^\circ C$. Qual sua resistência a $+45^\circ C$, se seu coeficiente de temperatura for de $-250ppm / ^\circ C$?
- 14) Um resistor foi medido quando à temperatura de $-10^\circ C$, obtendo-se $82,41\Omega$. Posteriormente foi aquecido até $+60^\circ C$ e novamente medido, obtendo-se $81,59\Omega$. Qual é o coeficiente de temperatura do resistor?
- 15) As dimensões e o tipo de encapsulamento dos componentes são realmente importantes? Por quê?

2.1.1 – Código de Cores

Caso os resistores pertençam às séries: E3, E6, E12 ou E24, o código de cor é formado conforme o desenho e a tabela da Figura 1.



COR	1ª FAIXA (1º DÍGITO)	2ª FAIXA (2º DÍGITO)	3ª FAIXA (MULTIPLICADOR)	4ª FAIXA (TOLERÂNCIA)	FAIXA EXTRA (5ª ou 6ª) (COEFICIENTE DE TEMP.) nem sempre presente
Preto	—	0	x 1	—	—
Marrom	1	1	x 10	1%	100
vermelho	2	2	x 100	2%	50
Laranja	3	3	x 1000	3%	—
amarelo	4	4	x 10.000	4%	—
Verde	5	5	x 100.000	—	—
Azul	6	6	x 1.000.000	—	—
Violeta	7	7	—	—	—
Cinza	8	8	—	—	—
Branco	9	9	—	—	—
Ouro	—	—	x 0,1	5%	—
Prata	—	—	x 0,01	10%	—

Figura 1 – Tabela de cores/valores de resistores e disposição das faixas sobre o transistor.

Exemplo:

Ex.2.1 - faixa 01 = verde : 5
 faixa 02 = azul : 6
 faixa 03 = laranja : x 1.000
 faixa 04 = ouro : 5%

Logo o resistor é de 56 x 1.000 , com tolerância de ±5%, ou seja: **56 kΩ ±5%**.

Calculando-se os valores máximo e mínimo possíveis para este resistor através das Eq. 1.1 e Eq. 1.2, obtém-se:

$$R_{\text{máx}} = R_{\text{nom}} * (1 + \frac{\text{Tol}\%}{100}) = 56.000 * (1 + \frac{5}{100}) = 56.000 * 1,05 = \mathbf{58,8 \text{ k}\Omega}$$

$$R_{\text{mín}} = R_{\text{nom}} * (1 - \frac{\text{Tol}\%}{100}) = 56.000 * (1 - \frac{5}{100}) = 56.000 * 0,95 = \mathbf{53,2 \text{ k}\Omega}$$

2.1.2 – Código de Cores para Resistores de Precisão

Cabe ressaltar que os resistores denominados de precisão (tolerâncias menores ou iguais a 2%) são fabricados nas séries E48 e E96, necessitando de uma faixa extra, uma vez que seus valores nominais são expressos com três dígitos significativos, ilustrado na figura 2.

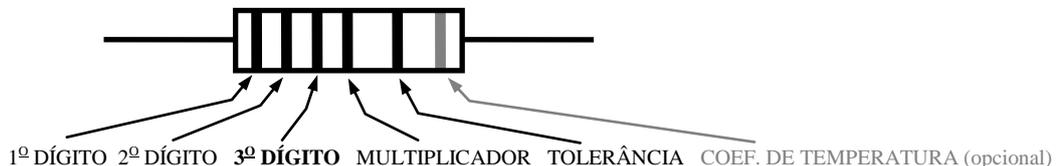


Figura 2 – Disposição das faixas de código sobre um resistor de precisão.

Ex.2.2 - faixa 01 = verde : 5
 faixa 02 = azul : 6
faixa 03 = vermelho: 2
 faixa 04 = laranja : x 1.000
faixa 05 = marrom : 1%
 faixa 06 = vermelho : CT = 50ppm/°C

logo o resistor é de 562 x 1.000 , com tolerância de ±1%, ou seja:

562 kΩ ±1%. (com coeficiente de temperatura de 50ppm)

Calculando-se os valores máximo e mínimo possíveis para este resistor obtém-se:

$$R_{\text{máx}} = R_{\text{nom}} * (1 + \text{Tol\%/100}) = 562.000 * (1 + 1/100) = 562.000 * 1,01 = \mathbf{567,62 \text{ k}\Omega}$$

$$R_{\text{mín}} = R_{\text{nom}} * (1 - \text{Tol\%/100}) = 562.000 * (1 - 1/100) = 562.000 * 0,99 = \mathbf{556,38 \text{ k}\Omega}$$

2.2 - Dissipação de Potência

Dissipação de potência é a capacidade que um resistor possui em dissipar (ou escoar) o calor gerado pela passagem da corrente elétrica para o meio ambiente que o rodeia.

São fabricados comercialmente nas potências de 1/32 W, 1/16 W, 1/8 W, 1/4 W, 1/3 W, 1/2 W, 1 W, 2 W, 3 W, 5 W, 10 W, 15 W, 20 W, 25 W, 50 W etc..

Normalmente o tamanho do resistor cresce com o aumento da capacidade de dissipar potência, todavia, o surgimento de novas tecnologias de fabricação têm contrariado esta regra. Atualmente há resistores capazes de dissipar 2 W cujas dimensões são muito próximas daquelas de resistores de 1/4 W construídos com tecnologias mais antigas.

2.3 – Tensão Máxima de Operação

Os resistores são fabricados para as tensões máximas de 250 V, 450 V, 750 V, 1.000 V etc.

2.4 – Dimensões

O formato e o tamanho dos resistores podem ser dos mais variados possíveis, pois dependem do material de que são feitos, da quantidade de calor que devem ser capazes de dissipar, da resistência elétrica que apresentam e da sua aplicação em casos particulares.

2.5 - Classificação dos Resistores Quanto ao Material Utilizado na sua Fabricação

2.5.1 – Resistor de Carbono (Grafite)

- baratos e de pequena dimensão;
- fabricados nos valores de unidades de ohms a megaohms com o mesmo tamanho;
- com potência de dissipação de até 3 W;
- altamente ruidosos devido à agitação térmica.

2.5.2 – Resistor de Filme Metálico

- mais caros que o de carbono e de pequena dimensão;
- fabricados até com valores superiores a megaohms, com o mesmo tamanho e forma;
- com potência de até 7 W e em alguns casos possuem tamanhos iguais para potências diferentes;
- precisão elevada, em geral abaixo de 2 %;
- baixo ruído;
- substituem com vantagens os resistores de carbono.

2.5.3 - Resistor de Fio (Níquel-Cromo)

- São confeccionados enrolando-se um fio de níquel-cromo sobre um corpo de vidro ou cerâmica;
- são fabricados para resistências de valores baixos e altas potências de dissipação (até 1.000 W);
- suas dimensões crescem com o valor de sua resistência e sua capacidade de dissipação de potência;
- são utilizados somente em baixas frequências devido ao seu grande efeito indutivo.

2.6 - Tipos de Resistores quanto ao tipo de ajuste do valor da resistência

Os resistores podem ser de valor fixo, variável ou ajustável.

2.6.1 - Resistor Fixo

- É um resistor com dois terminais e valor ôhmico fixo. Diferencia-se o valor da resistência de um resistor para outro pelo código de cores (ou escrita no corpo), apresentado na tabela da figura 1.

2.6.2 - Resistor Ajustável (Trimpot)

- Possuem três terminais, sendo que o terminal central é móvel, permitindo seu ajuste para o valor desejado (vide figuras 3 (a) e 3 (b));

- são de pequenas dimensões e utilizados em montagens compactas;
- normalmente são usados internamente à carcaça do equipamento, soldados diretamente na placa de circuito impresso, sendo ajustados pelo fabricante do aparelho e, não raramente, lacrados com cera;
- são especificados pelo valor nominal da resistência total entre os terminais A e C.

2.6.3 - Resistor Variável (Potenciômetro)

- Possuem três terminais, sendo o terminal central um eixo móvel que permite a variação do valor da resistência (vide figura 3 (a) e 3 (c));
 - normalmente são utilizados para controle de volume, contraste e luminosidade dos receptores de rádio etc.. Portanto, são usados nos painéis de controle dos equipamentos;
 - possuem dimensões maiores que o trimpot;
 - são especificados pelo valor nominal da resistência total entre os terminais A e C;
 - apresentam dimensões variadas, sendo os mais comuns aqueles de 16 e 22mm, com eixos curto ou longo;
- quanto à forma como varia a resistência entre os terminais extremos e o central, os potenciômetros podem ser classificados em: lineares, logarítmicos, logarítmicos invertidos, ou de balanço, conforme indicado na figura 4, abaixo.

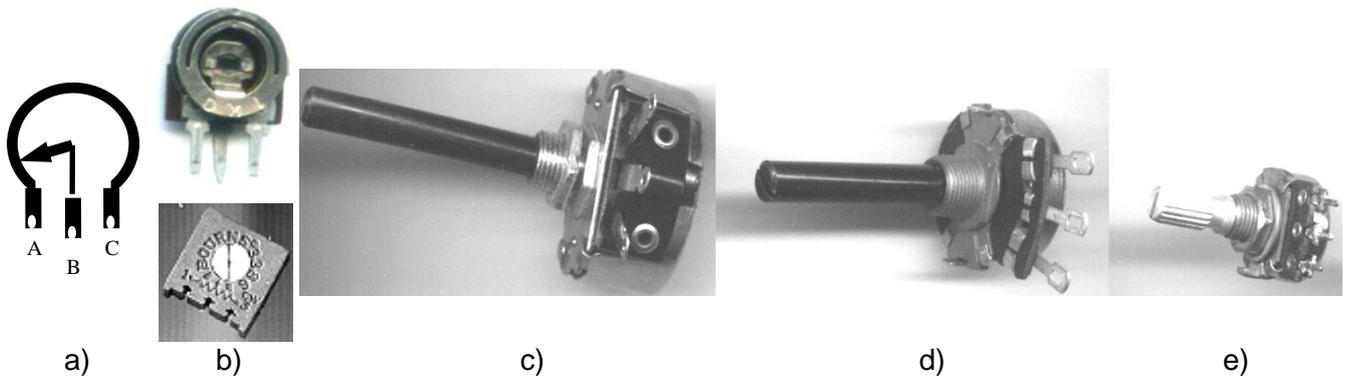


Figura 3 – Resistores ajustáveis e variáveis: a) esquema elétrico/construtivo. Aparência física: b) de trimpots e de potenciômetros de c) 30mm, e d) 22mm, ambos para fio de eixo longo, e e) de 16mm para PCI de eixo curto.

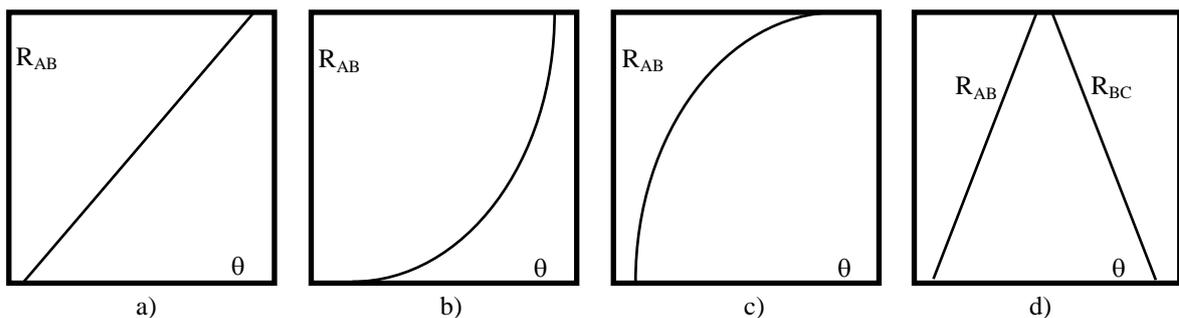


Figura 4 - Curvas de variação da resistência (R) em função do ângulo de rotação do eixo dos potenciômetros (θ no sentido horário): a) linear; b) logarítmicos; c) logarítmicos invertidos; e d) de balanço.

2.7 - Simbologia dos Resistores

- A simbologia para representação de resistores é a seguinte:

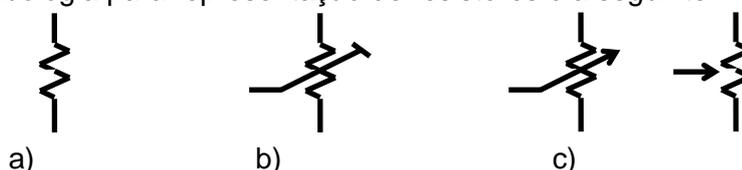


Figura 5 - Simbologia dos resistores: a) fixo, b) trimpot e c) potenciômetro.

2.8 - Resistores Especiais

Há outros tipos de resistores que apresentam características especiais, como por exemplo: foto resistores, termistores, varistores etc.. Estes, contudo, serão vistos em outra disciplina.

3 - EXERCÍCIO

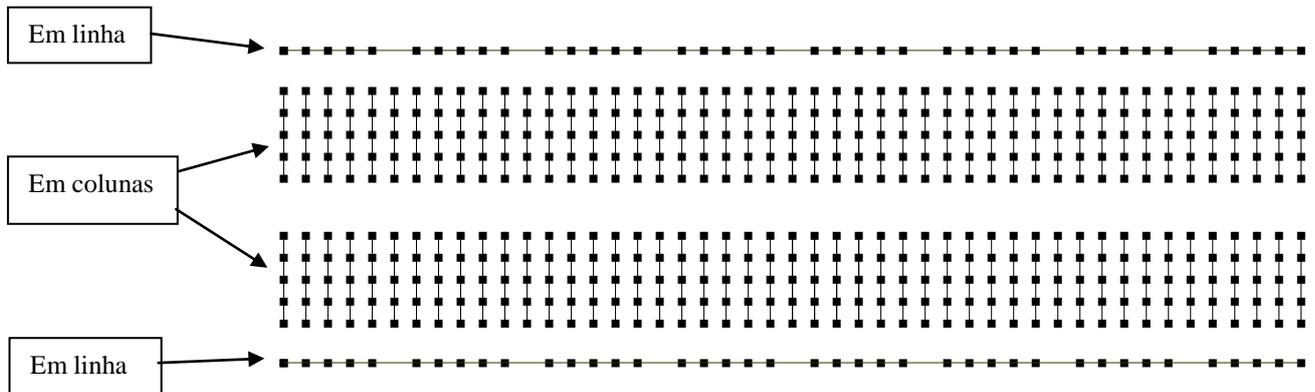
Determine o valor da resistência ou o código de cores dos resistores da tabela a seguir:

Resistor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	4ª faixa	5ª faixa	Valor	Tolerância
01	amarelo	violeta	laranja	ouro			
02	amarelo	violeta	preto	ouro			
03	azul	branco	cinza	ouro	marrom		
04	azul	cinza	ouro	ouro			
05	azul	cinza	preto	ouro			
06	azul	cinza	verde	ouro			
07	branco	verde	laranja	amarelo	vermelho		
08	branco	violeta	azul	laranja	marrom		
09	cinza	vermelho	verde	prata			
10	cinza	vermelho	verde	ouro			
11	cinza	vermelho	verde	laranja	marrom		
12	laranja	branco	amarelo	ouro			
13	laranja	branco	preto	ouro			
14	laranja	branco	verde	ouro			
15	marrom	preto	vermelho	prata			
16	marrom	verde	prata	prata			
17	marrom	verde	vermelho	prata			
18	marrom	vermelho	prata	prata			
19	marrom	vermelho	verde	prata			
20	verde	azul	ouro	ouro			
21	verde	azul	preto	ouro			
22	verde	azul	vermelho	ouro			
23	vermelho	lilás	amarelo	laranja	marrom		
24	violeta	laranja	vermelho	preto	marrom		
25						2k2	5%
26						62kΩ	10%
27						340kΩ	1%
28						7R5	5%
29						9,31kΩ	2%
30						R82	10%

Texto Teórico 03: MATRIZ DE CONTATOS

A “matriz de contato”, também denominada *proto-board* (placa de protótipos), é um elemento importante numa bancada de testes de circuitos eletrônicos. Sua função é permitir a montagem rápida de protótipos, possibilitando ao usuário avaliar a performance de circuitos sem perder tempo com projeto e confecção de placas de circuito impresso e com soldagem de componentes.

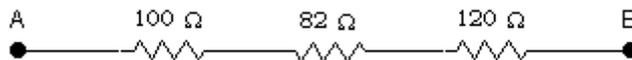
Abaixo, temos um exemplo de matriz disponível nos laboratórios do IF-SC. Observe com atenção as ligações entre os pinos.



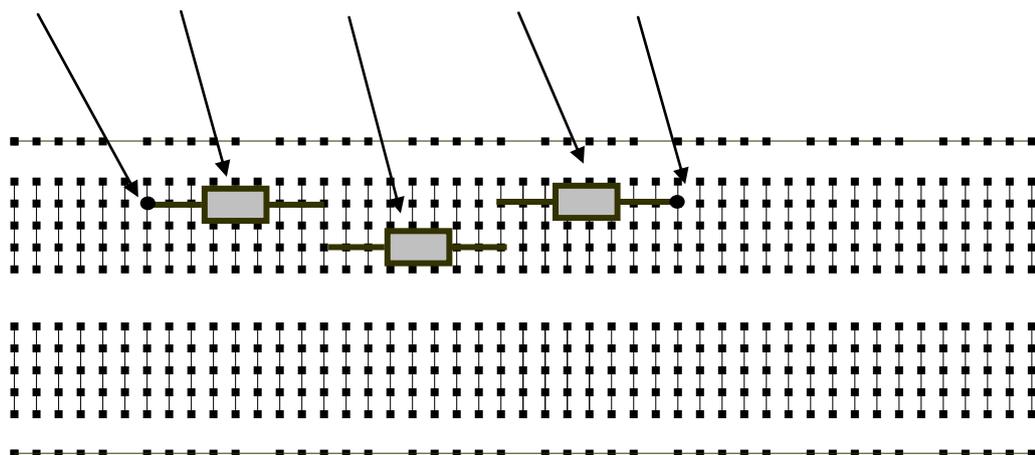
A matriz de contato apresenta limitações de uso em circuitos que operam com: alta frequência, alta corrente, alta tensão, alta potência e componentes com terminais de diâmetro grande.

Exemplo de circuito montado em matriz de contato.

Circuito:



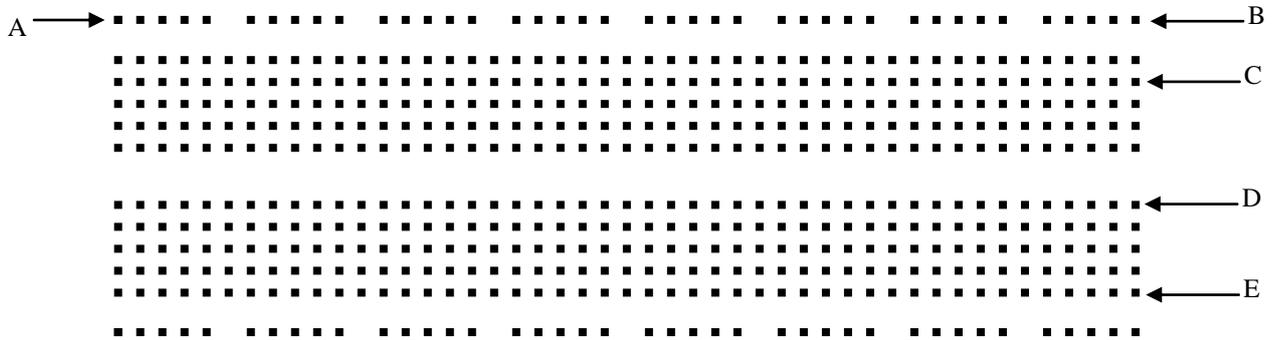
Montagem:



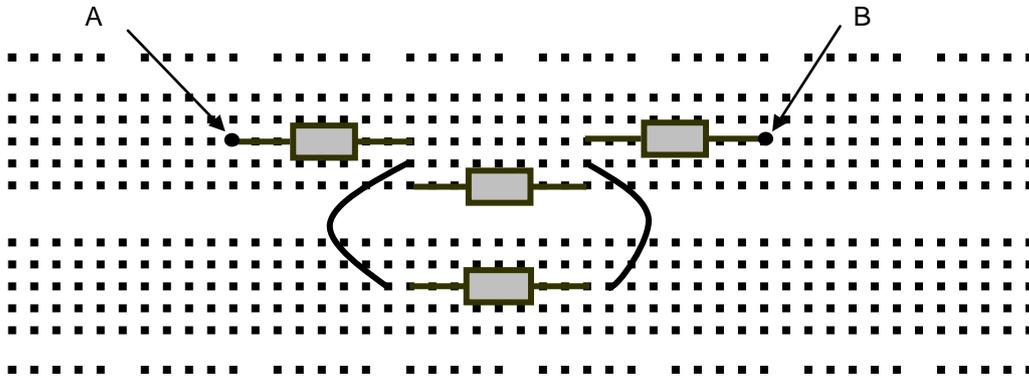
Exercícios

1ª Questão: Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor das seguintes resistências:

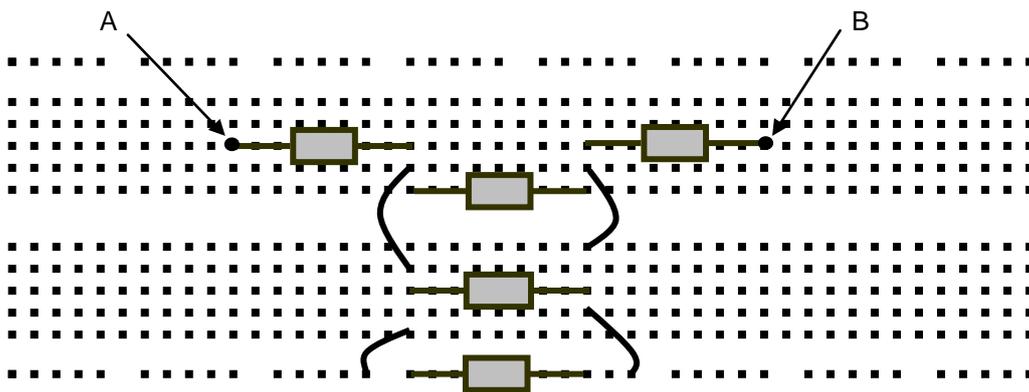
$R_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{BC} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{CD} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{DE} = \underline{\hspace{2cm}}$



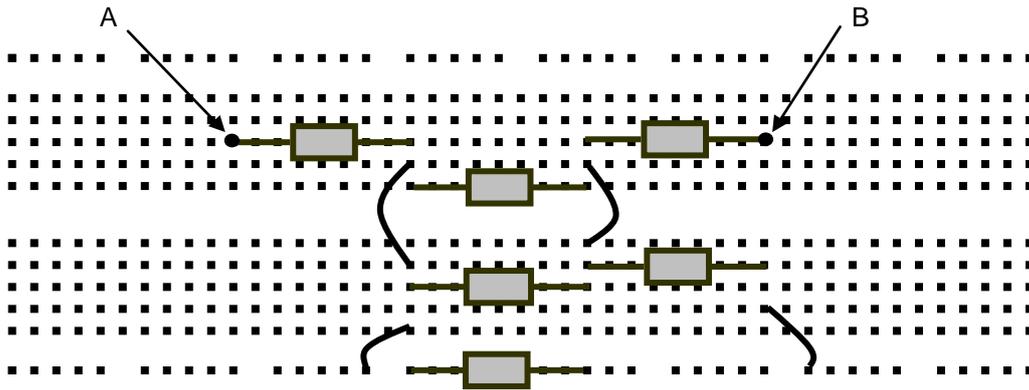
2ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Qual o valor da resistência equivalente R_{AB} :



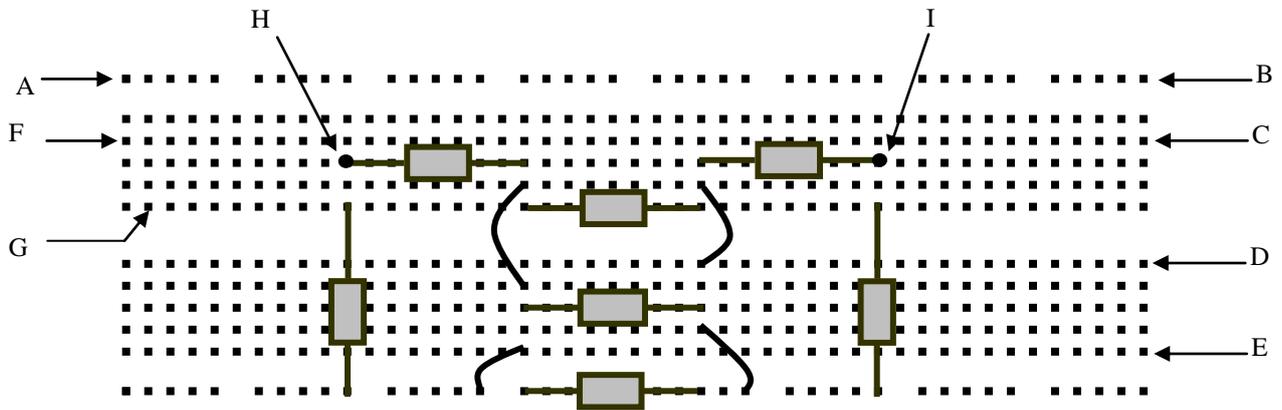
3ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Qual o valor da resistência equivalente R_{AB} :



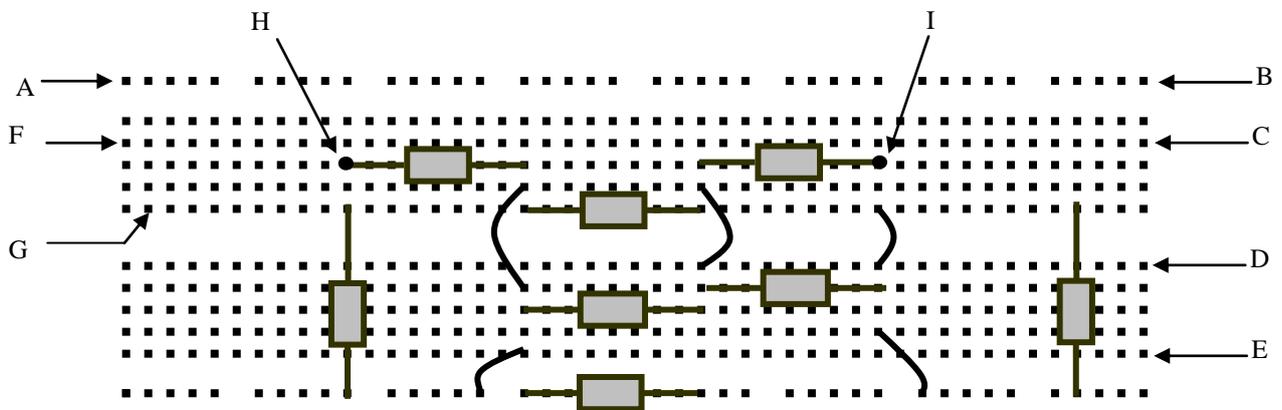
4ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Qual o valor da resistência equivalente R_{AB} :



5ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor das seguintes resistências: R_{AB} =_____ ; R_{BC} =_____ ; R_{CD} =_____ ; R_{DE} =_____ ; R_{FG} =_____ ; R_{HI} =_____



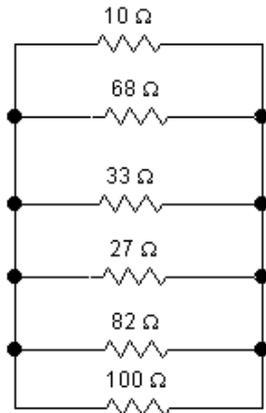
6ª Questão: Sabendo que todos os resistores têm 10Ω . Na “matriz de contato”, desenhada abaixo qual o valor das seguintes resistências: R_{AB} =_____ ; R_{BC} =_____ ; R_{CD} =_____ ; R_{DE} =_____ ; R_{FG} =_____ ; R_{HI} =_____ ; Indique o caminho da corrente HI.



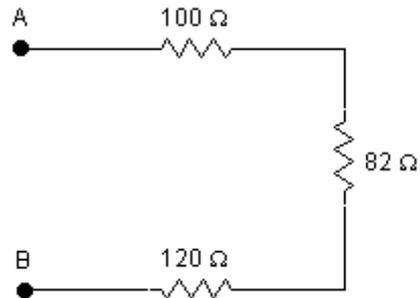
Roteiro de Laboratório : Matriz de Contatos

Material: - Matriz de Contato, resistores 1/3W: 10Ω, 27Ω; 33Ω, 39Ω, 56Ω, 68Ω, 82Ω, 100Ω, e 120Ω.
Monte os circuitos propostos e meça a resistência equivalente utilizando um multímetro.

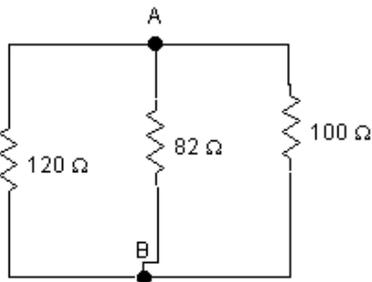
a) 4,9 Ω



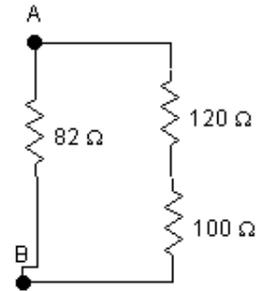
b) 302 Ω



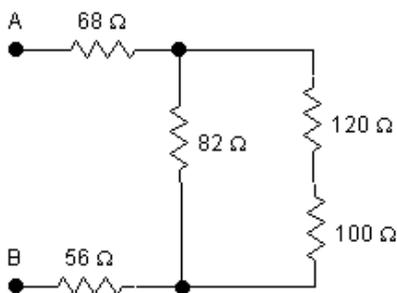
c) 32,7 Ω



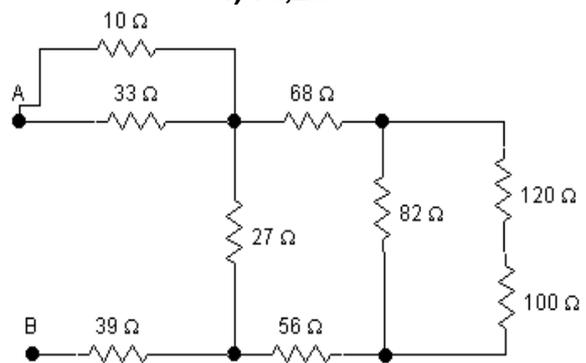
d) 59,7 Ω



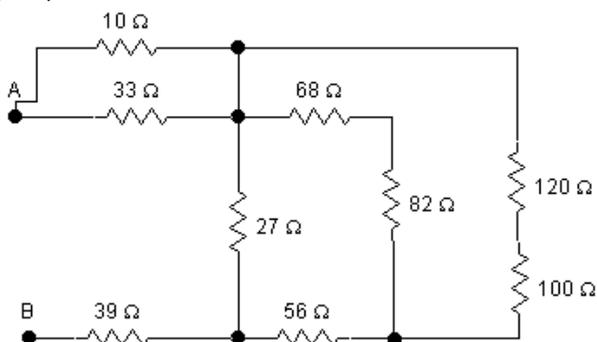
e) 183,7 Ω



f) 70,2Ω



g) 69,4 Ω



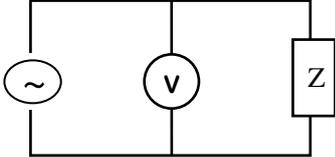
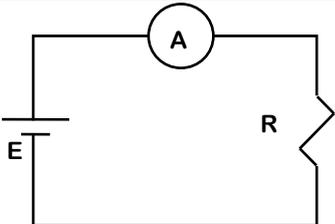
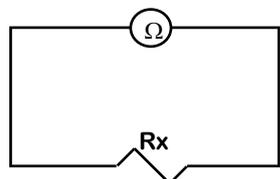
Texto Teórico 04: Multímetro e Fonte de Alimentação CC.

I - MULTÍMETRO

O “multímetro”, também denominado “multiteste”, é um equipamento versátil, capaz de desempenhar 3 funções básicas distintas, selecionadas individualmente pelo operador, a saber:

- voltímetro, para medição de tensão elétrica, seja contínua (cc) ou alternada (ca);
- amperímetro, para medição de corrente elétrica, seja contínua (cc) ou alternada (ca); e
- ohmímetro, para medição de resistência elétrica.

Os multímetros podem ser portáteis (à pilha) ou de bancada (alimentados a partir da rede elétrica). Sua forma de operação, apresentada resumidamente no “quadro 1”, varia conforme a função selecionada.

FUNÇÃO SELECIONADA	GRANDEZA MEDIDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<u>CUIDADOS</u>	CONEXÃO AO CIRCUITO
VOLTÍMETRO	TENSÃO	Em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a tensão.	<ul style="list-style-type: none"> - NÃO conectar em série com o circuito, sob pena de alterar seu funcionamento; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados. 	
AMPERÍMETRO	CORRENTE	Em SÉRIE com o circuito do qual se deseja medir a corrente.	<ul style="list-style-type: none"> - JAMAIS conectar em paralelo com o circuito, sob pena de DANIFICAR o CIRCUITO e o MULTÍMETRO; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados. 	
OHMÍMETRO	RESISTÊNCIA ELÉTRICA	Em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a resistência.	<ul style="list-style-type: none"> - JAMAIS medir com o circuito energizado; - selecionar a ESCALA mais próxima do valor lido (utilizar o FUNDO DA ESCALA); - conferir os BORNES utilizados. 	

QUADRO 1 - Funções básicas do multímetro.

Além das 3 funções básicas descritas, alguns multímetros podem desempenhar outras mais específicas, que aumentam tanto sua versatilidade quanto seu custo. No “quadro 2” estão listadas algumas destas funções. Aquelas primeiramente citadas são mais facilmente encontradas nos multímetros que aquelas do final do quadro.

A forma como os multímetros indicam as medidas em seus mostradores também pode variar:

- multímetros analógicos: A) indicam a medida por intermédio de um ponteiro móvel sobre uma escala graduada; B) possuem polaridade preferencial de conexão ao circuito (podem queimar se invertidos durante a medição de tensão e corrente); C) são os mais antigos, sendo pouco utilizados atualmente;
- multímetros digitais: A) indicam diretamente em algarismos acompanhados do ponto decimal; B) indicam a polaridade (sinal) da grandeza; C) não possuem polaridade preferencial para conexão ao circuito; D) são mais precisos que os analógicos; E) são os mais comuns atualmente.

Outra característica dos multímetros, e dos instrumentos de medição em geral, é o fato de apresentarem uma INCERTEZA (erro) na medida que realizam. Esta incerteza é dada pela “classe de precisão” do instrumento, indicada, geralmente, em percentual [E%]. Para calcular a incerteza (ou erro) que o instrumento possui numa dada escala deve-se utilizar a seguinte fórmula:

$$IM = \frac{E\% \cdot VFE}{100}, \text{ onde:}$$

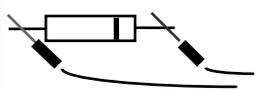
IM - é a Incerteza de Medição (erro que “PODE TER OCORRIDO NA MEDIDA” com relação ao VALOR REAL);

E% - é a classe de precisão do instrumento (Erro que o instrumento pode cometer no momento de realizar a medição); é dado em percentual do Valor de Fundo de Escala;

VFE - é o Valor de Fundo de Escala (valor máximo que o instrumento mede na escala utilizada).

Obs.: I - os instrumentos digitais SEMPRE apresentam uma incerteza de medição de, NO MÍNIMO, 1 (UM) DÍGITO MENOS SIGNIFICATIVO (LSB), ou seja, o último algarismo do valor que indicam pode estar 1 dígito acima ou abaixo do valor real.

II - um multímetro terá “um valor diferente de Incerteza de Medição para cada escala de cada função que possuir”.

FUNÇÃO SELECIONADA	GRANDEZA MEDIDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<u>CUIDADOS</u>	CONEXÃO AO CIRCUITO
TESTE DE DIODOS	“estado do diodo” (bom, em curto, ou em aberto)	em PARALELO com o diodo do qual se deseja medir o estado.	- JAMAIS medir com o circuito energizado; - conferir os BORNES utilizados.	
TESTE DE CONTINUIDADE (BIP)	“resistência baixa” (caso a resistência esteja abaixo de 5 Ω, o multímetro emite um “ BIP ”)	em PARALELO com o circuito do qual se deseja medir a continuidade (resistência quase nula).	- JAMAIS medir com o circuito energizado; - conferir os BORNES utilizados; <u>Obs.:</u> algumas vezes a função de BIP é selecionada juntamente com a menor escala de resistência.	IDEM OHMÍMETRO
TESTE DE TRANSISTORES	GANHO (de transistores bipolares)	selecionar a função Hfe e colocar os terminais do transistor no conector apropriado, sobre o multímetro.	- conferir a pinagem do transistor.	DIRETAMENTE SOBRE O MULTÍMETRO
CAPACÍMETRO	CAPACITÂNCIA	colocar os terminais do capacitor no conector apropriado, sobre o multímetro.	- DESCARREGAR O CAPACITOR ANTES DE CONECTÁ-LO ao multímetro; - conferir a polaridade do capacitor; - conferir se a capacitância esperada está dentro da faixa de medição do multímetro.	DIRETAMENTE SOBRE O MULTÍMETRO
FREQUENCÍMETRO	FREQUÊNCIA	em PARALELO com a saída do circuito do qual se deseja medir a frequência (sinal ca).	- observar a TENSÃO MÁXIMA DE ENTRADA permitida pelo multímetro, sob pena de danificá-lo; - observar a faixa de frequências na qual o multímetro opera.	IDEM VOLTÍMETRO

QUADRO 2 - Outras funções do multímetro.

II - FONTES DE ALIMENTAÇÃO

As fontes de alimentação são circuitos destinados a fornecer a energia necessária aos equipamentos eletrônicos de modo geral. A energia é entregue nas condições exigidas pelo circuito, após ser devidamente tratada pela fonte (adequação dos níveis de tensão ou corrente, retificação, filtragem, proteção contra defeitos etc.).

Muitas vezes a fonte encontra-se incorporada ao próprio equipamento, como é o caso dos computadores, televisores, centrais telefônicas, fac-símiles, multímetros de bancada, osciloscópios, fotocopiadoras, porteiros eletrônicos etc.. Porém, em laboratório, geralmente são montados circuitos experimentais, para os quais seria perda de tempo desenvolver e montar, também, uma fonte de alimentação. Nestes casos utiliza-se **fontes de alimentação de bancada**. Tais fontes são ditas de uso geral, pois se destinam a alimentar qualquer circuito.

II.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES DE ALIMENTAÇÃO DE BANCADA

A - Quanto à GRANDEZA DE SAÍDA:

- A.1) Fontes de TENSÃO: fornecem uma **tensão regulada** ao circuito alimentado, ou seja, **tensão permanece constante**, no valor ajustado, **independentemente da corrente que a fonte esteja fornecendo**. A grande maioria das fontes encontradas comercialmente fornecem uma tensão na saída;
- A.2) Fontes de CORRENTE: fornecem uma **corrente regulada** ao circuito alimentado, ou seja, **a corrente permanece constante**, no valor ajustado, **independentemente da tensão que a fonte esteja fornecendo**.

Obs.: na prática, a diferença entre uma fonte de tensão e uma fonte de corrente está nas suas impedâncias de saída:

- FONTE DE TENSÃO possui **IMPEDÂNCIA DE SAÍDA BAIXA COM RELAÇÃO À CARGA**;
- FONTE DE CORRENTE possui **IMPEDÂNCIA DE SAÍDA ALTA COM RELAÇÃO À CARGA**.

B - Quanto ao COMPORTAMENTO DA GRANDEZA DE SAÍDA:

- B.1) Fontes CONTÍNUAS (CC): fornecem uma **saída constante ao longo do tempo** ao circuito alimentado, ou seja, a tensão ou a corrente de saída é contínua (V_{cc} ou I_{cc}). A grande maioria das fontes encontradas comercialmente é do tipo contínua;
- B.2) Fontes ALTERNADAS (CA): fornecem uma **saída variante ao longo do tempo** ao circuito alimentado, ou seja, a tensão ou a corrente de saída é alternada (V_{ca} ou I_{ca}), exatamente igual à tensão da rede de energia elétrica.

C - Quanto ao AJUSTE DO VALOR DE SAÍDA:

- C.1) Fontes FIXAS: fornecem sempre o mesmo valor de saída, pré-determinado de fábrica. Geralmente sua saída é dada em tensão, e os valores mais comuns são: 5V; 12V; e 15V;
- C.2) Fontes VARIÁVEIS ou AJUSTÁVEIS: o valor de saída pode ser **ajustado pelo operador**, através de um potenciômetro instalado no painel da fonte. As faixas de saídas mais comuns são:
- em tensão: 0 a 15V; 0 a 20V; 0 a 30V; e 0 a 50V; e
 - em corrente: 0 a 1A; 0 a 3A; e 0 a 5A.

D - Quanto ao NÚMERO DE SAÍDAS:

- D.1) Fontes com SAÍDA ÚNICA: fornecem apenas uma saída de energia ao circuito alimentado, ou seja, há apenas uma saída de tensão ou de corrente;
- D.2) Fonte com MÚLTIPLAS SAÍDAS: fornecem diversas saídas de energia ao(s) circuito(s) alimentado(s), ou seja, há várias saídas de tensão ou de corrente.

E - Quanto à RELAÇÃO ENTRE AS SAÍDAS:

- E.1) Fontes com SAÍDA(S) SIMPLES: cada saída de energia é independente de todas as demais;
- E.2) Fonte com SAÍDAS SIMÉTRICAS: ao menos duas das saídas de energia mantém uma **relação de simetria entre si** (ambas as saídas possuem o mesmo valor em módulo, porém uma saída é positiva enquanto a outra é negativa). Geralmente estas são fontes com várias saídas de tensão. Os valores mais comuns são: $\pm 12V$; e $\pm 15V$.

II.2 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DAS FONTES DE ALIMENTAÇÃO DE BANCADA

As classificações comentadas acima não descrevem totalmente uma fonte de alimentação. É necessário citar outras características de modo a especificá-la corretamente. A seguir, discutir-se-á tais características complementares.

A - Entrada de ALIMENTAÇÃO da fonte:

Qualquer equipamento eletro-eletrônico necessita de uma fonte de energia. As fontes de alimentação não são exceção. Para funcionarem devem ser conectadas a uma tomada da rede de distribuição de energia elétrica. No Brasil há, basicamente duas tensões padronizadas (110 e 220Vca), logo, é necessário selecionar corretamente a tensão de alimentação da fonte de acordo com a tensão da rede de energia local.

B - POTÊNCIA MÁXIMA da saída:

Como a função das fontes de alimentação é, justamente, fornecer energia a um dado circuito, é importante saber quanta energia poderá ser retirada a cada instante, ou seja, qual é a potência máxima da fonte. Caso ultrapassado o limite de potência, os componentes internos sobreaquecerão, danificando-se e inutilizando o equipamento. Portanto, ao utilizar uma fonte de alimentação, deve-se conhecer e respeitar seu limite de potência.

C - CORRENTE MÁXIMA da saída:

Numa fonte de tensão deve-se observar o valor máximo de corrente que esta pode fornecer. Para calcular a corrente que está sendo retirada da fonte deve-se somar todas as correntes de alimentação dos circuitos conectados. Caso seja ultrapassado o limite de corrente, ainda que por um breve momento, a fonte poderá ser danificada.

No caso de fontes de corrente, deve-se verificar se a faixa de valores de corrente de saída abrange o valor exigido pelo circuito a ser alimentado.

D - TENSÃO MÁXIMA da saída:

Numa fonte de corrente deve-se observar o valor máximo de tensão que esta pode fornecer. Caso seja ultrapassado o limite de tensão a fonte saturará, ou seja, a corrente de saída decrescerá, enquanto a tensão manter-se-á praticamente fixa no valor máximo.

No caso de fontes de tensão deve-se verificar se a faixa de valores de tensão de saída abrange o valor exigido pelo circuito a ser alimentado. Logicamente, caso a saída seja do tipo fixa, esta deve possuir valor idêntico ao necessário para alimentação do circuito sob teste.

E - REGULAÇÃO DE LINHA da saída:

Numa fonte de tensão, esta característica indica o quanto as variações da tensão de entrada da fonte influenciam no valor da saída. Deve ser a menor possível. A regulação de linha é dada em **mV**. Uma regulação de linha de 10mV é considerada boa para uma fonte de bancada.

F - REGULAÇÃO DE CARGA da saída:

Numa fonte de tensão esta característica indica o quanto as variações da corrente de saída da fonte (variações de carga) influenciam no valor da tensão de saída. Em outras palavras, é a diferença entre os valores da tensão de saída com a saída em aberto ($I_o = 0A$) e com a saída a plena carga ($I_o = I_{MÁXIMA}$). Deve ser a menor possível. A regulação de carga é dada em **mV**. Uma regulação de carga de 100mV é considerada regular para uma fonte de bancada.

Da mesma forma, pode-se especificar a regulação de carga para uma fonte de corrente em **mA**.

G - REGULAÇÃO CRUZADA da saída:

É a combinação dos efeitos da regulação de carga e de linha. Em outras palavras, é a diferença entre os valores da tensão de saída nas seguintes condições:

- com a saída em aberto ($I_o = 0A$) e a tensão de entrada no seu valor máximo
 - com a saída a plena carga ($I_o = I_{MÁXIMA}$) e a tensão de entrada no seu valor mínimo
- Deve ser a menor possível. A regulação de linha é dada em **mV** ou em percentagem

H - IMPEDÂNCIA DE SAÍDA:

Numa fonte de tensão é o valor de sua impedância (ou resistência) **equivalente Thévenin** de saída. Esta característica está diretamente associada à **regulação de carga**, pois a impedância de saída forma um **divisor de tensão** com a carga, provocando uma queda da tensão original da fonte. Numa fonte de tensão deve ser a menor possível.

Numa fonte de corrente, indica sua impedância (ou resistência) **equivalente Norton** de saída. Esta característica está diretamente associada à **regulação de carga**, pois a impedância de saída forma um **divisor de corrente** com a carga, desviando parte da corrente original da fonte. Numa fonte de corrente deve ser a maior possível.

A impedância de saída (Z_o) é dada em Ω . É possível medi-la lendo-se, primeiramente, o valor de saída da fonte em aberto (para fontes de tensão) ou em curto (para fontes de corrente), e em seguida o valor de saída da fonte com uma carga de valor próximo ao valor de carga limite da fonte (obs.: para uma **fonte de tensão** a carga limite é uma **baixa resistência**, enquanto para uma **fonte de corrente** a carga limite é uma **resistência elevada**). Após efetuar a medição, utiliza-se a fórmula apropriada, indicada abaixo:

Fontes de Tensão:

$$Z_o = \frac{R_L \cdot V_{S_{ABERTO}}}{V_{S_{CARGA}}} - R_L$$

Fontes de Corrente:

$$Z_o = \frac{R_L}{\frac{I_{S_{CURTO}}}{I_{S_{CARGA}}} - 1}$$

I - RIPPLE da saída:

Esta característica indica a amplitude das variações da saída da fonte, geralmente devidas à filtragem não ideal da onda de 60Hz da rede elétrica retificada. Deve ser a menor possível. O ripple é dado em valores de pico-a-pico (mVpp ou mApp), ou em valores eficazes (mVca ou mAca).

Finalmente, cabe dizer que, **normalmente**, quando alguém se refere a uma **FONTE DE ALIMENTAÇÃO** está implícito que a fonte possua saída em TENSÃO, do tipo CONTÍNUA. Contudo deve-se especificar as demais características da fonte.

No quadro 3 estão descritos alguns detalhes técnicos e de operação das fontes de tensão e corrente.

GRANDEZA DE SAÍDA	FORMA DE UTILIZAÇÃO	<u>CUIDADOS</u>
TENSÃO	em PARALELO com o circuito a ser alimentado.	- <i>JAMAIS</i> curto-circuitar a saída, sob pena de DANIFICAR A FONTE , pois possuem baixíssima impedância de saída; - caso seja possível, ajustar o limite de corrente (proteção) para um valor cerca de 30% acima da corrente máxima que o circuito alimentado consome.
CORRENTE	em SÉRIE com o circuito a ser alimentado.	- <i>JAMAIS</i> conectar em paralelo com o circuito, sob pena de DANIFICAR o CIRCUITO , pois a tensão sobre o circuito pode se tornar muito elevada (a tensão interna da fonte e sua impedância de saída são elevadíssimas); - caso seja possível, ajustar o limite de tensão (proteção) para um valor cerca de 10% acima da tensão máxima permitida pelo circuito alimentado.

QUADRO 3 - Características das fontes de tensão e de corrente.

Prática

1) Fonte de tensão CC ajustável:

As Fontes de tensão CC ajustáveis geralmente apresentam as seguintes partes:

- ♦ Botão liga/desliga: serve para ligar e desligar a fonte;
- ♦ Display: apresenta o valor de tensão fornecido;
- ♦ Botão de ajuste grosso: realiza uma alteração grande, mas grosseira, do valor da tensão de saída;
- ♦ Botão de ajuste fino: realiza uma alteração pequena, mas precisa, do valor da tensão de saída;
- ♦ Botão de ajuste do limite máximo de corrente de saída: limita a máxima corrente que a fonte fornece ao circuito;
- ♦ Bornes de conexão: terminais onde deve-se realizar as ligações.



Para utilização de uma fonte de tensão cc ajustável deve-se realizar os seguintes passos:

- a) ligar a fonte: quando está ligada o display está aceso;
- b) ajustar o valor de tensão desejado: gire o botão de ajuste grosso até o valor da tensão no *display* estiver próximo do valor desejado. Então utilize o botão de ajuste fino para a obtenção do valor exato;
- c) ajustar o valor máximo de corrente de saída desejado: ajuste a tensão entre 1 e 2 V e faça um curto-circuito entre os terminais + e - da fonte. Com os botões de ajuste de corrente escolha o valor desta variável.

d) selecionar os bornes: **Geralmente** estão marcados da seguinte forma:

terminal negativo: de cor preta com o símbolo -

terminal positivo: de cor vermelho com símbolo +

e) conectar os fios(cabos) ao circuito a ser alimentado.

Como exercício ajuste a fonte alimentação para as seguintes situações:

Situação	Tensão de saída (V)	Corrente máxima (A)
1	5,0	0,10
2	9,0	0,15
3	12,0	0,20
4	15,0	0,25

2)VOLTÍMETRO CC E CA

O procedimento de medição de tensão CC e CA são similares, mudando apenas o primeiro passo: seleção da função.

2.3.1) Passos para medida de tensão CC:

a) selecionar a função VOLTÍMETRO CC – posicione a chave seletora na função voltímetro (em geral a região tem o símbolo DCV, Vcc ou V_{...})

b) selecionar a escala apropriada: posicione a chave seletora na escala imediatamente superior ao valor da tensão a ser medida (exemplo: para 5V deve estar na escala de 20V)

Nota: Se você não tem ideia do valor a ser medido inicie com a maior escala e vá diminuindo seu valor até aparecer no display um valor igual a: , então volte à escala anterior, esta é a escala apropriada para a leitura.

Observação: quando se mede com uma escala de valor superior a apropriada está se aumentando a incerteza no valor medido.

c) selecionar os bornes apropriados. Geralmente estão marcados pelos símbolos:

1) GND, COM ou $\frac{1}{-}$

2) V, Vcc ou V_{...}

d) conecte os fios(cabos) aos nós em que deseja medir a diferença de potencial (tensão).

e) valor medido – é formado pelo valor que aparece no display (valor lido) associado a escala utilizada na medição(valor indicado pela ponta da chave seletora). Exemplos:

valor do display	escala	Valor medido da tensão
8,20	200 mV	8,20mV (ou 0,0082V)
1.820	2.000 mV	1.820mV (ou 1,82V)
1.820	2V	1.820mV (ou 1,82V)
8,22	20V	8,22V

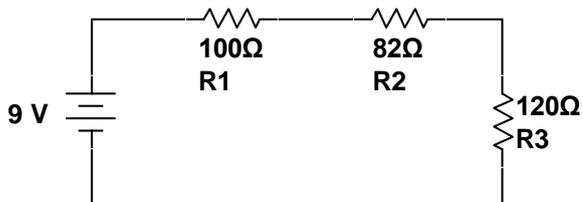
Roteiro de Laboratório 05: Fonte de Tensão e Voltímetro

Material: - Matriz de Contato: - Resistores 1/3W: 10Ω , 27Ω ; 33Ω , 39Ω , 56Ω , 68Ω , 82Ω , 100Ω , e 120Ω . Fonte de tensão. Multímetro.

Para os circuitos a seguir realize as seguintes atividades:

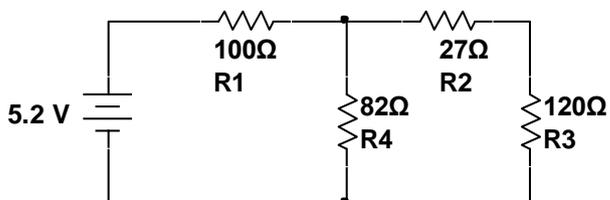
1. Calcule a resistência equivalente;
2. Calcule os valores das tensões em todos os elementos;
3. Monte os circuitos propostos, meça com o multímetro a resistência equivalente, conecte a fonte de tensão com os valores indicados, meça as tensões nos elementos.

a)



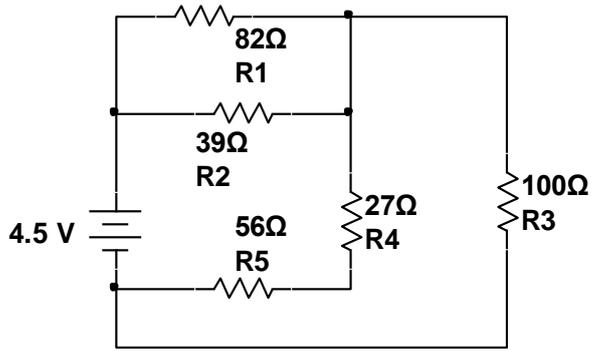
	Tensão		
	Calculado	Medido	Escala
Fonte	9,00 V		
R ₁			
R ₂			
R ₃			
Req.			

b)



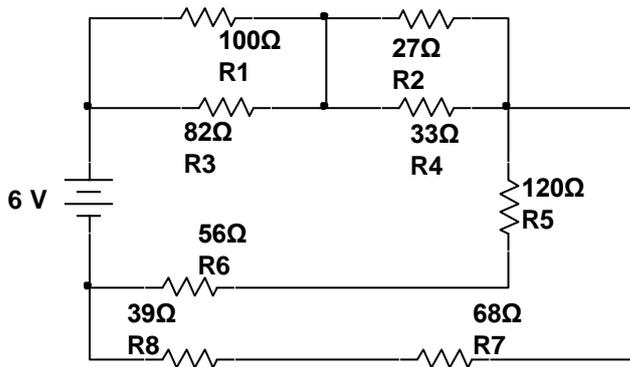
	Tensão		
	Calculado	Medido	Escala
Fonte	5,20 V		
R ₁			
R ₂			
R ₃			
R ₄			
Req.			

c)



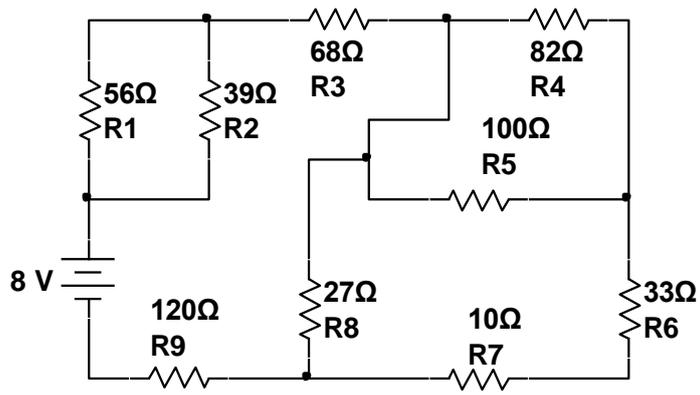
	Tensão		
	Calculado	Medido	Escala
Fonte	4,50 V		
R ₁			
R ₂			
R ₃			
R ₄			
R ₅			
Req.			

d)



	Tensão		
	Calculado	Medido	Escala
Fonte	6,20 V		
R ₁			
R ₂			
R ₃			
R ₄			
R ₅			
R ₆			
R ₇			
R ₈			
Req.			

e)



	Tensão		
	Calculado	Medido	Escala
Fonte	8,00 V		
R ₁			
R ₂			
R ₃			
R ₄			
R ₅			
R ₆			
R ₇			
R ₈			
R ₉			
Req.			

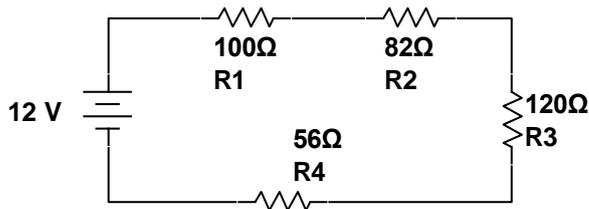
Roteiro de Laboratório 06: Fonte de Tensão e Multímetro

Material: - Matriz de Contato: - Resistores 1/3W: 10Ω, 27Ω; 33Ω, 39Ω, 56Ω, 68Ω, 82Ω, 100Ω, e 120Ω. Fonte de tensão. Multímetro.

Para os circuitos a seguir realize as seguintes atividades:

1. Calcule a resistência equivalente;
2. Utilizando um simulador de circuitos determine os valores das tensões e correntes em todos os elementos;
3. Monte os circuitos propostos, meça com o multímetro a resistência equivalente, conecte a fonte de tensão com os valores indicados, meça as tensões e as correntes nos elementos.

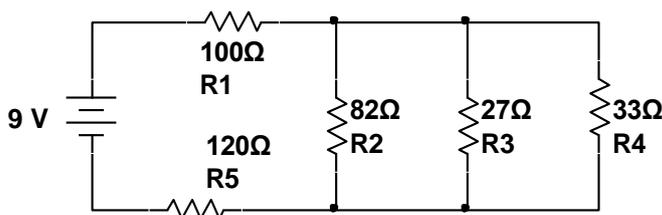
a)



	Tensão				Corrente			
	Calculado	Simulado	Medido	Esc.	Calculado	Simulado	Medido	Esc.
Fonte	12,00 V							
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								

Req.				
-------------	--	--	--	--

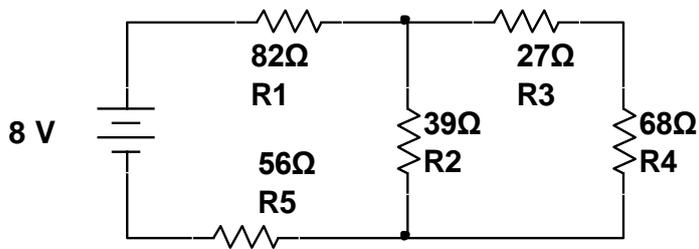
b)



	Tensão				Corrente			
	Calculado	Simulado	Medido	Esc.	Calculado	Simulado	Medido	Esc.
Fonte	9,00 V							
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								

Req.				
-------------	--	--	--	--

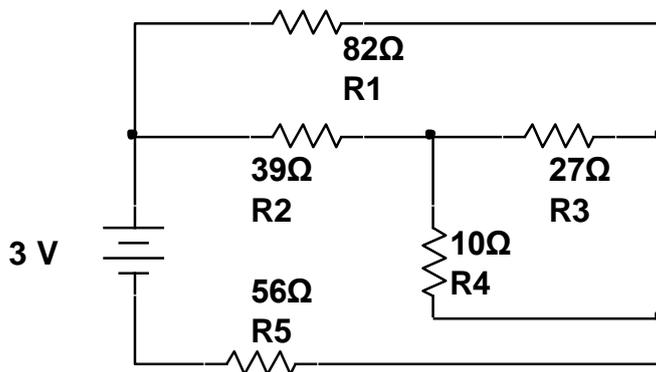
c)



	Tensão				Corrente			
	Calculado	Simulado	Medido	Esc.	Calculado	Simulado	Medido	Esc.
Fonte	8,00 V							
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								

Req.				
------	--	--	--	--

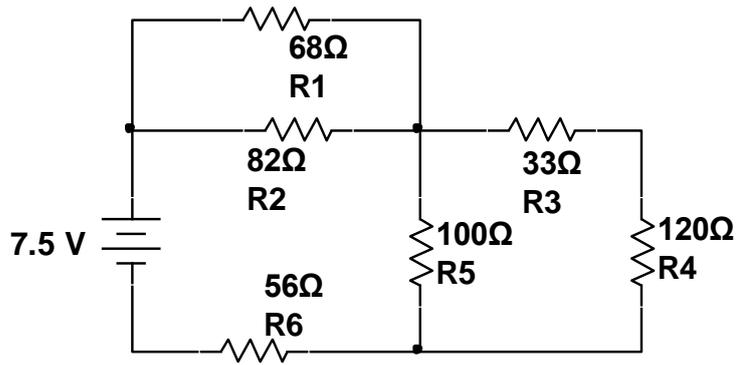
d)



	Tensão				Corrente			
	Calculado	Simulado	Medido	Esc.	Calculado	Simulado	Medido	Esc.
Fonte	3,00 V							
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								

Req.				
------	--	--	--	--

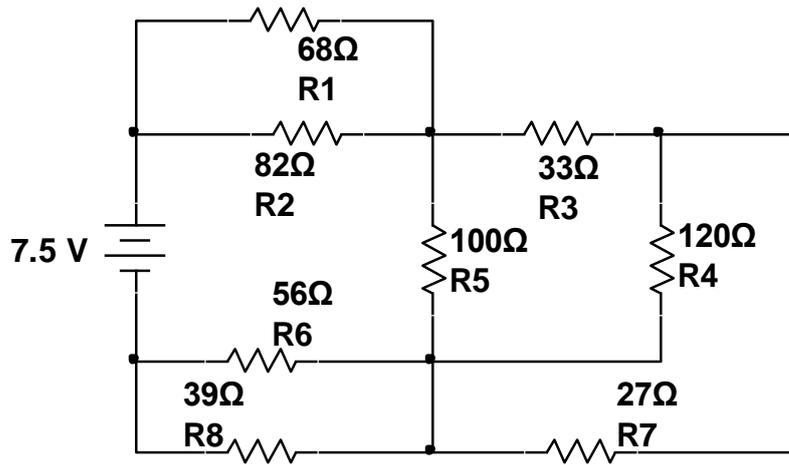
e)



	Tensão				Corrente			
	Calculado	Simulado	Medido	Esc.	Calculado	Simulado	Medido	Esc.
Fonte	7,50 V							
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								

Req.				
-------------	--	--	--	--

f)



	Tensão				Corrente			
	Calculado	Simulado	Medido	Esc.	Calculado	Simulado	Medido	Esc.
Fonte	7,50 V							
R ₁								
R ₂								
R ₃								
R ₄								
R ₅								
R ₆								
R ₇								
R ₈								

Req.				
-------------	--	--	--	--



3.1 Especificações Gerais

- Display: 3 ½ Dígitos (2000 Contagens).
- Indicação de Sobre-faixa: 1.
- Função Data Hold.
- Indicação de Bateria Fraca: é mostrado.
- Temperatura de Operação: 0°C a 40°C, RH < 75%.
- Temperatura de Armazenamento: -20°C a 60°C, RH < 80%.
- Uso Interno.
- Alimentação: Bateria 9V (NEDA1604, JIS006P).
- Dimensões: 138(A) x 72(L) x 38(P)mm.
- Peso: Aproximadamente 153g (com bateria).

3.2 Especificações Elétricas

Tensão DC

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
200mV	100µV	±(0.5%+2D)
2V	1mV	
20V	10mV	
200V	100mV	
600V	1V	±(0.8%+2D)

- Impedância de Entrada: 10MΩ.
- Proteção de Sobrecarga: 600V DC / 600V AC RMS.

Tensão AC

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
200V	100mV	±(1.2%+10D)
600V	1V	

- Resposta em Freqüência: 40 a 400Hz.
- Impedância de Entrada: 4.5MΩ.
- Proteção de Entrada: 600V DC / 600V AC RMS.

Corrente DC

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
200μA	0.1μA	±(1.0%+2D)
2mA	1μA	±(1.5%+2D)
20mA	10μA	
200mA	100μA	
10A	10mA	±(3.0%+5D)

- Proteção de Sobrecarga: Fusível Ação Rápida 0.25A/250V para Entrada mA. Sem Fusível para Entrada 10A (10A máximo por 15s).

Resistência

FAIXA	RESOLUÇÃO	PRECISÃO
200Ω	0.1Ω	±(0.8%+4D)
2kΩ	1Ω	±(0.8%+2D)
20kΩ	10Ω	
200kΩ	100Ω	
20MΩ	1kΩ	±(3.0%+3D)

- Tensão de Circuito Aberto: 0.3V DC (máximo).
- Proteção de Sobrecarga: 500V DC / 500V AC RMS.