

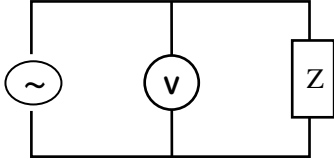
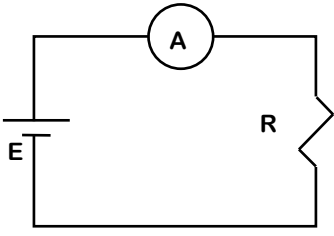
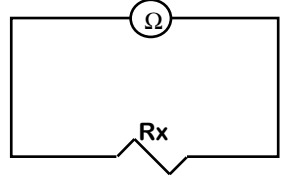
Texto Teórico 04: Multímetro e Fonte de Alimentação CC.

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:

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

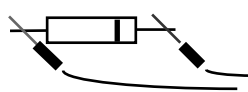
IM - é a Incerteza de Medição (erro que “PODE TER OCORRIDO NA MEDIDA” com relação ao VALOR REAL);

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 <u>Hfe</u> 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, a **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.	- JAMAIS 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.	- JAMAIS 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 $\frac{\perp}{-}$

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