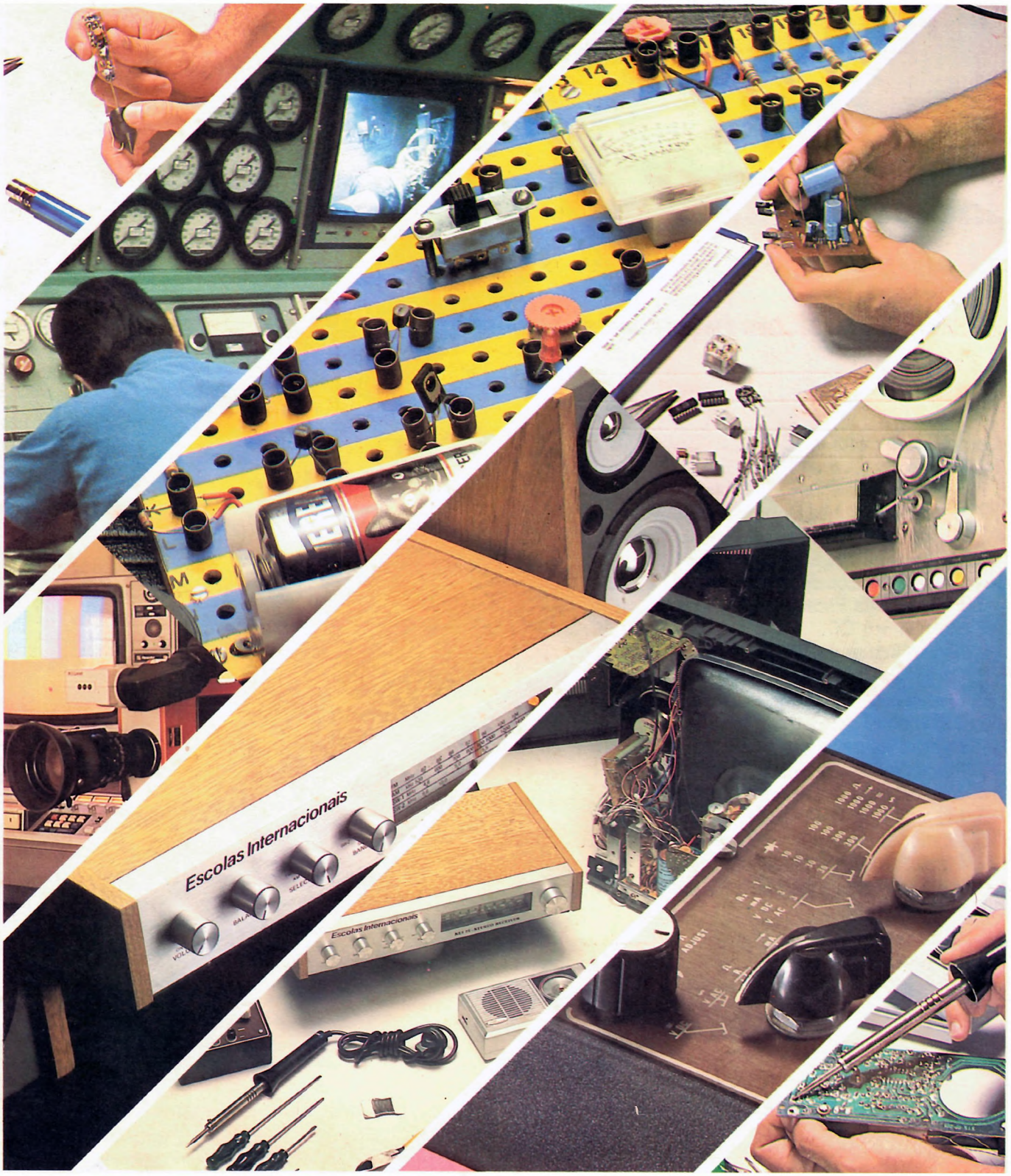
MEDIÇÕES EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA



Escolas Internacionais

Referência

009

Índice Geral

LIÇÃO Nº 5 – MEDIÇÕES EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Como estudar esta lição 7
Introdução 9
1. Princípios Básicos 9
2. Galvanômetro de Bobina Móvel 11
3. Amortecedores 12
4. Galvanômetros Eletrodinâmicos 13
5. Galvanômetros de Ferro Móvel 14
6. Extensão da Escala de Corrente 15
7. Voltímetro CC 17
8. Sensibilidade do Voltímetro 18
9. Carga do Voltímetro 19
10. Medição de Resistências 22
11. Tipos de Multímetros 24
12. Instruções de Serviço 26
13. Medições de Voltagens Contínuas (VCC) 27
14. Medições de Voltagens Alternadas (VCA) 28
15. Medições de Resistências 29
16. Medições de Correntes Contínuas 30
17. Precisão de uma Medição 31
Apêndice: Interruptores e Comutadores 33
1. Interruptores 33
2. Comutadores 36
Exame da Lição nº 5 41

Conteúdo didático programado e elaborado pela equipe técnico-pedagógica das Escolas Internacionais.

Copyright - Internacional Textbook Company - ICS - International Correspondence Schools - Scranton, Pennsylvania - USA - Copyright - Direitos exclusivos no Brasil para ESCOLAS INTERNACIONAIS - São Paulo, SP - Brasil.

Reservados todos os direitos. Proibida a reprodução total ou parcial do texto e das ilustrações por qualquer forma ou meio, sem prévia autorização por escrito dos detentores do copyright. Edições ou reproduções não autorizadas estarão sujeitas às penalidades da Lei.

Escolas Internacionais

Introdução

Em qualquer dos vários ramos da Engenharia, as medições são muito importantes.

No campo da Eletrônica, se não pudessemos fazer medições, também nada poderia ser feito em termos de ajustes, consertos e manutenção de equipamentos. É preciso fazer medições para se verificar o estado em que se encontram os equipamentos. É preciso fazer medições para localizar eventuais defeitos ou mal-funcionamentos, descobrir suas causas e verificar o acerto das correções executadas.

Dentre as medições, existe um grupo que se pode destacar, pois são medições que se aplicam total ou parcialmente a todos os circuitos.

A este grupo de medições, pertencem aquelas realizadas em corrente contínua (C.C.): medição da tensão contínua, medição da corrente contínua e medição da resistência.

Com relação às resistências, costuma-se fazer medições até mesmo em circuitos que não apresentam corrente contínua, que são os circuitos de corrente alternada (C.A.).

Medições em Circuitos de Corrente Contínua

1 - Princípios Básicos

O instrumento básico utilizado para as medições é o medidor de corrente.

A figura 1 apresenta um medidor de corrente contínua. O mostrador do instrumento apresenta uma escala. ***A escala é a seqüência de traços ordenados, que indicam o valor da grandeza que se está medindo.***

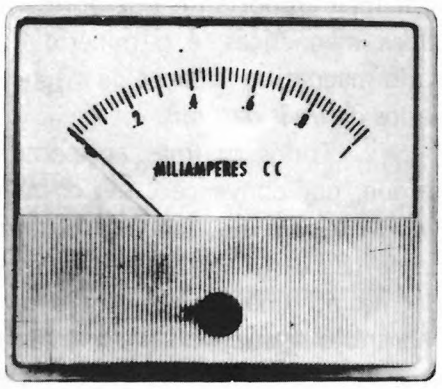


Fig. 1 — Miliamperímetro para medir correntes contínuas de 0 a 1 mA.

Neste instrumento da figura 1, a escala encontra-se calibrada em função da corrente.

Você já sabe que a corrente em um circuito eletrônico depende de outros fa-

tores. A corrente (I) depende da voltagem (E) e da resistência (R). Lei de Ohm, lembra-se?

Portanto, quando se mede a corrente em um circuito, esta medição pode dar indicações sobre a tensão aplicada, as resistências do circuito ou dos componentes, a potência disponível, e outras características eletrônicas.

Quando se pretende medir estes outros fatores (voltagem, resistência, etc), utilizando-se um medidor de corrente, este instrumento deve ser calibrado em função daquilo que se pretende medir. Muitos medidores são múltiplos, isto é, apresentam várias escalas calibradas, e são usados para se conhecer o valor de vários fatores.

O medidor múltiplo mais comum é o multímetro.

O Multímetro (ou Volt–Ohm–Miliamperímetro = VOM), é o instrumento utilizado para medir tensões, correntes e resistências.

O funcionamento dos medidores de corrente está baseado em determinadas propriedades magnéticas. Você irá estudar detalhadamente na Lição n.º 6, tudo que se refere a Magnetismo e Eletromagnetismo. Mas, para que você já possa entender como funcionam os medidores de corrente, vamos tratar aqui de algumas propriedades magnéticas.

O ***magnetismo*** é a propriedade que certos materiais apresentam, que lhes permite atrair objetos de ferro e outros metais. O material mais importante que apresenta propriedades magnéticas, é o minério de ferro chamado magnetita. Pedaços de magnetita são chamados de ***ímãs naturais.***

Todos os ímãs apresentam dois polos, que, por convenção, são chamados de ***polo norte*** e ***polo sul.*** Quando tratamos inicialmente das cargas elétricas, vimos que cargas de mesmo sinal se repelem e cargas de sinal contrário se atraem. Com os ímãs acontece a mesma coisa. ***Polos iguais se repelem, e polos contrários se atraem.***

O espaço onde as força de atração ou repulsão magnética atuam, são chamados de ***campos magnéticos.*** Então, ao redor de um ímã nós encontramos um campc magnético.

Um fio reto ou enrolado em forma de bobina, quando percorrido por uma corrente elétrica, também cria ao seu redor um campo magnético, e age como se fosse um ímã natural. Logo, entre dois condutores ou entre duas bobinas, existirão forças de atração ou de repulsão, quando eles forem percorridos por uma corrente elétrica. Da mesma forma, entre uma bobina e um íma também existirão forças de atração e repulsão magnética.

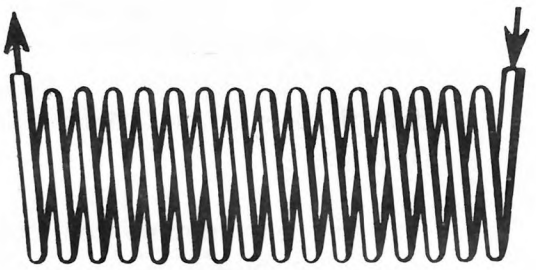


Fig. 2 – Uma Bobina é um fio enrolado em forma de espiral. Quando uma corrente a atravessa, ela se comporta como um ímã natural.

Bem, após termos dado esta volta pelo campo do magnetismo, vamos voltar aos nossos medidores de corrente.

Nós estávamos dizendo que o funcionamento dos medidores de corrente está fundamentado em certas propriedades magnéticas. Agora, podemos dizer que ***os medidores funcionam graças à ação de campos magnéticos.***

Em todos os medidores encontraremos um ímã fixo e um ímã móvel. No ímã móvel estará montado um ponteiro. Quando existirem as forças de atração e repulsão magnéticas, o ímã móvel se deslocará. Então, o ponteiro se movimentará percorrendo a escala, e indicando o valor da medição que está sendo feita.

Os instrumentos que medem a corrente, graças à ação de campos magnéticos, são chamados de galvanômetros.

Existem ***3 tipos de galvanômetros.*** O mais comum é o tipo chamado de ***galvanômetro d'Arsonval*** (ou Weston), no qual a força é exercida entre um ímã fixo e uma bobina móvel. Um segundo tipo, o ***galvanômetro eletrodinâmico,*** trabalha com duas bobinas: uma fixa e outra móvel. O terceiro

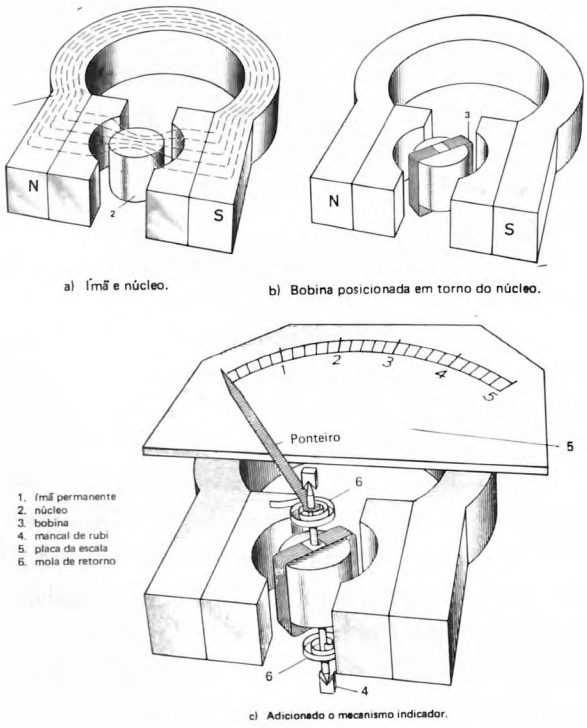
tipo é o ***galvanômetro eletromagnético,*** no qual a força aparece entre uma bobina fixa e uma palheta móvel de ferro. O primeiro galvanômetro é também conhecido como ***galvanômetro de bobina móvel,*** enquanto que o último é conhecido como ***galvanômetro de ferro móvel.***

2 - Galvanômetro de Bobina Móvel

O galvanômetro de bobina móvel ou d'Arsonval, é o instrumento de medição de corrente mais utilizado. Fundamentalmente, ***é um medidor C.C. (corrente contínua),*** que mede o fluxo de corrente em uma direção.

Com arranjos adequados, este instrumento básico pode ser utilizado, também, para medir ***voltagens*** e ***resistências.*** Além dessas funções, este galvanômetro pode fazer medições de corrente alternada (estudaremos na lição n.° 7), bastando para isso adicionar um dispositivo chamado retificador.

Os detalhes da construção de um galvanômetro de bobina móvel, está ilustrado na figura 3. A figura 1 apresentou um modelo típico para medição de correntes entre 0 e 1 mA.



a) Ímã e núcleo.

b) Bobina posicionada em torno do núcleo.

c) Adicionado o mecanismo indicador.

Fig. 3 — Detalhes da construção de um galvanômetro de bobina móvel.

Observe a figura 3 (a). Nela vemos o ímã permanente (1) envolvendo um núcleo cilíndrico de ferro doce (2). O núcleo é colocado de tal forma, que o seu centro está entre o polo norte e o polo sul do ímã. Portanto, o núcleo sofre ao mesmo tempo a ação do polo norte e do polo sul do ímã.

Na figura 3 (b), foi acrescentado uma pequena bobina em torno do núcleo. A corrente que se quer medir, passará através dessa bobina. A passagem da corrente através da bobina produz um campo magnético, que reage com o campo magnético do ímã permanente.

Finalmente, na figura 3 (c), foram adicionados os mancais de rubi (4), molas de retorno (6), o ponteiro e a escala calibrada.

A bobina, está munida de pivôs (hastes metálicas pontiagudas), para que possa girar nos mancais de rubi. Observe que o ponteiro encontra-se montado na bobina.

Quando uma ***corrente*** circular pela ***bobina,*** aparecerá um ***campo magnético.*** Este campo magnético da bobina, ***reagirá com o campo magnético do ímã permanente.*** Isto fará com que a ***bobina gire,*** de tal forma que o polo norte da bobina fique próximo do polo sul do ímã e o polo sul da bobina fique próximo do polo norte do ímã.

A ***bobina irá girar*** mais ou menos, ***dependendo da intensidade de corrente*** que atravesse a bobina. Se passar uma ***corrente maior,*** o campo magnético criado será maior, e então ela realizará um ***movimento maior.*** Se passar pela bobina uma ***corrente menor,*** o campo criado também será menor, e conseqüentemente a bobina irá realizar um ***movimento menor.***

Como o ponteiro se encontra montado na bobina, à medida que esta girar, o ponteiro também irá se movimentar percorrendo a escala.

Para uma corrente maior, o ponteiro sofrerá um deslocamento maior. Para uma corrente menor, o ponteiro sofrerá um deslocamento menor. Logo, ***o movimento do ponteiro é proporcional à corrente.***

A corrente é aplicada à bobina através das 2 pequenas molas espiraladas (6). Além de conduzir a corrente elé-

Direitos reservados

trica, as ***molas*** têm outra importante ***função.*** Elas exercem uma força sobre a bobina. Quando cessar a corrente elétrica, as molas fazem com que ***a bobina volte para a sua posição inicial,*** e conseqüentemente o ***ponteiro volte a indicar o zero na escala.*** Além disso, a força da mola, agindo em sentido contrário à força devido aos campos magnéticos, faz com que o ponteiro atinja um ponto de equilíbrio para cada valor da corrente que passar pela bobina móvel.

3 - Amortecedores

A construção de um galvanômetro precisa obedecer a uma série de critérios, para que tenha um bom funcionamento e uma durabilidade maior.

O elemento móvel, por exemplo, precisa ser robusto para suportar disturbios e choques mecânicos ou elétricos, ao mesmo tempo que precisa ser suficientemente leve para que possa mover-se livremente, com um mínimo de desgaste nos pivôs e nos mancais. A força exercida pelas molas precisa ser exata e uniforme.

Estes e outros fatores magnéticos precisam ser levados em consideração, quando da construção de um galvanômetro.

A construção mecânica e elétrica de um galvanômetro, determinará a sua sensibilidade. Quanto maior a sensibilidade requerida, mais fina e delicada deve ser a sua construção.

Cada medidor apresenta uma determinada faixa de valores. Quando o ponteiro do medidor sair da marca zero da escala, e deslocar para a outra extremidade da escala, dizemos que houve uma ***deflexão total.***

Então, um medidor que apresente uma deflexão total com a aplicação de uma corrente de 60 μA (microampères), deve ser mais delicado que outro que tem sua deflexão total com uma corrente de 1 000 μA (1 mA).

Mas, seja qual for a sensibilidade de um medidor, todos eles necessitam de um sistema de amortecimento para o conjunto móvel. A função desse sistema de amortecimento é fazer com que o ponteiro pare logo na posição devida.

O movimento do ponteiro precisa ser razoavelmente rápido, porém, seu movimento precisa ser freado quando atingir o ponto de leitura.

O sistema de amortecimento exerce a função de frear o ponteiro.

Se o instrumento não tiver um sistema de amortecimento, toda vez que se fizer uma medição, o ponteiro ficará oscilando para a frente e para trás, em torno do valor correto, uma porção de vezes até se estabilizar. Com o ponteiro oscilando, evidentemente é difícil fazer uma leitura rápida e precisa.

Os amortecedores exercem a função de fazer com que o ponteiro assente na posição correta no menor intervalo de tempo possível.

Nos galvanômetros de bobina móvel de fabricação corrente, o amortecimento necessário para evitar estas oscilações do ponteiro, é conseguida por meio de montagens apropriadas. A bobina móvel é montada num quadro muito leve de alumínio. Neste quadro de alumínio acontecem determinados fenômenos elétricos e magnéticos, responsáveis pelo amortecimento de todo o conjunto. Para o atual estágio em que nos encontramos, não entraremos em detalhes sobre seu funcionamento, por razões de ordem didática.

Os galvanômetros de bobina móvel com ímã permanente permitem que se construa instrumentos com boa precisão e muita flexibilidade.

Quase todos os medidores CC (corrente contínua) são deste tipo.

Uma limitação que os galvanômetros têm, é de eles serem calibrados para uma única faixa de valores, entre o zero e o valor correspondente à deflexão total.

Seu uso, entretanto, pode ser ampliado associando-os a "shuntes". ***"Shuntes"*** são resistores especiais, de grande precisão, que são colocados em paralelo com os galvanômetros , para permitir a estes medir correntes muito maiores do que a sua capacidade normal (deflexão total). São, por assim dizer, desviadores de correntes. No capítulo 6 desta lição, você terá maiores detalhes sobre os "shuntes".

Por isso, este instrumento básico

utilizado para pequenas correntes, pode medir correntes muito maiores, simplesmente desviando pelo "shunte" uma porção determinada (a maior parte) da corrente a ser medida. De fato, com um arranjo adequado de componentes externos ao medidor (chaves e resistores), o instrumento básico pode ser utilizado para fazer uma grande variedade de medições.

4 - Galvanômetros Eletrodinâmicos

Os ***galvanômetros eletrodinâmicos*** são, em princípio, semelhantes aos galvanômetros de bobina móvel. Estes galvanômetros também ***funcionam pela ação de dois campos magnéticos,*** criados pela passagem da corrente através de bobinas. Um campo magnético é estacionário, e o outro campo magnético é móvel, pois o primeiro é devido a uma bobina fixa e o segundo a uma bobina móvel.

Como você pode ver, esses dois tipos de galvanômetros funcionam de forma semelhante. A diferença entre eles está no seguinte fato: no galvanômetro de bobina móvel, o campo magnético estacionário é produzido por um ímã permanente, enquanto que no caso dos galvanômetros eletrodinâmicos, ***o campo magnético estacionário é produzido por uma bobina fixa.***

A figura 4 ilustra um destes galvanômetros.

O galvanômetro indicado na figura 4, consiste de uma bobina estacionária (1) enrolada em duas partes, uma bobina móvel (2), um ponteiro (3) montado no eixo da bobina móvel, uma escala (4) e uma mola (5).

A corrente a ser medida passa através de todas as bobinas (estacionárias e móvel).

Quando isto acontece, surgem os dois campos magnéticos, que reagirão entre si. A ação entre os campos magnéticos provocará um movimento na bobina móvel.

Então, a bobina móvel se deslocará para a direita, fazendo com que o ponteiro a ela ligado, também se movimente, percorrendo a escala à medida que a corrente aumente.

Da mesma forma como no galvanômetro de bobina móvel, ***as molas*** servem para levar a bobina móvel à sua posição inicial quando a corrente for interrompida.

Além disso, quando a ***força magnética*** que faz girar a bobina for ***igual*** à ***força exercida pela mola,*** o ponteiro entrará em equilíbrio e parará num ponto da escala.

Como a ***bobina está parada*** neste ponto em que as ***forças são iguais,*** o ***ponteiro*** também se encontra ***parado*** sobre um determinado ponto da ***escala, informando o valor da corrente*** que se está medindo.

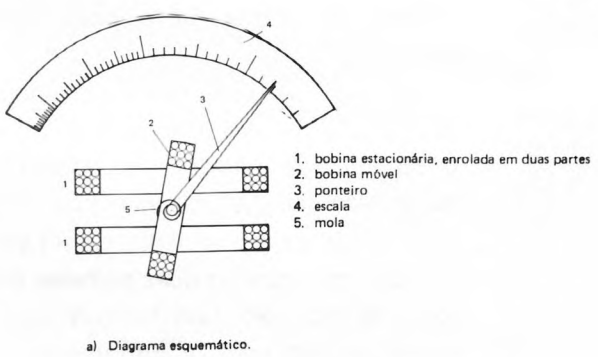
O galvanômetro eletrodinâmico pode ser usado para medir correntes contínuas e correntes alternadas, sem necessidade de alterações.

Apesar de poder medir correntes contínuas, raramente o galvanômetro eletrodinâmico é utilizado em sistemas C.C. (corrente contínua), pois os galvanômetros de bobina móvel são mais precisos e mais econômicos.

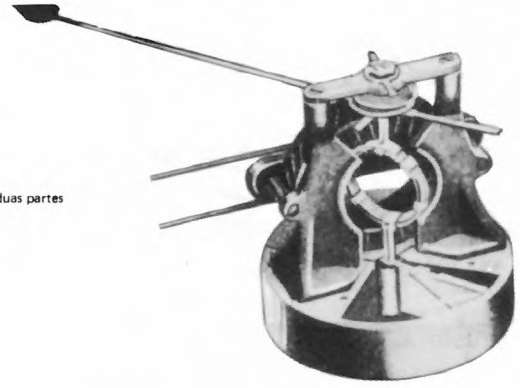
A escala do galvanômetro eletrodinâmico (também chamado dinamométrico) é diferente da escala do galvanômetro de bobina móvel.

As divisões na escala do galvanômetro de bobina móvel são todas iguais, apresentando uma uniformidade. Isto acontece porque o movimento do ponteiro é proporcional à corrente.

Porém, para o galvanômetro ele-



a) Diagrama esquemático.



b) Vista de uma peça real.

Fig. 4 — Galvanômetro eletrodinâmico.

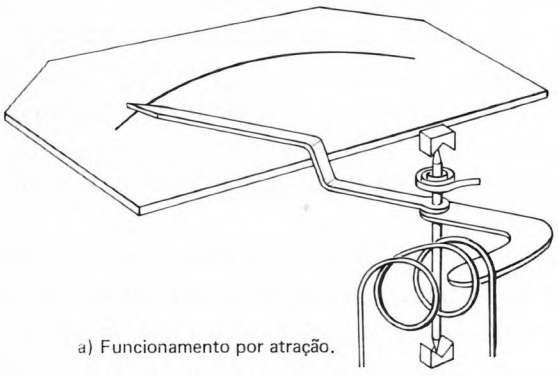
trodinâmico, as ***divisões da escala não são iguais,*** uniformes. As divisões da escala estão juntinhas na extremidade inferior (próximo do zero), e espalham-se à medida que se percorre a escala em direção à outra extremidade.

A explicação para o fato desta escala não apresentar uma uniformidade, é que neste caso a ***deflexão é proporcional ao quadrado da corrente*** que atravessa as bobinas. Este efeito quadrático aparece, porque a força que movimenta a bobina é resultado do produto da mesma corrente fluindo através de duas bobinas: a bobina fixa e a bobina móvel.

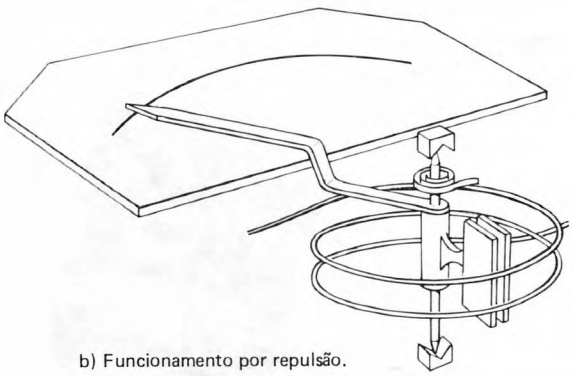
5 - Galvanômetros de Ferro Móvel

Os galvanômetros de ferro móvel têm o seu funcionamento baseado na reação entre uma ***palheta móvel de ferro***, e o ***campo magnético*** gerado por uma bobina fixa. Esta reação pode ser de dois tipos: ***atração ou repulsão.***

A figura 5 apresenta o desenho esquemático dos dois tipos de galvanômetros de ferro móvel.



a) Funcionamento por atração.



b) Funcionamento por repulsão.

Fig. 5 — Galvanômetros de ferro móvel.

Na figura 5 (a), temos o esquema de um galvanômetro, cujo funcionamento está baseado na ***atração exercida pelo campo magnético*** gerado pela bobina, ***sobre a palheta de ferro.***

A corrente a ser medida passa pela bobina. Dependendo da intensidade da corrente, o campo criado será maior ou menor. ***Este campo magnético atrai a palheta de ferro para dentro da bobina.***

O ponteiro que percorre a escala, está mecânicamente ligado à palheta. Logo, se a palheta se mover, o ponteiro será deslocado percorrendo a escala (veja novamente a figura).

O movimento da palheta para dentro da bobina, ***depende da intensidade da corrente*** que atravessa a bobina. Para uma ***corrente maior,*** teremos um campo maior, e conseqüentemente a palheta penetrará mais fundo na bobina. Então, como o ***ponteiro*** está ligado à palheta, ele também ***sofrerá um deslocamento maior,*** percorrendo uma extensão maior na escala. Por outro lado, se a ***corrente*** a ser medida for ***menor,*** o campo gerado pela bobina será menor, a palheta sofrerá um deslocamento também menor, e conseqüentemente o ***ponteiro percorrerá uma extensão menor na escala.***

O movimento da palheta depende da intensidade da corrente. Quanto maior a corrente, maior será o deslocamento do ponteiro que se encontra ligado à palheta.

Para o galvanômetro de ferro móvel indicado na figura 5 (b), o ***movimento do ponteiro*** está condicionada à repulsão ***entre as duas palhetas*** indicadas na figura.

Uma das palhetas é fixa, juntamente com o núcleo, enquanto que ***a outra palheta se move*** junto com o eixo e o ponteiro.

As duas palhetas estão posicionadas dentro de uma bobina. Quando a corrente a ser medida passar pela bobina, o campo magnético criado magnetizará as palhetas, com a mesma polaridade. Como polos iguais se repelem, ***entre as duas palhetas surgirá uma força de repulsão.*** Isso faz com que a palheta móvel se desloque, e juntamente com ela o ponteiro. O afastamento entre as duas palhe-

Direitos reservados

tas se dará, até o ponto em que a força de repulsão seja igual à força contrária exercida pela mola.

Quanto maior a corrente que atravessa a bobina, maior será a repulsão entre as palhetas. Conseqüentemente, o ponteiro sofrerá um deslocamento também maior, através da escala.

Uma vantagem apresentada pelo sistema por repulsão entre as palhetas, é que ele pode ser utilizado tanto em corrente contínua (C.C.) como em corrente alternada (C.A.).

Quanto à escala, com um projeto cuidadoso pode-se obter uma escala uniforme.

6 - Extensão da Escala de Corrente

O galvanômetro de bobina móvel é o que melhor se adapta para as medições C.C. (corrente contínua).

A bobina móvel é constituída de algumas espiras de fio de cobre, e a sua resistência é relativamente baixa, se comparada com as resistências do circuito onde se faz a medição.

O medidor de corrente deve ser ligado em série com o circuito onde se faz a medição, pois sua resistência é baixa, e praticamente não altera a resistência total do circuito. A corrente total passa pela bobina móvel, e o ponteiro sofre uma deflexão proporcional à corrente.

A escala do medidor pode ser calibrada em Ampères ou Miliampères, dependendo do valor da corrente que se quer medir.

Porém, nem sempre se pode colocar o medidor diretamente em série com o circuito. Quando as correntes forem grandes, não se pode fazer a corrente total passar pela bobina móvel, pois ultrapassaria o valor correspondente à deflexão total e danificaria o medidor.

A explicação para isso é bastante simples: é impossível conciliar a delicadeza das molas e da bobina móvel, com correntes altas.

Então, quando for necessário medir correntes altas, faz-se um arranjo adequado. Nessas situações, para que a corrente total não passe pela bobina, o medidor costuma ser ***"shuntado"***, isto é, equipado com "shuntes".

"Shuntes" são resistores de grande precisão, que são colocados em paralelo com os medidores, para permitir a estes instrumentos medir correntes maiores do que a sua capacidade normal. São, por assim dizer, desviadores de corrente.

Com um medidor "shuntado", ***a maior parte da corrente passa através do "shunte"***, e apenas uma pequena parte passa através da bobina.

Os "shuntes" fazem parte integral de muitos instrumentos, e podem ser selecionados por meio de chaves seletoras.

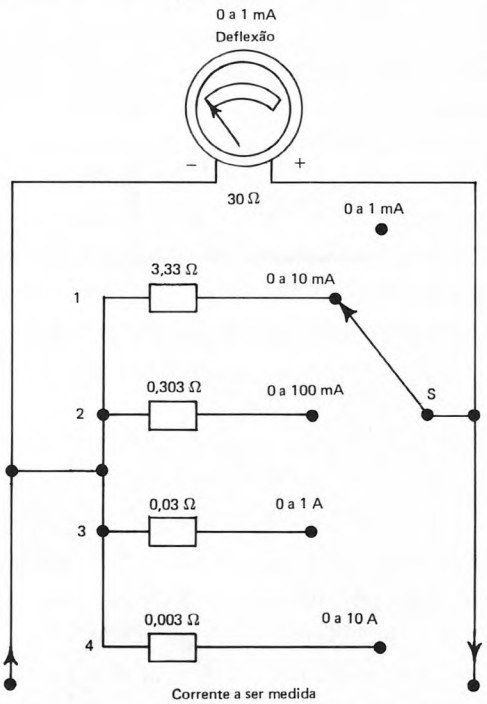


Fig. 6 – Uso de "shuntes" para expansão da escala.

O valor da resistência a ser usada como "shunte" pode ser facilmente calculada, desde que seja conhecida a sensibilidade (corrente que provoca a deflexão total) e a resis-

Direitos reservados

tência própria do medidor. A resistência do medidor compreende a resistência da bobina, das molas de retorno e de outras peças eventualmente presentes no medidor.

O medidor "shuntado" esquematizado na figura 6, traz as indicações das correntes possíveis de se medir e o valor dos "shuntes". Nessa figura, um medidor de correntes entre 0 e 1 mA, com resistência interna de 30 Ω, é "shuntado" com várias resistências de modo que o medidor possa ser utilizado para vários alcances.

Alcance é o nome que se dá para o valor máximo de uma escala.

Se um medidor básico de correntes entre 0 e 1 mA for utilizado para medir correntes entre 0 e 10 mA, ele precisa ser equipado com um "shunte". Pelo "shunte" deverá passar a maior parte da corrente. Para uma corrente de 10 mA, apenas 1 mA deverá passar pela bobina móvel, e os restantes 9 mA pelo "shunte". Isso significa que 1/10 da corrente total deve passar pela bobina móvel e 9/10 pelo "shunte".

Para se obter esta ***divisão da corrente,*** a resistência do "shunte" precisa ser 1/9 da resistência do medidor. Para se determinar essa relação, empregamos a seguinte fórmula:

$$R_s = \frac{R_m \times I_m}{I_s} \qquad (5.1)$$

onde:

R_s = resistência do "shunte"
R_m = resistência do medidor
I_s = corrente do "shunte"
I_m = corrente do medidor

"Shuntes" adicionais com os valores indicados e uma chave "S", permitem que o mesmo medidor seja usado para medir correntes de 100 mA, 1 A ou 10 A.

Observe na figura 6 que, se não houvesse "shuntes", toda a corrente passaria pelo medidor.

Para se alterar o alcance do medidor, temos que mudar a posição da chave "S", fazendo-a passar de uma posição para outra, a fim de selecionar o valor adequado do "shunte".

A operação da troca de posições de uma chave chama-se comutação. Daí, a chave ser chamada de comutador.

Então, enquanto uma corrente estiver aplicada, se o medidor for comutado de um alcance para outro, é possível que o circuito dos "shuntes" seja momentaneamente interrompido durante a comutação. Como conseqüência disso, toda a corrente passará pela bobina, causando a queima do medidor.

Como podemos fazer para evitar a queima do instrumento?

Para evitar este tipo de problema, os contatos da chave "S" devem ser do tipo ***"com curto".*** Isso significa que, durante a operação da comutação, será estabelecido contato com o próximo "shunte" antes de interromper o contato com o anterior.

Alguns medidores já vêm equipados com uma ***botoeira*** (chave de pressão), que mantém o galvanômetro fora do circuito. Para se fazer a leitura, comprime-se o botão. O galvanômetro estará ligado ao circuito somente enquanto o botão estiver pressionado.

O medidor também pode ser equipado com uma série de bornes, para evitar a sua queima. ***O borne é constituido de um parafuso e de uma porca para a fixação de um fio condutor.*** Para facilitar o manejo, a porca é envolvida, geralmente, por uma capa de material isolante. Esta capa evita que se toque diretamente com a mão um ponto de tensão elevada. Com uma série de bornes, podemos fazer cada borne corresponder a um alcance, com exceção de um borne que é comum a todas as faixas. Um diagrama esquemático desse tipo de arranjo está ilustrado na figura 7.

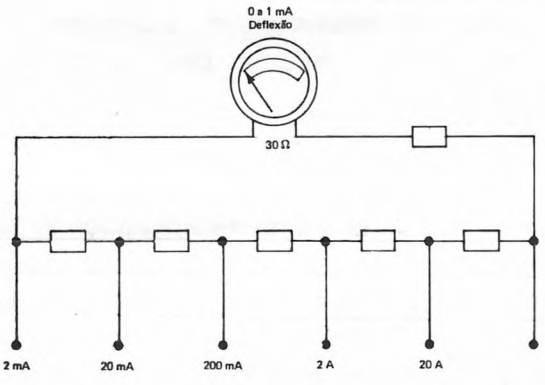


Fig. 7 — Instrumento equipado com bornes. Cada borne corresponde a um alcance.

Direitos reservados

Resumindo:

Um galvanômetro de bobina móvel com ímã permanente, pode ser adaptado para medir correntes maiores que o limite máximo (sensibilidade) do instrumento básico. Com a utilização de "shuntes", um galvanômetro pode medir uma faixa muito ampla de correntes. Porém, não se consegue ler correntes menores do que a menor divisão da escala do instrumento básico. Logo, cada instrumento é projetado para atender diretamente a menor escala a ser disponível.

7 - Voltímetro C.C.

Os voltímetros CC (corrente contínua) normalmente usados em medição eletrônica, são galvanômetros muito sensíveis ligados em série com altas resistências.

Voltímetros CC são galvanômetros de alta sensibilidade associados (em série) com uma resistência muito alta, construidos para medir a voltagem de um circuito de corrente contínua.

A alta sensibilidade do instrumento, significa que ele apresenta um baixo valor de fundo de escala, isto é, correntes muito pequenas são suficientes para provocar a deflexão total do ponteiro. A alta sensibilidade dos galvanômetros é conseguida de duas formas: 1a.) aumentando o ímã, a fim de tornar o campo magnético mais forte; 2a.) aumentando o número de fios enrolados em forma de espira da bobina móvel, com a finalidade de aumentar sua resistência. Os fios usados são finos, por duas razões: diminui o peso da bobina e quanto mais fino o fio, maior a resistência.

Quando se usa o galvanômetro com a finalidade de se medir correntes, qualquer aumento na resistência da bobina é prejudicial, mas neste caso, como voltímetro, isto é bom porque a resistência total precisa ser alta.

A figura 8 apresenta o esquema do circuito de um voltímetro.

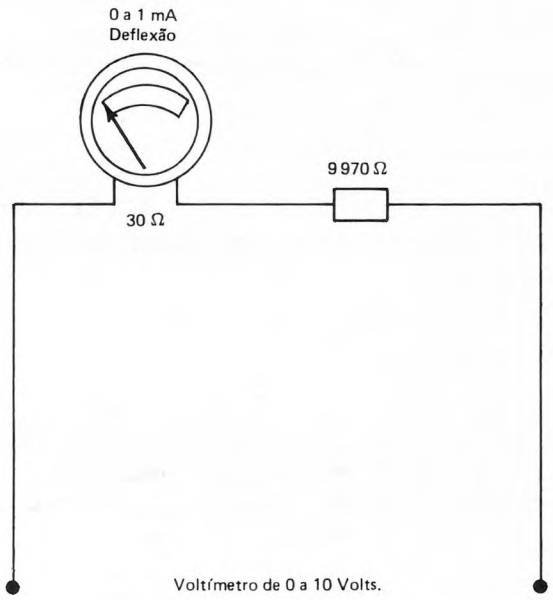


Fig. 8 — Circuito básico para transformar um galvanômetro de 0 — 1 mA, em voltímetro CC de 0 a 10 volts.

Para um galvanômetro que mede correntes entre 0 e 1 mA, ser transformado em um voltímetro que meça voltagens entre 0 e 10 volts, é preciso colocar em série com o galvanômetro uma resistência. Esta resistência adicional *(muito alta),* somada com a resistência do galvanômetro, dará uma resistência total de 10 kΩ (10 quiloohms ou 10 000 Ω).

Logo, para uma voltagem de 10 volts, o ponteiro sairá do zero e irá para a outra extremidade da escala (deflexão total). Isto é, passará pelo medidor uma corrente de 1 mA. A fórmula que permite este cálculo é a seguinte:

$$I_M = \frac{E}{R} \qquad (5.2)$$

onde:

I_M = corrente do medidor
E = tensão aplicada
R = resistência total do resistor.

Podemos demonstrar matematicamente o que dissemos acima, aplicando-se a fórmula 5.2. Como E = 10 v e R = 10 kΩ (10 000 Ω), temos:

$$I_M = \frac{10\,v}{10\,000\,\Omega} \qquad I_M = 0{,}001\ A \text{ ou } 1\ mA$$

Esta fórmula permite-nos calcular as adaptações necessárias, para que qualquer galvanômetro seja transformado em um voltímetro CC, com a adição de um resistor de alta resistência.

A figura 9 mostra que podemos colocar uma série de resistores ligados cada um deles em série com a galvanômetro, através da chave "S".

Estes resistores são chamados de multiplicadores.

Com os multiplicadores e a chave "S", podemos transformar um galvanômetro de bobina móvel em um voltímetro CC, com capacidade para medir uma grande variedade de voltagens.

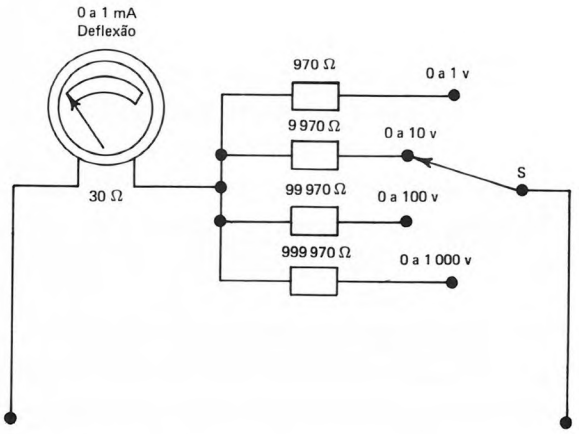


Fig. 9 — Circuito de um voltímetro multi-faixas, baseado num galvanômetro de 0 — 1 mA.

As fórmulas básicas para o cálculo dos multiplicadores são:

$$R_T = R_S + R_M \qquad (5.3)$$

$$R_S = R_T - R_M \qquad (5.4)$$

$$R_S = \frac{E}{I_M} - R_M \qquad (5.5)$$

R_T = resistência total em série
R_S = resistência do multiplicador
R_M = resistência do medidor
E = alcance da voltagem (valor da tensão, correspondente à deflexão total)
I_M = alcance do medidor básico (corrente que produz a deflexão total do medidor).

Na figura 9, os valores indicados para os multiplicadores permitem transformar o medidor básico de corrente entre 0 e 1 mA, em um voltímetro com alcances de 1, 10, 100 e 1 000 volts. Os valores dos multiplicadores foram calculados empregando-se a fórmula 5.5, como demonstrado a seguir:

para o alcance de 1 v:

$$R_S = \frac{1}{0{,}001} - 30 \qquad \underline{\underline{R_S = 970\ \Omega}}$$

para o alcance de 10 v:

$$R_S = \frac{10}{0{,}001} - 30 \qquad \underline{\underline{R_S = 9\,970\ \Omega}}$$

para o alcance de 100 v:

$$R_S = \frac{100}{0{,}001} - 30 \qquad \underline{\underline{R_S = 99\,970\ \Omega}}$$

para o alcance de 1 000 v:

$$R_S = \frac{1\,000}{0{,}001} - 30 \qquad \underline{\underline{R_S = 999\,970\ \Omega}}$$

8 - Sensibilidade do Voltímetro

A sensibilidade de um voltímetro é normalmente expressa em termos de ohms por volt (Ω/v).

Vamos considerar o medidor esquematizado na figura 9, e determinar a sua sensibilidade.

Quando o medidor for utilizado para o alcance de 10 v, a resistência total será 10 kΩ (9 970 + 30). Dividindo-se este valor pelo respectivo alcance, tem-se:

$$\frac{10\ k\Omega}{10\ v} = \frac{10\,000\ \Omega}{10\ v} = 1\,000\ \Omega/v$$

Se você fizer este tipo de divisão para todos os ***multiplicadores*** (resistência total ÷ alcance), verificará que o ***quociente será sempre o mesmo.***

Então, a sensibilidade para este voltímetro é 1 000 Ω/v = 1 kΩ/v.

A sensibilidade de um voltímetro é determinada, dividindo-se a resistência total pelo respectivo alcance. Quanto mais alto o valor deste quociente, maior é a sensibilidade do medidor.

Na prática encontram-se voltímetros com sensibilidades desde 1 kΩ/v até 100 kΩ/v.

Direitos reservados

Ainda com relação ao circuito da figura 9, e considerando a escala de 1 volt, temos a resistência total de 1 kΩ (1 000 = 970 +30). Esta resistência atuará como ***carga*** adicional, em qualquer circuito cuja tensão se queira medir. Em outras palavras, quando este voltímetro estiver marcando 1 volt, ele estará ***roubando uma corrente*** de 1 mA ***do circuito*** que está sendo medido.

9 - Carga do Voltímetro

Você já estudou nos capítulos anteriores, que o galvanômetro de bobina móvel é empregado nas medições de corrente e voltagem.

Mas, quais são as ***diferenças*** fundamentais entre um ***medidor de corrente*** e um ***medidor de voltagem?***

A primeira diferença entre um medidor de corrente e um medidor de voltagem, é quanto ao tipo de ligação com o circuito a ser medido. O ***medidor de corrente*** deve ser ***ligado em série,*** enquanto que o ***medidor de voltagem*** deve ser ***ligado em paralelo*** com o circuito onde se pretende fazer a medição.

A segunda diferença, é que a ***resistência do medidor de corrente*** deve ser ***muito pequena*** em comparação com a resistência do circuito, enquanto que a ***resistência do medidor de voltagem,*** ao contrário, deve ser ***muito alta.***

O medidor de corrente deve ser ligado em série com o circuito, e apresentar uma resistência pequena, pois dessa forma, a corrente que passará por ele será a corrente que percorre o circuito em condições normais. Logo, a leitura corresponderá ao valor da corrente que passa pelo circuito, sem a presença do medidor.

Com relação ao medidor de voltagem, ele deve ser ligado em paralelo e apresentar alta resistência, para que o voltímetro não carregue o circuito. Ou seja, o voltímetro deve "roubar" a menor quantidade possível de corrente do circuito. Ou ainda: a corrente que passar pelo voltímetro deve ser uma fração muito pequena da corrente total. E isso é conseguido com altas resistências (lembre-se que a resistência é inversamente proporcional à corrente). Observe na figura 9, que quanto maior a voltagem a ser medida, maior é a resistência do voltímetro.

Como deveremos proceder para que a carga adicional ao circuito seja a menor possível?

Vamos responder esta questão, analisando os circuitos indicados na figura 10.

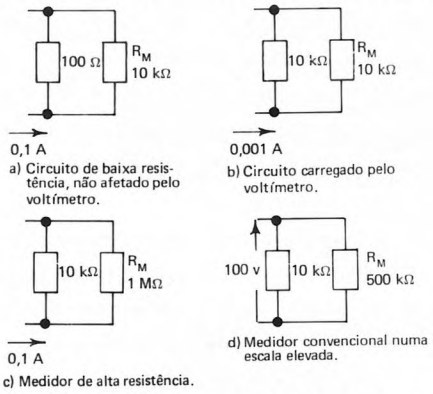


Fig. 10 — Esquemas ilustrando a influência da carga do voltímetro.

Na figura 10 (a), vamos supor que uma corrente de 0,1 Ampère passe através do resistor de 100 Ω, antes de o voltímetro ser colocado em paralelo com o resistor.

Então, teoricamente, a voltagem existente entre os terminais do resistor de 100Ω é:

$E = R \times I \quad E = 100\Omega \times 0{,}1\ A \quad E = 10v$

E praticamente, como se determina o valor da voltagem?

Ora, basta colocar um voltímetro com um alcance de 10 volts e uma sensibilidade de 1 kΩ/v, ligado em paralelo com o resistor de 100Ω.

Ao ligarmos o voltímetro ao circuito, estaremos adicionando uma carga de 10 kΩ.

Porém, a carga adicionada ao circuito não deve alterar muito o funcionamento normal do circuito a ser medido, para que a leitura feita pelo voltímetro seja próxima do valor real.

A resistência de um voltímetro comum, com muitas escalas ou alcances, é obtida multiplicando-se a sensibilidade do instrumento pelo respectivo fundo de escala. O fundo de escala é o valor máximo da escala. Então, para uma escala de 10 volts, o fundo de escala também é 10 volts.

Para um voltímetro com uma sensibilidade de 1kΩ/v, e que tenha alcances de 3, 10, 30, 100, 300 e 1 000 volts, podemos

determinar as suas resistências da seguinte forma:

Escala		Resistência
3 v:	3 v x 1 kΩ/v =	3 kΩ
10 v:	10 v x 1 kΩ/v =	10 kΩ
30 v:	30 v x 1 kΩ/v =	30 kΩ
100 v:	100 v x 1 kΩ/v =	100 kΩ
300 v:	300 v x 1 kΩ/v =	300 kΩ
1 000 v:	1 000 v x 1 kΩ/v =	1 000 kΩ

Analisando estes resultados, você pode concluir que à medida que se ***aumenta a escala, a resistência do voltímetro é maior.*** Isto faz com que seja ***menor a interferência do voltímetro no circuito*** que se vai fazer a medição.

Vamos demonstrar isso calculando a voltagem indicada pelo voltímetro, e comparando com o resultado teórico, para a voltagem de 10 volts.

Como o voltímetro e a resistência de 100 Ω estão ligados em paralelo, a resistência equivalente a eles será:

$$R_{eq} = \frac{R \times R_M}{R + R_M} \Rightarrow R_{eq} = \frac{100 \times 10\,000}{100 + 10\,000}$$

$$\underline{\underline{R_{eq} = 99\,\Omega}}$$

Então, a voltagem indicada pelo voltímetro será:

$$E_V = I \times R_{eq} \Rightarrow E_V = 0{,}1\ A \times 99\,\Omega$$

$$\underline{\underline{E_V = 9{,}9\ v.}}$$

Como você pode observar, o voltímetro indicou um valor para a tensão (9,9 v), muito próximo do valor real da tensão (10 v).

Na figura 10 (b), verificamos que a resistência do circuito é exatamente igual à resistência do voltímetro.

Numa situação deste tipo, o que acontece com a leitura?

Vamos considerar que uma corrente de 1 mA (0,001 A), percorra o circuito com resistência de 10 kΩ, ***sem a presença do voltímetro.***

Então, a tensão entre os terminais da resistência é:

$$E = R \times I \Rightarrow E = 10\,000\,\Omega \times 0{,}001\ A$$

$$\underline{\underline{E = 10\ v}}$$

Quando se colocar o voltímetro com o alcance de 10 volts, os 10 kΩ do voltímetro ficam em paralelo com os 10 kΩ do circuito. Logo, a resistência equivalente será:

$$R_{eq} = \frac{R \times R_M}{R + R_M} \Rightarrow R_{eq} = \frac{10\,000 \times 10\,000}{10\,000 + 10\,000}$$

$$\underline{\underline{R_{eq} = 5\,000\,\Omega}}$$

Então, a leitura do voltímetro será:

$$E = R_{eq} \times I \Rightarrow E = 5\,000\,\Omega \times 0{,}001\ A$$

$$\underline{\underline{E = 5\ volts}}$$

Como você observa, a leitura do voltímetro está ***correta.*** Com a presença do voltímetro, de acordo com estes valores para as resistências, a voltagem nos terminais ***é realmente de 5 volts. Só que este não é o valor da voltagem, sem a presença do voltímetro.*** Então, na realidade, o voltímetro funcionou como uma ***carga*** para o circuito.

Numa situação deste tipo, dizemos que o voltímetro ***carregou*** o circuito.

A resistência de um voltímetro, dependendo do seu valor, pode desviar um valor significativo de corrente do circuito onde se faz a medição. Para isso não acontecer, a resistência do voltímetro deve ser bem mais alta que a resistência do circuito (pelo menos 10 vezes maior).

Como está indicado na figura 10 (c), é possível medir com precisão a voltagem nos terminais de um circuito com resistência de 10 kΩ. Se a resistência do voltímetro for de 1 MΩ (valor 100 vezes maior que a resistência do circuito), o medidor indicará aproximadamente 1 000 volts, e a precisão será considerada boa. (A R_{eq} será igual a 9 900Ω).

Vamos efetuar os cálculos, e fazer a comparação.

valor real:

$$E = R \times I \Rightarrow E = 10\,000\,\Omega \times 0{,}1\ A$$

$$\underline{\underline{E = 1\,000\ v}}$$

valor medido:

$$E_V = R_{eq} \times I \Rightarrow E_V = 9\,900\,\Omega \times 0{,}1\ A$$

$$\underline{\underline{E_V = 990\ v}}$$

Como você já deve ter comparado, o valor medido (990 v) é próximo do valor real (1 000 v). Neste caso, a precisão é considerada boa.

Direitos reservados

Quanto mais alto o alcance de um voltímetro, maior é a sua resistência. Logo, quanto mais alto o alcance, menor é a carga adicionada ao circuito.

Agora, veja o que acontece na figura 10 (d).

O circuito tem uma resistência de 10 kΩ, mas a tensão entre os seus terminais é de 100 v. Isso significa que a corrente tem o seguinte valor:

$$I = \frac{E}{R} \Rightarrow I = \frac{100\,v}{10\,000\,\Omega}$$

$$I = 0{,}01\ A \text{ ou } 10\ mA$$

Usando um voltímetro com a mesma sensibilidade da figura 10 (b), 1 000 Ω/v, mas com alcance de 500 v, a resistência do voltímetro é de:

R_M = alcance x sensibilidade
R_M = 500 v x 1 000 Ω/v = 500 000 Ω.

Ora, 500 000 Ω em paralelo com os 10 000Ω (10 kΩ) do circuito, correspondem a uma resistência equivalente de:

$$R_{eq} = \frac{R_M \times R}{R_M + R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{500\,000 \times 10\,000}{500\,000 + 10\,000}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = 9\,800\,\Omega$$

Com uma corrente de 10 mA (0,010 A), a tensão lida pelo voltímetro será:

$$E_V = R_{eq} \times I \Rightarrow E_V = 9\,800 \times 0{,}010$$

$$\Rightarrow E_V = 98\ v.$$

Logo, a leitura feita pelo voltímetro (98 v), é bem próxima do valor real (100 v), e portanto o resultado pode ser considerado bom. Então, este voltímetro é considerado bom para este tipo de medição, enquanto que aquele da figura 10 (b) não prestava para aquela medição.

E a que se deve esta diferença?

Bem, é que no caso da figura 10 (b) a tensão era baixa, enquanto que no caso da figura 10 (d) a tensão é alta, exigindo o uso de um alcance mais alto.

Um voltímetro de baixa sensibilidade não é bom para medir tensões baixas em circuitos de resistências altas.

O que aconteceria se o voltímetro tivesse uma sensibilidade de 20 kΩ/v?

Para um voltímetro com uma sensibilidade de 20 kΩ/v, na escala (ou alcance) de 10 volts, corresponde uma carga de 200 kΩ. Este voltímetro em paralelo com os 10 kΩ (10 000 Ω) do circuito, dará a seguinte resistência equivalente:

$$R_{eq} = \frac{R_M \times R}{R_M + R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{200\,000 \times 10\,000}{200\,000 + 10\,000}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = 9\,500\,\Omega$$

Então, a leitura que o voltímetro apresentará para a mesma corrente (0,010 A) será:

$$E_V = R_{eq} \times I \Rightarrow E_V = 9\,500 \times 0{,}010$$

$$\Rightarrow E_V = 95\ v$$

Como você observa, com um voltímetro de sensibilidade de 20 kΩ, na escala de 10 v, a leitura (9,5 v) é bem próximo do valor real (10 v).

Se usássemos este mesmo voltímetro, cuja sensibilidade é de 20 kΩ, porém na escala de 500 v, a leitura obtida seria ainda mais próxima do valor real. Vamos demonstrar isto através dos cálculos que se seguem.

Na escala de 500 v, a resistência própria do medidor será de:

R_M = alcance x sensibilidade
R_M = 500 v x 20 000 Ω/v
R_M = 1 000 000 Ω (1 000 kΩ)

Com o voltímetro em paralelo com a resistência do circuito (10 kΩ), a resistência equivalente será:

$$R_{eq} = \frac{R_M \times R}{R_M + R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{1\,000\ k\Omega \times 10\ k\Omega}{1\,000\ k\Omega + 10\ k\Omega}$$

$$\Rightarrow R_{eq} = 9{,}9\ k\Omega \text{ ou } 9\,900\,\Omega$$

Então, a tensão lida pelo voltímetro será:

$$E_V = R_{eq} \times I \Rightarrow E_V = 9\,900\,\Omega \times 0{,}010\ A$$

$$\Rightarrow E_V = 99\ v$$

Logo, com um voltímetro de mesma sensibilidade (20 kΩ/v), porém numa escala mais elevada (500 v), o valor lido é ainda mais próximo do valor real.

Direitos reservados

Em conclusão, pode-se dizer que um voltímetro de alta sensibilidade (20 kΩ/v ou mais) é bom em qualquer situação, enquanto que um voltímetro de baixa sensibilidade (1 kΩ/v, por exemplo) não serve para medir tensões baixas em circuitos de resistência elevada.

10 - Medição de Resistências

As resistências podem ser medidas de várias maneiras..

Normalmente, utiliza-se uma bateria ou outra fonte de tensão, e faz-se passar uma corrente elétrica através do resistor cuja resistência se pretende medir.

O instrumento utilizado para a medição de resistências é chamado de ***ohmímetro.*** Em muito ohmímetros, a escala já se encontra calibrada em ohms. Isso significa que se consegue fazer a leitura diretamente em ohms, tornando desnecessário a determinação do valor da resistência através de cálculos.

O método considerado mais simples está mostrado na figura 11.

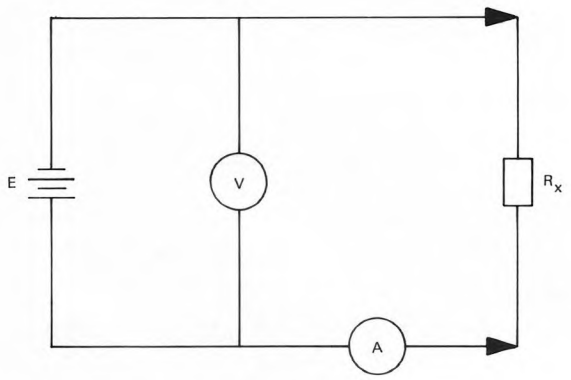


Fig. 11 — Medição de uma resistência, utilizando-se um voltímetro e um amperímetro.

O *método do voltímetro—amperímetro* esquematizado na figura 11, faz uso de uma bateria para passar uma corrente através da resistência desconhecida (R_x).

A função do voltímetro (v) é medir a queda de tensão provocada na resistência. O amperímetro (A) mede a corrente que atravessa a resistência desconhecida.

Conhecendo-se o valor da queda de tensão e o valor da corrente, a simples aplicação da Lei de Ohm determina o valor da resistência desconhecida: $R_x = \frac{E}{I}$

Outro método para se determinar o valor de uma resistência, é chamado de ***método comparativo,*** pois se baseia na comparação entre o valor de uma resistência conhecida (R_o) e o valor de uma resistência desconhecida (R_x). A figura 12 mostra o esquema deste método.

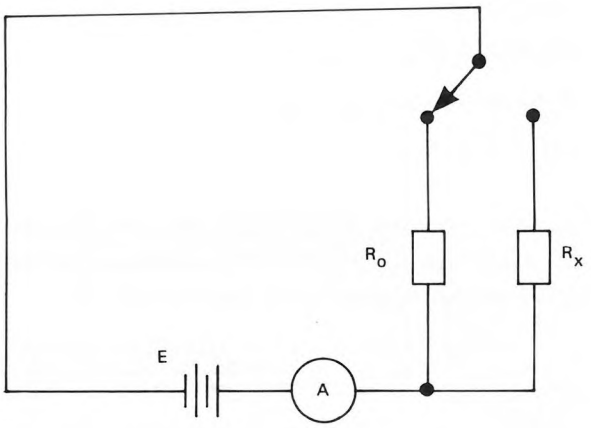


Fig. 12 — Método comparativo.

O método comparativo faz uso de uma bateria (E), um amperímetro (A) e de uma resistência de valor conhecido (Ro).

Como a resistência é inversamente proporcional à corrente, pode-se estabelecer a seguinte proporção:

$$\frac{R_x}{R_o} = \frac{I_o}{I_x} \qquad (5.6)$$

$$R_x = \frac{I_o}{I_x} R_o \qquad (5.7)$$

I_o e I_x são as correntes que passam, respectivamente, pelas resistências R_o (conhecida) e R_x (desconhecida).

Neste método, a primeira leitura é feita só com a resistência conhecida (R_o). Depois é feita a leitura só com a resistência desconhecida (R_x). Observe na figura 12, a existência de uma chave que possibilita ligar uma ou outra resistência.

Após a medição das correntes que atravessam R_o e R_x com o amperímetro, calcula-se o valor da resistência desconhecida através da fórmula 5.7.

Existem diversos tipos de ohmímetros eletrônicos. Vamos apresentar os dois tipos mais comuns.

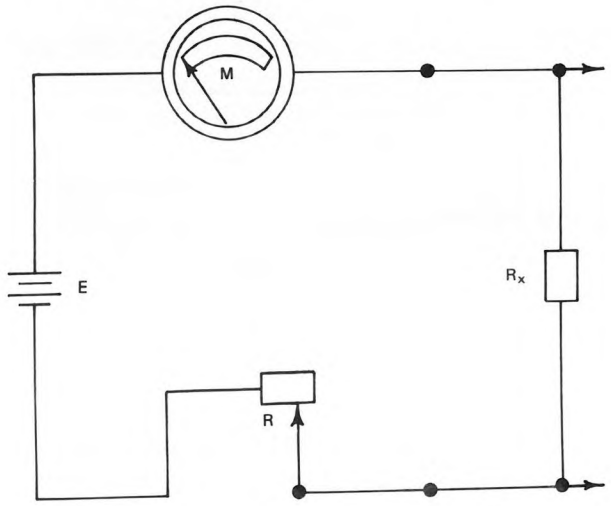


Fig. 13 – Ohmímetro de leitura direta, com R calibrado.

No arranjo ilustrado na figura 13, pode ser utilizado um galvanômetro de 0 a 1 mA, ou um instrumento mais sensível, de até 6 μA, como em alguns multímetros encontrados à venda.

Este ohmímetro consiste de um medidor calibrado em ohms (M), uma resistência ajustável (R), uma bateria (E) e duas pontas de prova. A bateria, geralmente, é de 1,5 volt.

Antes de ser colocada a resistência desconhecida (R_x), é preciso ajustar a resistência R.

Isso é feito da seguinte maneira: fecha-se o circuito, unindo as duas pontas de prova. Quando isso for feito, diz-se que as pontas de prova estão ***"curto-circuitadas"***. O valor da resistência R é ajustado de modo a provocar deflexão total do ponteiro do medidor. Isso acontece quando passar pelo medidor uma corrente de 1 mA. A resistência R é, muitas vezes, chamada de ***"ajuste de zero ohm"***, pois é usada para ajustar a corrente em exatamente 1 mA, com as pontas de prova em curto, isto é, com zero Ω entre as pontas de prova.

Após ter sido feito os devidos ajustes, é então introduzida a resistência desconhecida (R_x) entre as pontas de prova. Tem-se, assim, um circuito de acordo com o esquema da figura 13.

Com a resistência desconhecida entre as pontas de prova, a corrente que passará pelo medidor será menor que 1 mA.

Passando pelo medidor uma corrente menor que 1 mA, o ponteiro não sofrerá deflexão total. Ele parará num ponto que corresponde a uma corrente entre 0 e 1 mA. Este ponto da escala depende do valor da resistência desconhecida.

A escala do medidor é calibrada, de modo que o valor de R_x possa ser lido diretamente. A escala desse tipo de medidor é calibrada da seguinte maneira: à direita está anotado o valor zero ohms, que corresponde à deflexão total do ponteiro; à esquerda está anotado ∞ (infinito), que corresponde à deflexão nula do ponteiro. A escala de ohms não é uniforme. O ponteiro deverá estar no meio da escala, quando o valor da resistência desconhecida for igual ao valor da resistência conhecida. Quando isso ocorrer, a resistência total estará dobrada, e a corrente reduzida à metade. À medida que consideramos a escala do centro para a esquerda, as divisões da escala serão cada vez menores. Por essa razão, é difícil medir resistências grandes com este tipo de ohmímetro. Este tipo de problema é contornado com o uso de baterias com tensões mais altas e com galvanômetros mais sensíveis. Entretanto, com o uso de comutadores é possível melhorar a resolução deste tipo de medidores, de modo que é largamente usado em multímetros.

Chama-se resolução a capacidade de se distinguir um valor de outro muito próximo. Aumentar a resolução significa ampliar a escala.

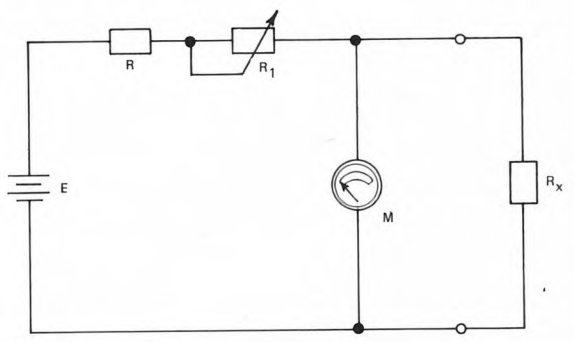


Fig. 14 – Variação do ohmímetro de leitura direta.

Neste ohmímetro indicado na figura 14, temos um arranjo em "shunte".

Para este tipo de ohmímetro, o resistor conhecido R_1, deve ser ajustado de

Direitos reservados

modo que a deflexão total aconteça com as pontas de prova separadas uma da outra.

Após ter sido colocado entre as pontas de prova a resistência desconhecida (R_x), ficamos com um circuito de acordo com o esquema da figura 14.

Com a resistência R_x, a corrente que sai da bateria é dividida entre o medidor e a resistência desconhecida. Com a divisão da corrente, passará pelo medidor uma corrente menor do que aquela que se tinha, antes de introduzir R_x.

Quanto menor o valor da resistência desconhecida, mais corrente será desviada do medidor e a deflexão do ponteiro será menor.

Essa deflexão menor que o ponteiro sofre, permite determinar o valor da resistência desconhecida.

Este tipò de ohmímetro é adequado para medições de resistências baixas. A escala está calibrada com zero ohm no lado esquerdo (pontas de prova em curto) e resistência infinita no lado direito (pontas de prova separadas, sem contato).

11 - Tipos de Multímetros

Estes aparelhos, também chamados de ***"provadores de circuito*** ou ***"Volt–Ohm–Miliamperímetro–VOM",*** encontram-se à venda em modelos e tipos os mais variados. Há desde os modelos mais simples e baratos, até os modelos mais caros e sofisticados.

Em geral, os instrumentos mais baratos são menos exatos, e por isso menos dignos de confiança, do que os que custam um pouco mais. Muitas vezes, os instrumentos mais baratos, quando avariados, não vale a pena serem consertados.

Os instrumentos vendidos em forma de "kit", isto é, como um conjunto de componentes avulsos a serem montados e ligados pelo comprador, oferecem uma considerável economia. Quando a fiação e a montagem forem executadas cuidadosamente, e as instruções de regulagem forem seguidas rigorosamente, os resultados são muito bons.

11.1 – UTILIZAÇÃO DO MULTÍMETRO

Como o seu nome indica, o multímetro é um instrumento que permite múltiplas medições. É utilizado para medir resistências, voltagens e correntes.

O alcance de voltagens de alguns instrumentos abrange de zero até cerca de 2 500 volts.

A seção do ohmímetro deve ser capaz de medir resistências até pelo menos vários megohms. Muitos instrumentos baratos fornecem indicações dignas de confiança, somente até cerca de 500 000 ohms (500 kΩ). É possível, utilizando-se uma bateria adicional, estender o alcance do medidor até um valor de resistência muito maior. Ao longo do curso, será explicado como se faz isso.

A seção de corrente, na maioria dos multímetros, pode medir correntes entre 1 miliampère e 10 a 12 ampères.

Os limites superiores e inferiores de voltagens, resistências e correntes possíveis de medir, variam de um multímetro para outro.

Alguns multímetros permitem medição de outras grandezas elétricas, tais como: decibéis, capacitâncias, indutâncias, etc.

11.2 – MULTÍMETRO TÍPICO DE ALTA QUALIDADE

Consideremos agora o multímetro mostrado na figura 15. É um exemplo típico de um aparelho de boa qualidade.

A explanação seguinte sobre as suas possibilidades e características, pode ser aplicada a todos os aparelhos equivalentes.

Este instrumento serve para muitos fins. É utilizado para medir voltagens de C.C. (corrente contínua) e de C.A. (corrente alternada), resistências, correntes contínuas, decibéis, etc.

Apresenta um grande medidor de 11,5 cm, facilmente legível, na parte superior do painel da frente. Abaixo do mostrador encontram-se três botões de comando e duas tomadas de circuito. Todas as posições dos botões e seletores, e todas as tomadas de circuito, estão marcadas com legendas de letras brancas sobre um fundo de fenolite marrom.

11.3 – COMUTADOR SELETIVO DE ALCANCES.

O comutador seletivo de alcances é também chamado de ***seletor de alcances.***

O seletor de alcances, à direita do painel, tem quatro posições. O seu botão pode girar em ambos os sentidos para obter uma das 4 posições. Cada posição corresponde a um alcance ou escala. Há quatro alcances para voltagens C.C., quatro para voltagens C.A. quatro para correntes contínuas e quatro para resistências.

Direitos reservados



Kit n.° 3

Fig. 15 – Muitímetro.

11.4 – COMUTADOR OU SELETOR DE FUNÇÕES

O seletor de funções é localizado no lado esquerdo inferior do painel. Tem quatro posições: VCC (VDC), VCA (VAC), R e mA.

Quando for medir uma corrente contínua, uma voltagem C.C., uma voltagem C.A., ou uma resistência, o seletor de funções deve ser posto na posição correspondente.

Em alguns instrumentos, as posições do comutador ou do seletor de funções são indicadas em inglês. Então, em vez de ***VCC*** aparece ***VDC*** (voltage direct current); e em vez de ***VCA*** aparece ***VAC*** (voltage alternating current). Logo, quando um instrumento trouxer as indicações em inglês, você deve considerar que ***VCC equivale a VDC,*** e que ***VCA equivale a VAC.***

11.5 – ZERO OHM

O botão colocado à esquerda, logo abaixo do galvanômetro, serve para ajustar o "zero ohm". Este ajuste do circuito do ohmímetro compensa o envelhecimento da bateria interna. Sempre que o ohmímetro for utilizado, este botão de controle deve ser ajustado de modo que o medidor indique zero, quando as pontas de prova forem postas em curto-circuito. Observe que o zero do ohmímetro encontra-se na extremidade direita da escala. (Escala ampliada na figura 17).

11.6 – TOMADAS DE CIRCUITO

As duas tomadas são os pontos de ligação para as pontas de prova. Quando for conectar o medidor com o circuito a ser medido, introduza os pinos das pontas de prova nas tomadas.

As tomadas estão localizadas na parte inferior do painel e encontram-se marcadas com os sinais (+) e (–). A ponta de prova preta deve ser introduzida na tomada (–), enquanto que a ponta de prova vermelha deve ser introduzida na tomada (+), para todas as medições.

11.7 – CAIXA

A caixa do multímetro da figura 15, é de baquelite preto, moldada com paredes fortemente reforçadas, para uma longa duração.

Todas as suas partes estão montadas no painel de frente: o instrumento pode sair completamente da caixa como um só bloco.

11.8 – PONTAS DE PROVA

O multímetro da figura 15 vem munido de um par de pontas de prova, com cordões de cerca de 1 metro de comprimento. Um cordão é preto e o outro é vermelho, para facilitar a identificação da polaridade. Usa-se a ponta de prova preta para o ponto do circuito de potencial mais baixo, e a ponta de prova vermelha para o ponto do circuito de potencial mais alto.

Cada cordão é composto de fios muito finos e muito flexíveis, e tem um isolamento especial, feito com borracha ou plástico de alta qualidade.

Apesar do nome, muitas pontas de prova vêm equipadas com "garras jacaré", em vez de pontas.

11.9 – PRECISÃO

A precisão do instrumento é de ±4% do valor do fundo de escala, para todos os alcances de voltagem e corrente contínua, e de ±6% para as voltagens C.A.. Esta precisão para as voltagens de corrente alternada, é válida para freqüências compreendidas entre 20 e 50 000 Hz (ciclos por segundo).

Para maior clareza sobre o assunto, vamos considerar os seguintes exemplos.

1.° Exemplo

Utilizando-se a escala de 50 volts, foi medida uma tensão de 30 volts. Conforme a especificação do aparelho, qualquer leitura numa escala está sujeita a um erro de ± 4% do fundo de escala. Neste caso, o valor do fundo de escala é 50 volts, logo, em qualquer ponto da escala, a leitura está sujeita a um erro de ±2 volts (4% de 50 v). Isto é, se o valor lido for

de 30 v, significa que o valor da tensão real pode estar entre 28 e 32 volts (2 v abaixo e 2 v acima do valor lido).

Se o valor lido fosse 10 volts, o valor correto estaria entre 8 e 12 volts.

2º Exemplo

Utilizando-se a escala de 250 volts, foi medida uma tensão de 30 volts. Aparentemente, é o mesmo valor obtido no primeiro exemplo. Entretanto, agora a escala usada foi a de 250 v, o que significa que a leitura está sujeita a um erro de ± 10 volts (4% de 250 v). Como a leitura está sujeita a um erro de 10 volts, o valor real da tensão deve estar entre 20 e 40 volts (10 volts abaixo e 10 volts acima do valor lido).

3º Exemplo

Mediu-se uma tensão de 10 volts utilizando a escala de 10 v. Neste caso, o erro da leitura seria de ±0,4 volt (4% de 10 v). Isso significa que a tensão real deve estar entre 9,6 v e 10,4 volts.

Pelos exemplos dados, você pode concluir que a ***precisão de uma leitura depende muito da escala utilizada.*** Por isso, seria aconselhável escolher a ***menor escala possível.*** Mas, cuidado! Não se esqueça da carga do voltímetro, isto é, da alteração que o circuito sofre quando se liga o voltímetro. Como foi visto no capítulo 10, quanto menor a escala, maior a carga do voltímetro (a carga torna-se maior porque a resistência fica menor). Então, ***desde que a característica do multímetro o permita, deve-se escolher a menor escala.***

Por exemplo: para se medir 2,0 volts, você deve utilizar a escala de 2,5 v, e não outra qualquer (10, 50, 250, 1 000 ou 5 000 v). Da mesma forma, para uma tensão de 60 volts, o alcance a ser escolhido deve ser o de 250 v (e não 1 000 ou 5 000 v).

Uma maneira prática de se verificar se a carga do voltímetro não está alterando o valor lido, é fazer a leitura em duas escalas, e comparar os resultados. Se a diferença entre as leituras for maior que 10%, é preferível considerar o valor lido na escala mais alta. É preferível ler com menor precisão (por estar usando um alcance maior), do que ler com maior precisão, porém com a tensão alterada pela carga do voltímetro.

11.10 – PILHA INTERNA

O instrumento está equipado com uma única pilha de 1,5 volt, localizada dentro da caixa. Esta pilha só é utilizada quando o instrumento funciona como ohmímetro.

Quando não for possível fazer o "ajuste de zero ohm" na escala mais alta, isto é, na escala de "x 1 000", é sinal que a pilha está esgotada e deve-se trocá-la imediatamente. Use sempre uma pilha de boa qualidade, de preferência uma alcalina, pois esta não tem problema de vazamento quando esgotada.

12 - Instruções de Serviço

Neste capítulo iremos apresentar algumas instruções sobre o procedimento para realizar algum serviço.

Inicialmente apresentaremos algumas orientações sobre normas de segurança, que devem ser observadas quando se está fazendo medições em circuitos.

Em seguida, informaremos qual deve ser o procedimento para o ajuste mecânico do zero, quando o instrumento for utilizado.

12.1 – PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA

Nos trabalhos de consertos ou ensaios de circuitos elétricos, é necessário adotar como hábito a obediência a certas normas de segurança.

As normas de segurança existem não só para a boa saúde do operador, mas também do próprio circuito. Lembre-se que os choques elétricos são perigosos para a vida humana, e também de que um circuito pode ser destruído por um curto-circuito involuntário.

Basicamente, os requisitos de segurança a serem observados são os seguintes:

1º) - Evite usar anéis, correntes ou pulseiras metálicas durante o serviço. Até mesmo os relógios de pulso devem ser retirados. Os choques recebidos através destes objetos metálicos serão muito mais fortes do que os choques devidos ao contato direto com a pele.

2º) - Antes de colocar ou retirar uma ponta de prova munida com "garras jacaré", desligue o circuito onde se vai fazer a medição. Então, quando se utiliza as "garras jacaré", a seqüência de operações deve ser o seguinte: a) desligue o circuito; b) coloque as pontas de prova nos pontos convenientes; c) ligue o circuito; d) faça

a leitura; e) desligue o circuito; f) remova as pontas de prova.

3°) - Quando se tratar de pontas de prova isoladas (parecidas com um lápis, só que com o corpo de plástico e ponta de metal), pode-se tocar os pontos onde se quer fazer a medição sem desligar o circuito. Entretanto, isto requer dois outros cuidados: a) segure as pontas de prova somente pela isolação; b) evite provocar curtos-circuitos com a parte metálica da ponta de prova.

4°) - Verifique se as pontas de prova a serem utilizadas são do tipo adequado. As pontas de prova normais podem ser usadas, em geral, até 500 v. Estas mesmas pontas de prova podem ainda ser usadas até 5 000 v, mas somente com ***extremo cuidado.*** Acima de 5 000 volts, deve-se usar pontas de prova especiais para alta tensão.

5°) - Coloque o instrumento em posição correta, de modo que possa olhar o ponteiro bem de frente (ou de cima, se o instrumento estiver deitado). Olhar o ponteiro de lado provoca o erro de leitura denominado *paralaxe.*

12.2 – AJUSTE MECÂNICO DO PONTEIRO

Antes de executar qualquer medição, verificar se o ponteiro indica zero, quando o medidor está em posição de funcionamento, mas ainda não ligado ao circuito.

Se o ponteiro estiver fora do zero, ele tem que ser ajustado.

Isso poderá ser feito mecanicamente, através do parafuso localizado abaixo do centro do mostrador do medidor, conforme está indicado na figura 15. Utilize uma pequena chave de fenda, e gire lentamente esse parafuso num sentido ou noutro, até que o ponteiro esteja exatamente sobre a marca de zero.

13 - Medições de Voltagens Contínuas (VCC)

Neste capítulo serão dadas as instruções de como você deve proceder para fazer medições de voltagens em circuitos de corrente contínua (VCC), utilizando o multímetro indicado na figura 15.

Primeiramente serão dados os passos para a medição VCC de 0 a 300 volts. Em seguida, o procedimento para medições VCC no alcance de 1 000 volts.

No multímetro da figura 15, o comutador de funções deve ser colocado na posição indicada por ***VDC*** (em inglês, D.C. = Direct Current), quando se pretende medir voltagens em correntes contínuas (VCC).

13.1 – MEDIÇÃO DE VOLTAGEM ATÉ 300v

Os seguintes passos descrevem o procedimento para utilizar o multímetro, com a finalidade de realizar medições de voltagens contínuas (VCC) de 0 até 300 volts.

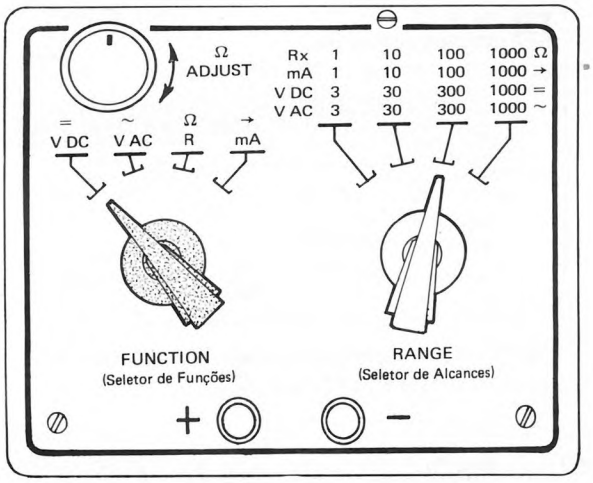


Fig. 16 – Posições dos seletores para as medições de tensões contínuas (VCC).

1°) - Coloque o seletor de funções na posição VCC. (VDC).

2°) - Introduza o pino da ponta de prova preta na tomada (–), e o pino da ponta de prova vermelha na tomada (+).

3°) - Coloque o seletor de alcances em uma das 3 posições de alcance de voltagens. Cada uma dessas posições indicam, respectivamente, os seguintes alcances: 3 v, 30 v e 300 v. ***Quando houver dúvidas quanto à voltagem presente no circuito, utilize sempre o alcance de voltagem mais alto.*** Observe a leitura do medidor. Se a voltagem indicada for muito baixa, mude o seletor para a posição de alcance mais baixo, pois dessa forma você conseguirá uma leitura mais exata (leia de novo os capítulos 9 e principalmente 11.9).

4°) - Coloque a ponta de prova preta no lado do circuito onde você presume ser negativo, e a ponta de prova vermelha no outro lado do circuito.

5°) - Ligue a potência do circuito a ser ensaiado. Se o ponteiro sofrer um desvio para a esquerda do zero, a polaridade presumida está errada. A polaridade correta é exatamente o contrário. Neste caso, des-

Direitos reservados

ligue a potência do circuito a ser ensaiado, inverta as pontas de prova no circuito e ligue novamente a potência do circuito.

6°) - Leia a voltagem na escala indicada por VAC/DC, que é a segunda escala de cima para baixo no mostrador. Para os alcances de 3 v, 30 v e 300 volts, leia diretamente as indicações nas escalas.

7°) - Desligue a potência do circuito, antes de desligar as pontas de prova.

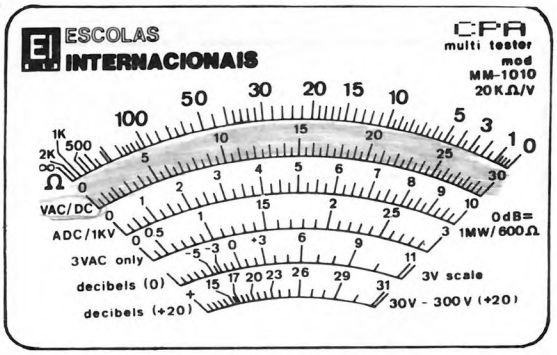


Fig. 17 — Escala de leitura ampliada, pertencente ao multímetro da figura 15.

13.2 — MEDIÇÕES DE VOLTAGENS CONTÍNUAS (VCC) NO ALCANCE DE 1 000 VOLTS

ATENÇÃO!

Seja extremamente cuidadoso quando estiver trabalhando nos circuitos de alta voltagem.

Para realizar medições de voltagens contínuas (VCC), no alcance de 1 000 volts, com o multímetro indicado na figura 15, siga o seguinte procedimento:

1°) - Coloque o seletor de funções na posição indicada por VCC. (VDC).

2°) - Coloque o seletor de alcances na posição de 1 000 volts.

3°) - Introduza o pino da ponta de prova preta na tomada (—), e o pino da ponta de prova vermelha na tomada (+).

4°) - Esteja certo de que a potência está desligada do circuito a ser ensaiado. Verifique também se todos os capacitores estão descarregados. Em seguida, ligue a ponta de prova preta no lado negativo do circuito, e a ponta de prova vermelha no lado positivo do circuito a ser ensaiado.

5°) - Ligue a potência do circuito. ***Não toque mais no medidor ou nas pontas de prova.*** Se o ponteiro apresentar um desvio para a esquerda do zero, a polaridade presumida está errada. Para corrigir a polaridade, será necessário inverter a posição das pontas de prova, mas antes de qualquer coisa ***desligue a potência do circuito.*** Após esta operação, inverta a posição das pontas de prova. A polaridade estará corrigida. Ligue novamente a potência do circuito.

6°) - Leia a voltagem na escala 0 a 10, que é a terceira de cima para baixo no mostrador, e multiplique a leitura por 100.

7°) - Desligue a potência antes de desligar as pontas de prova.

14 - Medições de Voltagens Alternadas (VCA)

Os multímetros em geral, são capazes de medir tanto voltagens em circuitos de corrente contínua, como em circuitos de correntes alternadas.

O multímetro indicado na figura 15 executa perfeitamente essas funções.

Como no momento o nosso estudo está centrado nos circuitos de corrente contínua, e pouca coisa tratamos sobre as correntes alternadas, não apresentaremos aqui o procedimento para as medições de voltagens alternadas (VCA).

Todas as informações relativas às medições VCA serão apresentadas junto com a lição n° 7, cujo conteúdo trata especificamente das correntes alternadas.



Cortesia da Fundação Instituto Tecnológico de Osasco

Fig. 18 — Multímetro YEW, modelo 2441.

Direitos reservados

15 - Medições de Resistências

Para utilizarmos o multímetro com a finalidade de se medir o valor das resistências, o seletor de funções deverá ser colocado na forma indicada na figura abaixo.

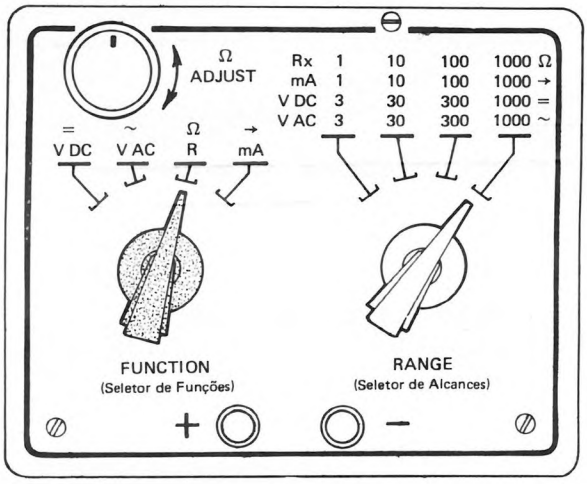


Fig. 19 – Posição do seletor de funções para a medição de resistências.

15.1 – AJUSTE DO ZERO

Toda vez que o ohmímetro for utilizado, deve ser verificado a indicação do zero no medidor, antes de efetuar a medição da resistência. Mesmo quando se muda de um alcance para outro, a verificação é necessária.

Esta verificação é feita da seguinte maneira:

1°) - Ponha o seletor de alcance numa das posições próprias para a medição de resistências, e o seletor de funções na posição "Ω".

2°) - Introduza o pino da ponta de prova preta na tomada (–), e o pino da ponta de prova vermelha na tomada (+).

3°) - Coloque as pontas de prova em curto-circuito, tocando firmemente uma com a outra.

4°) - Observe a indicação do medidor. O ponteiro deve indicar zero ohms. Lembre-se que na escala de ohms, o zero fica na extremidade direita do mostrador. A escala de ohms é a escala mais externa do mostrador.

5°) - Se o ponteiro não indicar zero ohms, deve-se girar o botão "Ω adjust", até que a indicação atinja o zero. Se o ponteiro não puder atingir o zero, a bateria deve ser substituida, ou então, existe algum defeito nas pontas de prova. (Lembre-se que para o ajuste do zero, as pontas de prova devem estar em curto).

6°) - Quando o ponteiro indicar zero, desfaça imediatamente o curto-circuito entre as pontas de prova. O ohmímetro está em condições de medir o valor das resistências. IMPORTANTE: não deixe as pontas de prova em curto, além do necessário para ajustar o zero. Nem permita que elas entrem acidentalmente em curto, pois estará gastando inutilmente a pilha interna.

15.2 – COMO MEDIR AS RESISTÊNCIAS

Para efetuar as medições de resistências, siga o seguinte procedimento.

1°) - Ponha o seletor de alcance numa das posições de alcance de resistências. Note que o seletor indica agora o fator de multiplicação, isto é, o fator pelo qual deve ser multiplicado a leitura, para obter o valor da resistência medida.

Use o alcance R x 1 para a leitura de resistências entre 0 e 500 ohms. Neste caso, o valor da resistência é o próprio valor lido na escala.

Use o alcance R x 10 para as medições de resistências entre 500 e 5 000 ohms. O valor da resistência medida, é o valor lido na escala multiplicado por 10.

Use o alcance R x 100 quando fizer medidas de resistências entre 5 000 e 50 000 ohms. O valor da resistência medida, é o valor lido na escala multiplicado por 100.

Para resistências acima de 50 000 ohms, usar o alcance R x 1 000.

2°) - Ponha o seletor de funções na posição "Ω".

3°) - Introduza o pino da ponta de prova preta na tomada (–), e o pino da ponta de prova vermelha na tomada (+).

4°) - Verifique o ajuste do zero ohms. Reajuste se necessário.

5°) - Colocar firmemente as pontas de prova nas extremidades da resistência a ser medida, ou nos pontos do circuito, entre os quais se quer determinar a resistência. IMPORTANTE: Não toque na resistência ou no circuito cuja resistência está sendo medida. A leitura poderá ser falseada pela resistência do seu corpo!

6°) - Leia a indicação na escala "OHMS" (Ω), que se localiza na parte superior do mostrador. Note que esta escala é lida da direita

Direitos reservados

para a esquerda.

7°) - Multiplique a leitura pelo fator de multiplicação indicado pelo seletor de alcances. A letra "k" que aparece no mostrador representa "mil"

16 - Medições de Corrente Contínua

Para que o multímetro faça a medição de corrente contínua, é necessário que o seletor de funções esteja na posição adequada. A figura 20 mostra a posição correta do seletor de funções.

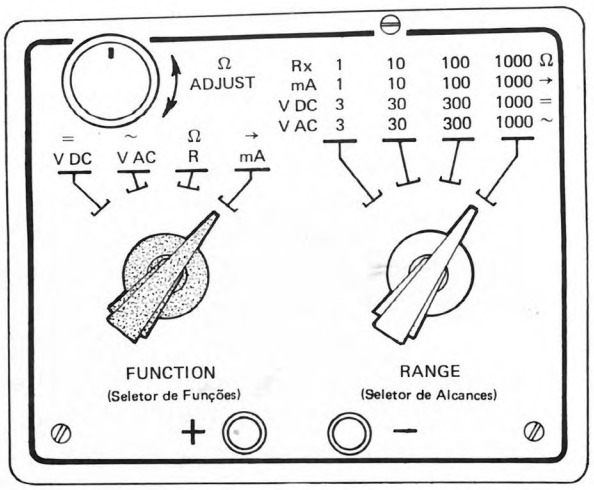


Fig. 20 — Posição do seletor de funções para a medição de corrente contínua.

ATENÇÃO!
Como medidor de corrente contínua, o multímetro deve ser ligado sempre em série com o circuito.

Para efetuar as medições de corrente contínua, siga o seguinte procedimento:

1°) - Coloque o seletor de funções na posição "mA".

2°) - Introduza o pino da ponta de prova preta na tomada (—), e o pino da ponta de prova vermelha na tomada (+).

3°) - Coloque o seletor de alcances em uma das quatro posições, de acordo com a grandeza da corrente a ser medida. Caso não saiba a ordem de grandeza da corrente a ser medida, comece a medição pela escala mais alta. As posições marcadas são: 1 mA, 10 mA, 100 mA e 1 000 mA.

4°) - Abra o circuito cuja corrente se quer medir. Ligue o medidor em série com o circuito, no ponto onde foi aberto. Ligue a ponta de prova vermelha no lado positivo da interrupção, e a ponta de prova preta no lado negativo da interrupção. Para maior clareza, veja a seguinte seqüência de figuras.

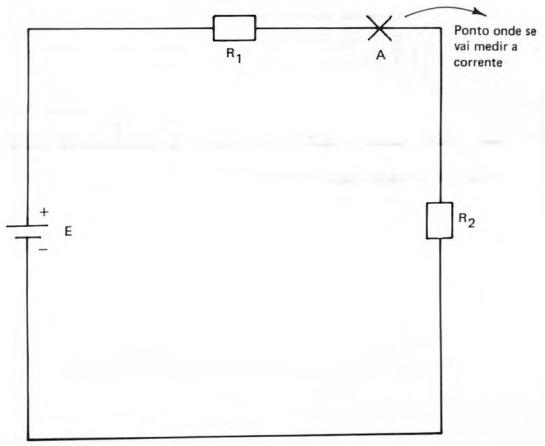


Fig. 21 — Circuito onde se quer medir a corrente.

O ponto "A" da figura 21, é o ponto onde se quer medir a corrente. Neste ponto o circuito precisa ser aberto, para ligar em série o medidor de corrente.

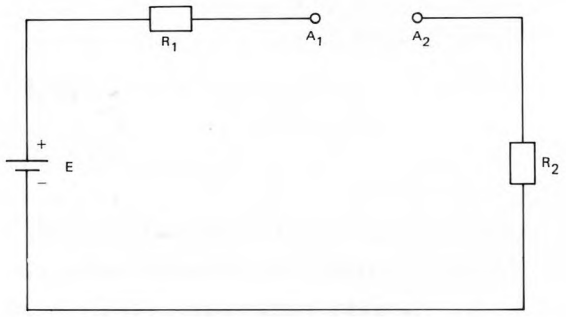


Fig. 22 — Circuito aberto.

Na figura 22 vemos o mesmo circuito da figura 21, porém com o circuito aberto. "A_1" e "A_2" estavam juntos, constituindo o ponto "A". Observe que "A_1" está ligado do lado positivo da fonte, e "A_2" do lado negativo da fonte. Então "A_1" é o lado positivo da interrupção (ou abertura) e "A_2" é o lado negativo da abertura.

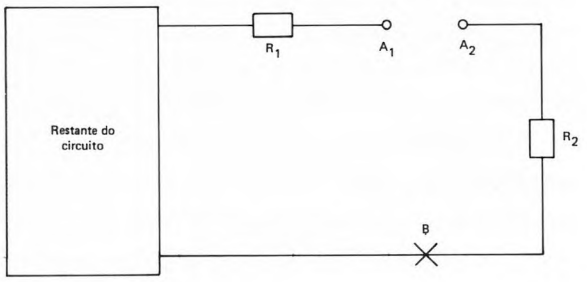


Fig. 23 — Circuito aberto, sem indicação da polaridade da interrupção.

Muitas vezes não é fácil identificar qual o lado positivo e qual o lado negativo de uma interrupção. Então, quando isso acontecer, pegue um voltímetro e meça a tensão entre os pontos "A_1" e "A_2" e a terra (ponto B) ou outro ponto qualquer, do lado de "A_2". O ponto que apresentar a maior tensão em relação ao ponto "B" é o positivo da abertura, e o outro, logicamente, é o negativo da abertura.

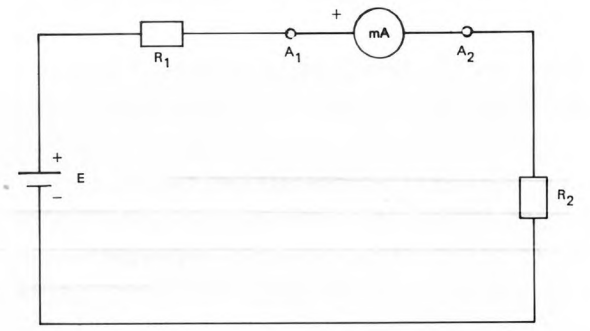


Fig. 24 — Miliamperímetro instalado para a medição.

Na figura 24 temos o esquema do circuito cuja corrente se quer conhecer, com o medidor de corrente instalado na abertura. Observe a polaridade do miliamperímetro: positivo no lado positivo da abertura (neste caso é o lado "A_1") e o negativo no lado negativo da abertura.

5°) - Ligue a potência do circuito a ser medido. Se o ponteiro apresentar um desvio para a esquerda do zero, isso significa que a polaridade da corrente é oposta à polaridade presumida inicialmente. Então, desligue a potência do circuito, e inverta a posição das pontas de prova. Com a inversão da posição das pontas de prova, a polaridade estará corrigida. Ligue novamente a potência do circuito. (Se tiver acompanhado atentamente os passos indicados nas figuras 21, 22, 23 e 24, certamente acertará na primeira tentativa).

6°) - Leia a corrente indicada na respectiva escala.

Para o alcance de 1 mA, utilizar as indicações de 0 a 10 divididas por 10.

Para o alcance de 10 mA, utilizar as indicações de 0 a 10 diretamente.

Para o alcance de 100 mA, utilizar as indicações de 0 a 10 multiplicadas por 10.

Para o alcance de 1 000 mA, utilizar as indicações de 0 a 10 mutiplicadas por 100.

7°) - Após realizada a leitura, desligue a potência do circuito. Em seguida, retire as pontas de prova e conecte novamente o circuito.



Cortesia da Fundação Instituto Tecnológico de Osasco

Fig. 25 — Multímetro TMK, modelo KU—436—1.

17 - Precisão de uma Medição

A ***medição*** é um processo através do qual se ***determinam valores,*** com a finalidade de servir de base para um projeto, verificar a exatidão ou a correção da execução do projeto, verificar o correto funcionamento de um aparelho, etc.

Mas, para que uma ***medição traga informações úteis,*** é necessário que os ***resultados sejam confiáveis,*** isto é, ***que os valores determinados sejam precisos.***

Então, já que a precisão de uma medição é tão necessária, seria o caso de se perguntar: ***qual deve ser a precisão para que uma medição apresente resultados úteis?***

A resposta a essa questão é simples: ***depende.***

Sim, depende de tantos fatores

Direitos reservados

que não é possível estabelecer uma regra generalizada. O jeito é aplicar o ***bom senso.*** Deve-se analisar cada caso, levar em consideração todos os fatores envolvidos, e agir de acordo.

Mas, em qualquer medição existem ***3 fatores*** que contribuem para o desvio entre o valor obtido e o valor correto. São eles: ***erro do operador, erro do instrumento e erro do próprio circuito.***

Erro do operador

O erro do operador pode acontecer por duas razões: ***imperícia e negligência.***

A imperícia se caracteriza pelo não conhecimento das regras básicas de operação do instrumento de medição e/ou do procedimento. Este tipo de erro deve ser evitado pelo estudo atencioso do manual de operação do instrumento. O manual de operações traz todas as informações e indicações necessárias para o correto uso do instrumento.

Quanto à ***negligência,*** ela ***se caracteriza pela não observância das regras ou procedimentos indicados no manual de operações.*** Por exemplo: esquecer de ajustar o zero nas medições com o ohmímetro, olhar o ponteiro de lado em vez de olhar bem de cima ou bem de frente, não estabelecer o contato devido entre as pontas de prova e o circuito que se está medindo, etc.

Erro do instrumento

O erro provocado pelo instrumento pode ter origem de duas maneiras: ***mau funcionamento ou pelas suas próprias características.***

O ***mau funcionamento*** é evidente que produz resultados imprecisos. Para evitá-los é necessário ***fazer verificações periódicas*** no instrumento. Isto é, deve-se ter ***"padrões" para aferir a calibração*** do instrumento, de modo que se possa fazer a verificação periódica ou sempre que surgir dúvidas.

Quanto ao ***erro provocado pelas características do instrumento,*** é um caso mais sutil, que ***exige conhecimentos mais aprofundados do operador.*** É preciso verificar se as características do instrumento e o circuito onde se vai fazer a medição, são compatíveis ou não. Veja que, neste caso, o instrumento pode estar bem calibrado, ser corretamente manuseado e, mesmo assim, o resultado conseguido ser falso porque não representa o que ocorre no circuito quando o instrumento de medição não estiver colocado. Um exemplo típico é a ***"carga"*** imposta ao circuito pelos ***voltímetros,*** principalmente os de ***baixa sensibilidade.*** Isto é, o instrumento pode ser preciso, a leitura feita de modo correto, mas a tensão lida não corresponde à realidade.

Erro do próprio circuito

O ***erro do próprio circuito*** é causado pela ***produção em grande quantidade*** dos circuitos, o que não permite uma aferição individual de cada componente, e também pelas características dos próprios componentes.

Mas, ***o avanço da tecnologia permite obter componentes cada vez melhores.*** Por exemplo: os resistores. Antigamente, a tolerância normal de qualquer resistor era de ± 20%, isto é, seu valor podia variar tranquilamente desde −20% até +20% em relação ao seu valor nominal. Esta variação permitida foi caindo com o passar do tempo. Passou de ±10% para ±5%, e hoje em dia já se encontra com relativa facilidade resistores fabricados em grande quantidade com tolerância de ±2%.

Outro fator importante a considerar é a ***alteração dos valores segundo as variações climáticas,*** e devido ao envelhecimento. O fator climático mais importante é a ***temperatura,*** e em menor extensão a umidade e a pressão atmosférica.

Em resumo, considerando todos estes fatores mencionados, ***uma variação de ±10% entre o valor lido pelo instrumento, e o valor indicado como correto pelo fabricante é perfeitamente aceitável.***

Esporadicamente encontram-se casos em que a precisão exigida é de 50 ppm ou mesmo 10 ppm (ppm = partes por milhão). Isto é, em cada milhão de partes, permite-se um erro de ± 50 partes ou ± 10 partes. Um exemplo típico destes casos é a determinação da freqüência de um transmissor de rádio. Então, uma emissora cuja freqüência seja de 10 MHz,isto é, 10 milhões de hertz, pode ter uma variação de ±100Hz (Verifique:

$$\frac{100\ \text{Hz}}{10\ \text{milhões Hz}} = \frac{10\ \text{partes}}{1\ \text{milhão de partes}}\ ).$$

A freqüência pode ir de 9 999 900 Hz a 10 000 100 Hz. Percentualmente isto dá 0,001%, pois $\frac{0{,}001}{100} = \frac{10}{1\,000\,000}$

Apêndice-Interruptores e Comutadores

1-Interruptores

O interruptor é um dispositivo que permite, facilmente, fazer ou desfazer uma ligação entre circuitos elétricos, condutores ou componentes de um circuito.

Existem vários tipos de interruptores nos equipamentos eletrônicos. Alguns deles serão aqui descritos.

Um interruptor simples consiste, fundamentalmente, de um contato móvel e um contato fixo. Os dois contatos precisam ser bons condutores de eletricidade.

Para fazer uma ligação, o contato móvel deve tocar a superfície do contato fixo. Quando os ***dois contatos*** estão ***unidos,*** diz-se que o ***interruptor*** está ***fechado.***

Para desfazer uma ligação, o contato móvel deve ser separado do contato fixo. Quando os ***dois contatos*** estão ***separados,*** diz-se que o ***interruptor*** está ***aberto.***

Os termos empregados em relação aos circuitos elétricos são "ligar" e "desligar". Quando o ***interruptor*** está ***fechado***, o ***circuito*** está ***ligado.*** Quando o ***interruptor*** está ***aberto,*** o ***circuito*** está ***desligado.***

1.1 – INTERRUPTORES TIPICOS

A figura 1 mostra vários tipos de interruptores.

O primeiro interruptor, mostrado na figura 1 (a), chama-se ***chave de faca dupla,*** reversível. Este interruptor recebe este nome, pois os seus dois contatos móveis são parecidos com a lâmina de uma faca. Este interruptor chave de faca dupla, consiste de dois interruptores separados, e um cabo feito com material isolante, que é fixado nos dois contatos móveis. Os contatos móveis podem ser girados pelo cabo, para fazer a ligação com qualquer um dos dois pares de contatos fixos.

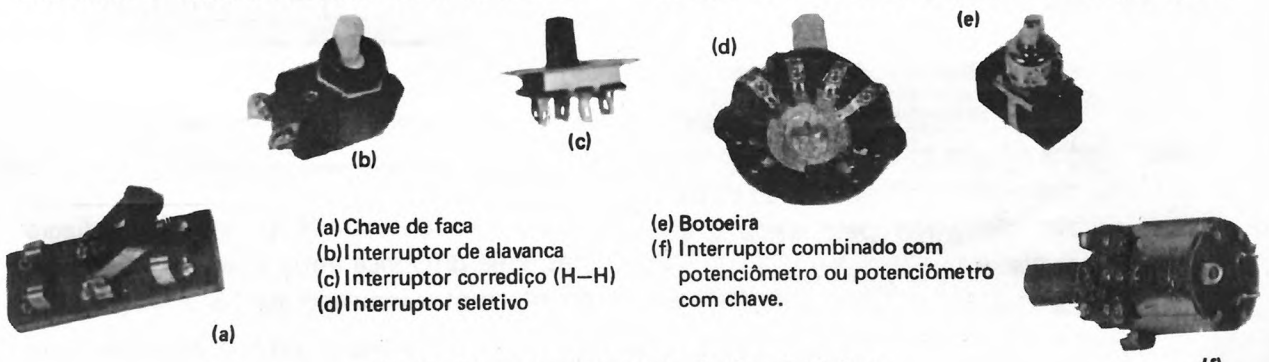
Para "fechar" ou "abrir" o ***interruptor de alavanca,*** mostrado na figura 1 (b), basta mover o cabo da alavanca num sentido ou noutro.

A figura 1 (c) mostra o ***interruptor corrediço,*** que também é conhecido pelo nome de ***interruptor deslizante.*** Para "abrir ou "fechar" este tipo de interruptor, basta fazer o cabo correr num sentido ou noutro. Outro nome bastante difundido para este tipo de interruptor é ***"H–H".***

O ***interruptor seletivo*** mostrado na figura 1 (d), funciona com o movimento giratório de seu eixo. Para realizar este movimento, normalmente usa-se um botão fixado ao eixo. Este tipo de interruptor é também chamado de ***chave de ondas ou comutador,*** ou ainda de ***chave seletora.***

A ***botoeira***, mostrada na figura 1 (e), é um interruptor que funciona pressionando-se o seu botão. Pressionando-se o botão uma vez seus contatos se fecham. Pressionando-se outra vez seus contatos se abrem. Existem também as botoeiras de contato momentâneo, nas quais os contatos se fecham somente enquanto o botão estiver pressionado. Soltando-se o botão os contatos se abrem.

O ***interruptor combinado,*** mostrado na figura 1 (f), tem duas ou mais divisões. A parte que corresponde ao interruptor propriamente dito, está situado na extremidade oposta ao botão. O mesmo eixo que opera



(a) Chave de faca
(b) Interruptor de alavanca
(c) Interruptor corrediço (H–H)
(d) Interruptor seletivo
(e) Botoeira
(f) Interruptor combinado com potenciômetro ou potenciômetro com chave.

Fig. 1 – Interruptores usados em circuitos eletrônicos.

o interruptor, também aciona uma outra parte, que exerce a função de controle de volume, ou controle de intensidade luminosa. O interruptor combinado é também chamado de ***potenciômetro com chave.*** Normalmente, este tipo de interruptor está combinado com o controle de volume dos rádios ou televisores. Nestes casos, quando o interruptor está combinado com o controle de volume, ele é acionado da seguinte maneira: para ligar, basta girar o eixo no sentido dos ponteiros do relógio, que também é o mesmo sentido para aumentar o volume; para desligar, é só girar o eixo no sentido anti-horário (contrário ao movimento dos ponteiros de um relógio), que também é o sentido para a diminuição do volume. Outra combinação é a do potenciômetro com uma botoeira. O interruptor seria acionado puxando (ou empurrando) o botão de comando. Neste caso, pode-se ligar e desligar sem mudar a posição do controle de volume.

Em outros aparelhos, como os osciloscópios por exemplo, o potenciômetro anexo pode ser utilizado para controlar a intensidade luminosa do feixe.



Fig. 2 — Muitos aparelhos de TV apresentam o interruptor combinado ou potenciômetro com chave.

Todos os diferentes tipos e formas de interruptores, funcionam fundamentalmente da mesma maneira que os descritos neste apêndice.

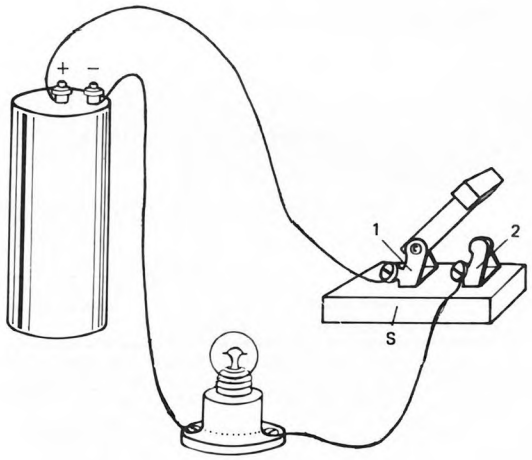
Os interruptores podem ser classificados de acordo com o número de circuitos que podem influenciar. Os tipos mais simples são: ***interruptor unipolar*** e ***interruptor bipolar.***

Adota-se, em geral, a seguinte distinção entre interruptor e comutador: ***interruptor é aquele que simplesmente liga ou desliga um circuito (unipolar) ou vários circuitos (multipolar); enquanto que um comutador dá a possibilidade de se escolher o circuito com o qual vai se fazer contato, entre duas ou mais possibilidades.*** Os comutadores também podem ser unipolar, bipolar, ou multipolar.

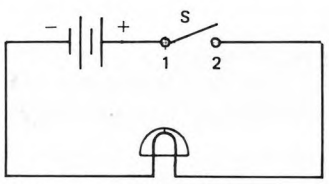
1.2 — INTERRUPTOR UNIPOLAR

Interruptor unipolar é aquele tipo de interruptor que influencia somente um lado do circuito.

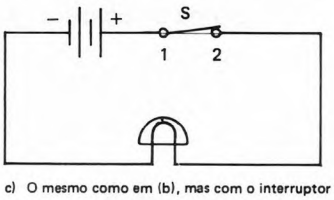
A figura 3 apresenta o desenho de um circuito com um interruptor unipolar, que neste caso é do tipo "chave de faca".



a) Aparência dos elementos do circuito.



b) Diagrama esquemático equivalente.



c) O mesmo como em (b), mas com o interruptor fechado.

Fig. 3 — Circuito com interruptor unipolar.

A figura 3 apresenta dois diagramas, cuja diferença entre eles está na posição do interruptor indicado por "S".

Na figura 3 (b), o diagrama representa exatamente o circuito desenhado em

3(a). Como o contato móvel (1) do interruptor está separado do contato fixo (2), o interruptor está aberto e o circuito desligado. É exatamente isso que o diagrama 3 (b) está mostrando, não unindo os pontos 1 e 2.

Na figura 3 (c), o diagrama representa o mesmo circuito, porém, com o interruptor "S" fechado e o circuito, logicamente, ligado.

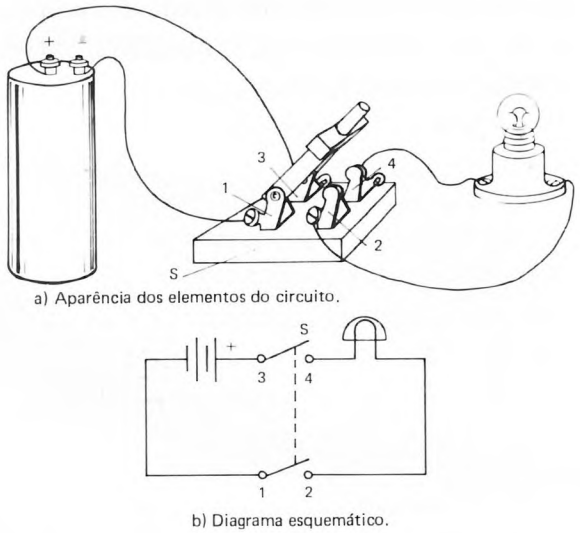
O ***símbolo*** usado para representar o interruptor ***"S"***, pode também representar qualquer tipo de ***interruptor unipolar.***

Para que você compreenda melhor o sentido da palavra ***"unipolar"*** no nome deste interruptor, observe que ele liga ou desliga do circuito somente ***um polo*** da bateria (em geral o polo positivo).

1.3 – INTERRUPTOR BIPOLAR

O ***interruptor bipolar*** é constituido por dois interruptores separados um do outro, mas que são comandados por um mesmo cabo, para que possam ser ligados ou desligados ao mesmo tempo.

A figura 4 apresenta o desenho e o diagrama de um circuito com interruptor bipolar.



a) Aparência dos elementos do circuito.

b) Diagrama esquemático.

Fig. 4 – Circuito com interruptor bipolar.

Observe na figura 4, que uma parte do interruptor bipolar liga os pontos 1 e 2, enquanto que outra parte liga os pontos 3 e 4. A linha tracejada que aparece no diagrama, entre os contatos móveis, representa o único cabo que comanda simultaneamente as duas "facas".

Note, também, que o ***interruptor bipolar*** pode ***ligar*** ou ***desligar*** os ***dois polos da bateria,*** ou ***dois lados de um circuito.***

Além desse caso apresentado na figura 4, o interruptor bipolar pode ser também utilizado para ligar ou desligar dois circuitos separados.

1.4 – MICRO-INTERRUPTORES E BOTOEIRAS

Outros tipos de interruptores largamente utilizados, são mostrados na figura 5.



(a) (b)

(a) Micro-interruptor (b) Botoeira

Fig. 5 – Micro-interruptor e botoeira.

Na figura 5 (a) é mostrado um micro-interruptor, que em inglês é chamado de "microswitch". O ***micro-interruptor*** é utilizado como um ***dispositivo de proteção,*** funcionando de maneira a desligar a corrente elétrica quando se abre a tampa de um aparelho. Ele também pode ser utilizado em aplicações de contar, sinalizar, limitar e muitas outras. Sua construção é tal que uma ligeira pressão na lâmina da mola, basta para fechar os seus contatos.

Na figura 5 (b) é mostrada uma ***botoeira,*** que também é chamada de ***interruptor de botão de pressão.*** Como o seu próprio nome indica, o interruptor funciona quando se aperta o botão. Quando o interruptor está em sua posição normal de repouso, alguns pares de contatos podem estar normalmente abertos, e alguns pares podem estar normalmente fechados. Algumas botoeiras ficam na posição calcada depois de afrouxar o botão (tipos de trava); outras voltam para a posição original (tipos sem trava), logo que se afrouxa o botão. Este último tipo é também conhecido com o nome de ***interruptor de contato momentâneo.***

Existem também ***botoeiras de seções múltiplas.*** Estas são mais conhecidas como ***comutadores (ou chaves) de teclado.***

Direitos reservados

Neste tipo de botoeira, pode-se calcar uma tecla, e a tecla calcada fica travada nesta posição até que outro botão seja calcado. No momento que se calca um outro botão, a tecla que se encontrava calcada salta automaticamente, voltando para a sua posição inicial. As seções desta chave são, então, dependentes. Isto é, para se destravar uma tecla é necessário calcar outra tecla. Todavia, existem chaves de teclado com seções independentes. Nestas, pressionando-se a tecla uma vez ela fica caldada. Para se destravá-la, pressiona-se mais uma vez a mesma tecla.

1.5 – INTERRUPTORES ESTRAGADOS

A maioria dos ***estragos*** ou ***avarias*** em interruptores são causados por ***contatos queimados, quebrados, corroídos*** ou ***sujos.***

Os ***contatos podem ser limpos,*** aplicando um líquido especial de limpeza. No comércio existem vários tipos de solução, especialmente preparadas para tal finalidade. Na sua falta use, de preferência, ***benzina.*** Algumas vezes utiliza-se o ***tetracloreto de carbono*** para a limpeza dos contatos, mas deve ser evitado por se tratar de uma substância altamente ***tóxica.*** Alguns fabricantes de equipamentos e interruptores recomendam processos especiais para a limpeza dos contatos das chaves. Essas recomendações devem sempre ser obedecidas. Em alguns casos, desaconselham-se rigorosamente o uso de quaisquer líquidos de limpeza, sendo que nestes casos, a substituição completa do interruptor é a única reparação que merece confiança.

O ***superaquecimento dos contatos,*** ao fazer ligações soldadas, pode causar desarranjos, pois os contatos são feitos de um metal especialmente elástico, e um superaquecimento pode alterar e estragar a estrutura elástica do metal. Isto é, o ***superaquecimento pode fazer os contatos perderem seus efeitos de mola,*** resultando em breve um mau contato na ligação. É óbvio que toda operação de soldagem em interruptores e comutadores devem ser feitas com todo cuidado para evitar deixar ***partículas de solda*** soltas, pois elas podem provocar ***curto-circuito.***

Os ***discos de baquelite ou de cerâmica*** são quebradiços. Portanto, deve-se evitar puxar os fios que se encontrarem ligados aos terminais de um interruptor. Em alguns interruptores é possível a substituição só do disco. Mas, como não existe à venda somente os discos, é aconselhável trocar a chave inteira.

Ao substituir um interruptor ou uma chave, deve-se sempre obter um ***substituto exatamente igual ao original,*** especialmente quando se tratar de tipos mais complexos. Quando for impossível obter uma substituição exatamente igual ao original, deve-se pelo menos atender a parte elétrica, isto é, deve ser adequado à voltagem e à corrente admissíveis, além de ter a mesma disposição dos contatos. Recomenda-se ***marcar os fios,*** quando forem desligados do velho interruptor, para saber exatamente a sua posição nos contatos do novo interruptor.

2-Comutadores

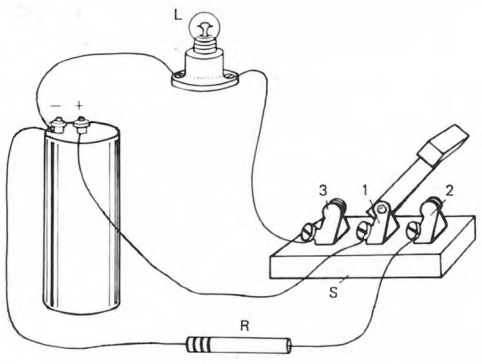
No capítulo anterior, quando fizemos a comparação entre os comutadores e os interruptores, vimos que o comutador é um dispositivo que permite cortar a ligação de um circuito, e escolher qual a nova ligação a ser feita.

> Os comutadores são também chamados de chaves seletoras, exatamente por causa dessa capacidade que eles apresentam de poder selecionar os circuitos a serem ligados.

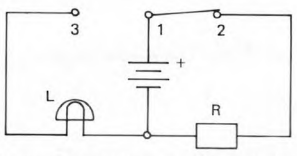
Neste capítulo iremos estudar mais detalhadamente os comutadores.

2.1 – COMUTADOR UNIPOLAR DE DUAS POSIÇÕES

Para que você possa entender o que é e como funciona um comutador unipolar de duas posições, vamos considerar o circuito ilustrado na figura 6.



a) Aparência do circuito com o comutador aberto.



b) Diagrama esquemático com o comutador fechado.

Fig. 6 – Circuito com comutador unipolar de duas posições.

Direitos reservados

O comutador da figura 6, indicado pela letra "S", apresenta 3 contatos: ***um móvel*** (1) e ***dois fixos*** (2 e 3). O contato móvel encontra-se ligado ao terminal positivo da bateria, e só pode ligar-se a um dos contatos fixos de cada vez.

Quando o contato móvel (1) liga-se ao contato fixo (3), temos um circuito fechado, onde a corrente proveniente da bateria passa pela lâmpada. Por outro lado, quando o contato móvel estiver ligado ao contato fixo (2), teremos outro circuito fechado, só que desta vez a corrente elétrica passará pela resistência R.

Neste circuito, o terminal negativo da pilha encontra-se permanentemente ligado tanto à lâmpada como à resistência. A ligação com o terminal positivo da pilha é feito através do contato móvel do comutador.

Como você mesmo pode concluir, ***o comutador dá a possibilidade de se escolher o circuito que se pretende ligar.*** Enquanto que um interruptor, simplesmente permite que se ligue ou desligue circuitos, não permitindo que se faça uma escolha entre os circuitos disponíveis.

Comutador unipolar é aquele que apresenta o contato móvel ligado a um ponto do circuito, e que permite fazer a ligação com vários circuitos, através de contatos fixos.

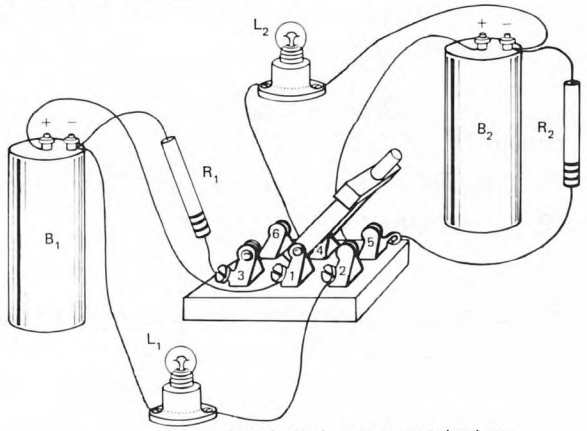
Com a chave de faca mostrada na figura 6, é possível deixar o contato móvel numa ***posição média,*** de tal forma que ***nenhum dos circuitos fiquem ligados.*** Porém, em muitos outros tipos de comutadores isso não é possível, pois apresentam uma mola interna que mantém o contato móvel permanentemente ligado a um dos contatos fixos.

Um exemplo de comutador que ***não permite desligar todos os contatos ao mesmo tempo, é o comutador de chave deslizante ou H–H.***

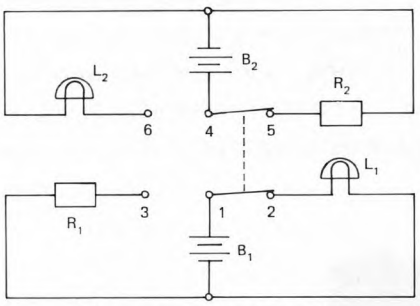
2.2 – COMUTADOR BIPOLAR DE DUAS POSIÇÕES

O comutador bipolar consiste de dois comutadores unipolares, montados mecanicamente num conjunto, e comandados ao mesmo tempo por um único cabo. Eletricamente, os dois comutadores unipolares são isolados entre si.

A figura 7 mostra como um comutador bipolar de duas posições pode ser utilizado para controlar dois circuitos separados, podendo cada um deles ser ligado de uma ou de outra maneira.



a) Aparência do circuito com o comutador aberto.



b) Diagrama esquemático com o comutador fechando os contatos 1–2 e 4–5.

Fig. 7 – Circuito com comutador bipolar de duas posições.

Pela figura 7, podemos observar que o ***contato móvel 1*** pode fazer uma ligação com o ***contato fixo 3, ao mesmo tempo*** que o ***contato móvel 4*** faz a ligação com o ***contato fixo 6.*** Mas também podemos colocar o cabo de comando na posição à direita. Se isto for feito, o ***contato móvel 1*** será ligado ao ***contato fixo 2, ao mesmo tempo*** que o ***contato móvel 4*** será ligado ao ***contato fixo 5.***

Com relação às baterias, poderemos ter as seguintes situações:

Direitos reservados

a) - a bateria B_1 pode ser ligada à resistência R_1 ou à lâmpada L_1, dependendo da posição do contato móvel.

b) - a bateria B_2 pode ser ligada à resistência R_2 ou à lâmpada L_2, dependendo da posição do contato móvel.

Com relação às correntes elétricas, poderemos ter as seguintes situações:

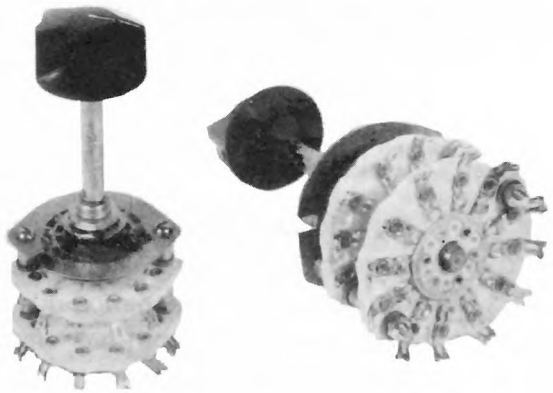
a) - quando os contatos móveis estiverem ligados à direita, no circuito alimentado pela bateria B_2 passará corrente pela resistência R_2, enquanto que no circuito alimentado pela bateria B_1 a lâmpada L_1 acenderá. O diagrama da figura 5 representa exatamente esta situação.

b) - quando os contatos móveis estiverem ligados à esquerda, no circuito alimentado pela bateria B_2 a lâmpada L_2 acenderá, enquanto que no circuito alimentado pela bateria B_1 passará corrente através da resistência R_1.

Observe que neste comutador a chave de faca também pode ser colocada numa ***posição média ou neutra, sem fazer contato*** com qualquer dos dois lados.

2.3 — COMUTADORES SELETIVOS GIRATÓRIOS

A figura 8 apresenta um ***comutador seletivo giratório bipolar*** de onze posições, do tipo ***"sem curto-circuito".*** Este comutador é também chamado de ***chave seletora*** ou ***chave de ondas,*** de 2 polos e 11 posições.



(a) Vista de frente. **(b) Vista posterior.**

Fig. 8 — Comutador seletivo giratório de 2 polos e 11 posições.

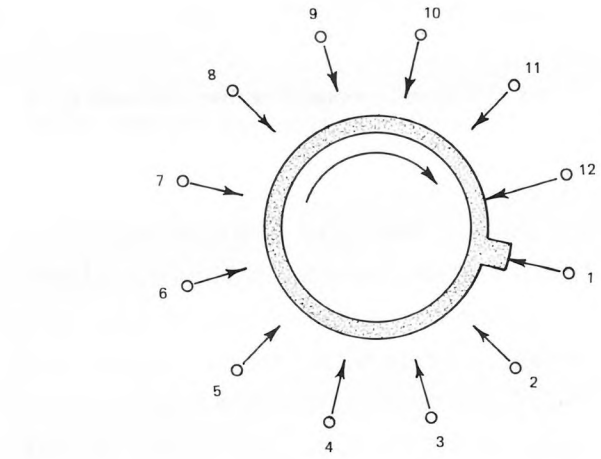
As características desse comutador apresentado na figura 8, são as seguintes:

1. - A razão para o nome ***"seletivo giratório"*** é evidente: quando se gira o botão, ***o eixo é girado para selecionar as ligações.***
2. - Existem ***duas seções*** no comutador. Uma seção encontra-se na frente do disco que é feito de material isolante, sobre o qual os contatos são cravados, conforme está mostrado na figura 8 (a). A outra seção encontra-se atrás do disco, conforme é mostrado na figura 8 (b). Cada seção é completamente independente da outra, exceto que os contatos móveis de ambas as seções são acionados ao mesmo tempo. ***Cada seção corresponde a um polo.***
3. - O seu funcionamento é o seguinte: nota-se pela vista posterior, figura 8 (b), que a ***pastilha*** é formada por uma ***coroa de material isolante,*** e em seu ***centro gira um disco*** que também é feito de material isolante. Em volta da ***coroa estão rebitados os terminais.*** Junto com o disco existe um anel metálico. Um dos terminais é mais comprido ***(terminal longo),*** e está sempre em contato com o anel metálico preso ao disco central. O ***anel metálico*** dispõe de uma ***lingueta ou cursor,*** em posição adequada, de modo que vai fazendo ***contato*** com cada um dos ***terminais curtos,*** à medida que o disco for girado através do botão de controle. Então, em cada posição de parada, determinada por um ***ressalto, apenas um dos terminais curtos faz contato com o terminal longo.*** O mesmo também acontece na parte frontal da pastilha.
4. - Este comutador tem ***onze posições.*** Visto que cada seção é uma seção unipolar, ***o terminal longo de cada seção pode fazer contato com os outros onze terminais curtos*** pertencentes à sua seção. Um dispositivo de ***frenagem,*** formado por uma esfera de aço sob pressão de uma mola, determina a ***posição de cada parada.*** É necessário exercer uma pequena força, para girar o comutador de uma posição para outra. Evidentemente, visto que existe um só disco, com um anel em cada face, ***as duas seções ou os dois polos do comutador são acionados simultaneamente.***
5. - A expressão ***"sem curto-circuito"*** tem o seguinte significado: quando se gira o botão de uma posição para outra, ***a lingueta***

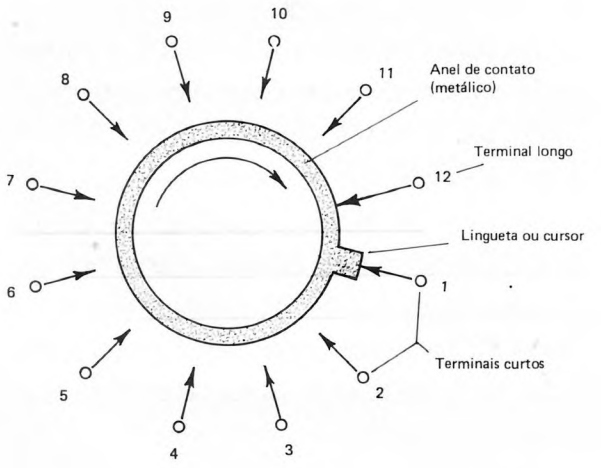
Direitos reservados

do anel metálico desliga-se completamente do contato da primeira posição, antes de entrar em novo contato. Isto é, se a lingueta está em contato com um terminal, e então é girado para o próximo, desliga-se completamente do primeiro terminal antes de fazer contato com o outro terminal.

A figura 9 apresenta dois esquemas, que representam as duas seções do comutador da figura 8.



Seção de frente



Seção posterior

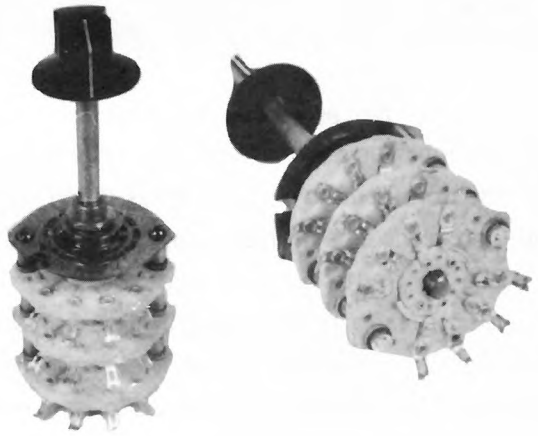
Fig. 9 — Símbolo esquemático representando as 2 seções do comutador da figura 8.

2.4 — COMUTADOR "COM CURTO-CIRCUITO"

Existem comutadores ***"com curto-circuito".*** Este tipo de comutadores têm a ***lingueta bastante larga,*** de modo que durante a passagem de uma posição para outra, fazem ***contato simultâneo com 2 terminais:*** o terminal da posição que está deixando e o terminal da posição para onde está indo.

Em outras palavras, nos comutadores "com curto-circuito" a lingueta é tão larga que durante a comutação de uma posição para a seguinte, faz contato com o próximo terminal antes de desfazer o contato com o terminal anterior. Mas, uma vez que o comutador esteja em sua ***nova posição, a lingueta faz contato somente com o novo terminal.***

A figura 10 mostra outro comutador seletivo giratório, porém, este é do tipo "com curto-circuito". Ele tem três pastilhas, de seis polos e de três posições. Neste comutador há somente uma seção em cada pastilha.



(a) Vista de lado (b) Vista posterior

Fig. 10 — Comutador seletivo giratório de três discos ou pastilhas, 6 polos e 3 posições.

Neste comutador da figura 10, o anel giratório de contato é formado por 2 segmentos separados e isolados entre si. Cada ***disco*** é formado por ***dois comutadores unipolares*** de três posições. A lingueta de contato móvel em cada segmento do anel giratório tem largura suficiente para fazer contato com dois terminais, quando está entre duas posições de contato.

O número de combinações possíveis nos comutadores seletivos giratórios é bastante grande.

2.5 – SÍMBOLOS GRÁFICOS DE COMUTADORES.

Vimos na figura 9 uma representação esquemática do comutador seletivo giratório bipolar de duas seções e onze posições, mostrado na figura 8. Os ***contatos para cada seção foram desenhados num círculo,*** numa disposição semelhante à do próprio comutador. Como aquele comutador apresentava duas seções, foram feitas então duas representações: uma da seção de frente e outra da seção posterior.

Todos os comutadores podem ser representados por símbolos esquemáticos, que indiquem as suas seções e suas posições.

No esquema, o comutador será sempre mostrado em sua posição máxima, no sentido contrário ao dos ponteiros de um relógio, conforme está indicado na figura 9. Tanto a seção de frente como a seção posterior de um disco, serão mostradas como se apresentam numa vista direta, ou seja, olhando pelo lado do botão de controle. A seção de frente da pastilha é desenhada tal como se vê, enquanto que a seção de trás é desenhada, como se veria se a pastilha fosse transparente.

A ***seta curva*** colocada no centro do esquema, indica o ***sentido em que é girado o comutador*** a partir de sua posição inicial.

No diagrama esquemático de um comutador unipolar, basta constar a numeração dos terminais. A ***posição do cursor*** deve corresponder à ***posição inicial,*** a posição máxima em sentido anti-horário (contrário ao movimento dos ponteiros de um relógio).

A diferença entre os comutadores "com curto" e "sem curto", é indicada pela largura das linguetas (compare as figuras 11 e 9).

No diagrama de um comutador de diversas seções é preciso constar a numeração dos terminais.

O símbolo esquemático para uma seção do comutador apresentado na figura 10, é mostrado na figura seguinte.

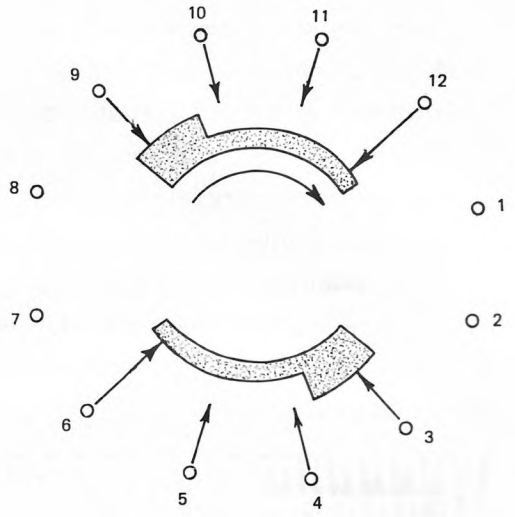


Fig. 11 – Símbolo esquemático para uma seção do comutador da figura 10, representando uma vista de frente.

Na figura 11 o comutador é mostrado na sua posição máxima anti-horária (contrária ao movimento dos ponteiros de um relógio). A seta curva mostra o sentido de rotação visto de frente. Observe que um dos ***cursores*** do centro pode ligar o terminal longo, nº 12, com os terminais números 9, 10 ou 11. Ao mesmo tempo, o cursor da outra metade do comutador pode ligar o terminal longo, nº 6, aos terminais números 3, 4 ou 5. A ***catraca está equipada com um ressalto ou batente,*** de modo que o eixo do comutador não possa ser girado além das três posições previstas.

Às vezes, os contatos de um comutador giratório são mostrados em linha reta num esquema, em vez do esquema circular. A figura 12 apresenta um esquema para o comutador da figura 8, onde os contatos estão colocados em linha reta.

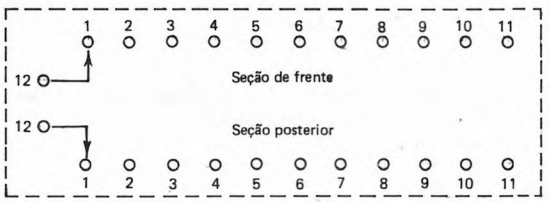


Fig. 12 – Símbolo esquemático para o comutador da figura 8, com os contatos dispostos em linha reta.

Exame

MEDIÇÕES EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA
Referência 009

Observações Para o Aluno

- Antes de responder as questões você deverá ter feito um estudo minucioso e completo desta lição.
- Agora, leia cada questão até compreender bem o que se pede.
- Cada questão apresenta várias soluções. Apenas uma solução é correta.
- Em cada questão indique a solução que você julgar correta e, a seguir, transcreva, com atenção, as suas respostas para a Folha de Respostas, anexa.

1. Um interruptor simples consiste em:
   a) uma lâmina isolada.
   b) um contato móvel e outro fixo.
   c) um potenciômetro.

2. Para ligar ou desligar um interruptor de alavanca deve-se:
   a) girar o interruptor para a direita.
   b) girar o interruptor para a esquerda.
   c) mover o cabo da alavanca em um ou outro sentido.

3. Um interruptor bipolar consta de:
   a) dois polos independentes.
   b) dois interruptores unipolares combinados.
   c) uma chave giratória.

4. O comutador unipolar inversor ou de duas posições:
   a) alimenta dois circuitos ao mesmo tempo.
   b) em cada posição alimenta um circuito diferente.
   c) mantém uma linha sempre ativa.

5. Com uma chave seletora giratória, o número de combinações possíveis é:
   a) uma b) três c) quase ilimitado.

6. Ao fazer qualquer medição com o multímetro em um circuito elétrico:
   a) verificar se as pontas de prova são adequadas.
   b) tomar as precauções de segurança e muita atenção.
   c) ligar as pontas de prova antes de tudo.

7. Quando se deseja medições de alta precisão deve-se usar:
   a) a menor escala do multímetro.
   b) a maior escala do multímetro.
   c) a menor escala compatível com a grandeza a ser medida.

8. Ao medir um circuito de corrente contínua e o ponteiro desviar para a esquerda, significa que:
   a) as polaridades estão corretas.
   b) a polaridade é oposta à verdadeira.
   c) voltagem zero.

9. Antes de medir resistências com o multímetro deve-se:
   a) ajustar o ponteiro no zero do medidor.
   b) regular para máxima amperagem.
   c) usar a escala de 1 000 volts.

10. O multímetro na posição para medir voltagem CC deve:
    a) ser ligado em paralelo com o circuito, entre os pontos onde se quer medir a tensão.
    b) ser ligado em paralelo com o circuito, entre 2 pontos quaisquer.
    c) ser ligado em série com o circuito.

11. O multímetro na posição para medir corrente contínua deve:
    a) ser ligado em paralelo com o circuito.
    b) ser ligado antes do circuito.
    c) ser ligado em série com o circuito.

12. Quando se deseja medir a resistência entre 2 pontos de um circuito:
    a) a potência do circuito deve estar ligada.
    b) a potência do circuito deve estar desligada e todos os capacitores descarregados.
    c) basta desligar a potência do circuito.

13. Nas medições de correntes até 50 μ A ou tensões CC até 250 mV:
    a) o instrumento está protegido por um fusível.
    b) o galvanômetro trabalha direto, sem resistências protetoras.
    c) o galvanômetro trabalha protegido por uma grande resistência em paralelo.

14. Uma leitura de 18, com o seletor de alcances na posição R x 100 indica:
    a) uma voltagem de 1 800 v.
    b) uma corrente de 1 800 mA.
    c) uma resistência de 1 800 ohms.

15. Para se medir uma resistência de 1 kΩ, o seletor de escalas deve ser posto na posição:
    a) R x 100
    b) R x 10
    c) R x 1

16. Quando o ponteiro desviar para a esquerda do zero, em qualquer condição:
    a) significa que o circuito foi desligado antes da hora.
    b) deve-se inverter as posições das pontas de prova.
    c) deve-se escolher uma posição de alcance menor.

17. O anel de contato com o cursor longo serve:
    a) para melhorar o contato com os terminais.
    b) para permitir a passagem de uma corrente maior.
    c) para provocar um curto entre 2 terminais adjacentes durante a comutação.

18. Num comutador de 3 polos e 11 posições:
    a) todos os terminais são iguais.
    b) deve existir 3 terminais longos e 33 curtos.
    c) deve existir 3 terminais curtos e 33 longos.