

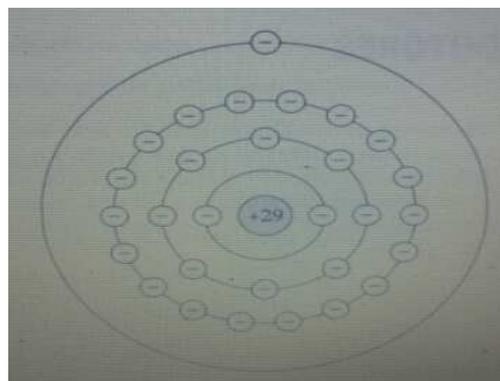
INTRODUÇÃO

. As antigas embarcações que eram chamadas de caravelas tinham suas navegações orientadas por fenômenos naturais. Um sistema precário de navegação conduzia as viagens, fazendo que os navegadores da época saíssem de suas rotas e passagem por momentos tempestuosos. Essas eram as situações rotineiras que comumente as embarcações presenciavam. Com os avanços tecnológicos e os tratados entre as principais potências marítimas, a eletrônica foi ancorada nas atividades marítima com o intuito de minimizar os riscos pertinentes e maximizar a operacionalidade do setor. Hoje, ela é fator essencial nas operações das embarcações. Entretanto o conhecimento dos componentes e circuitos eletrônicos faz-se necessário aos profissionais marítimos contemporâneo. Uma compreensão das características dos condutores e semicondutores é requisito obrigatório para entendermos a funcionalidade de cada dispositivo e circuito que são aplicados nos navios, plataformas e rebocadores *offshore*.

1 Condutores

O cobre é um bom condutor. A razão é evidente quando observamos sua estrutura atômica na figura 1-1. O núcleo do átomo de cobre contém 29 prótons (cargas positivas). Quando um átomo de cobre tem uma carga neutra, 29 elétrons (cargas negativas) circulam o núcleo como os planetas em torno do sol. Os elétrons viajam em órbitas distintas (também chamadas de camadas). Existem dois elétrons na primeira órbita, 8 elétrons na segunda ,18 na terceira e 1 na órbita externa.

Figura 1-1: Órbita do Condutor



Órbitas Estáveis

O núcleo positivo atrai os elétrons planetários. A razão que impede esses elétrons de se chocarem com o núcleo é a força centrífuga (externa) criada pelo seu movimento circular. A força centrífuga é exatamente igual à força de atração do núcleo, de modo que a órbita fica estável. A idéia é similar ao satélite que órbita a terra. Com alta velocidade e com o valor certo, um satélite pode permanecer numa órbita estável na terra.

Quanto maior a órbita de um elétron, menor a atração do núcleo. Em uma órbita externa um elétron circula mais lentamente, produzindo uma força centrífuga menor. O elétron mais externo circula o núcleo muito lentamente e quase não sente sua atração.

Núcleo

Em eletrônica, tudo que importa é a órbita mais externa, também chamada **de órbita de valência**. Essa controla as propriedades elétricas do átomo. Para enfatizar a importância da órbita de valência, definimos o núcleo de um átomo como núcleo dos prótons com todas as órbitas internas. Para um átomo de cobre, seu núcleo envolve os 29 prótons mais seus 28 elétrons das órbitas interiores.

O núcleo de um átomo de cobre tem uma carga líquida de +1 porque ele contém 29 prótons e 28 elétrons nas órbitas interiores. O elétron de valência está na maior órbita em torno do núcleo e tem uma carga líquida de +1. Por isso, a atração sentida pelo elétron de valência é muito baixa.

Elétron Livre

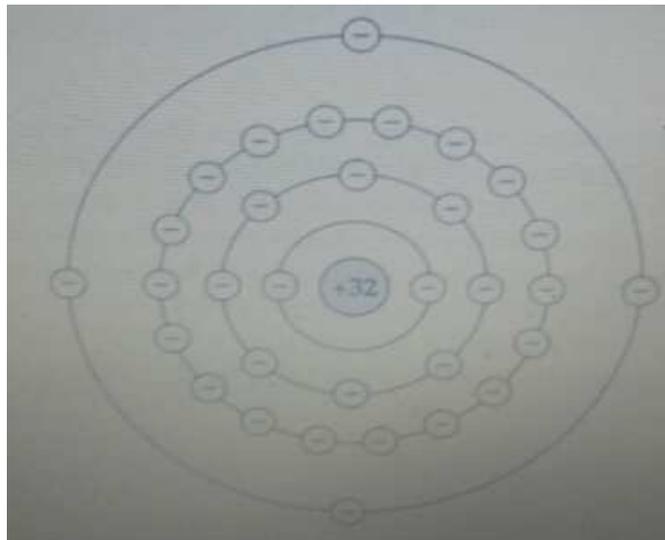
Como a atração entre o núcleo e o elétron de valência é muito fraca, uma força externa pode deslocar facilmente esse elétron do átomo de cobre. É por isso que sempre chamamos o elétron de valência de elétron livre. É por isso também que o cobre é um bom condutor. O menor valor de tensão pode fazer os elétrons livres se deslocarem de um átomo para o próximo. Os melhores condutores são prata, cobre e ouro. Todos têm um diagrama do núcleo.

1-1 Semicondutores

O semicondutor é um elemento com propriedades elétricas entre o condutor e as do isolante. Como você pode estar pensando, os melhores semicondutores possuem quatro elétrons de valência. Os mais utilizados para essa finalidade são o **germânio e silício**. Um átomo isolado de silício tem 14 prótons e 14 elétrons. A primeira órbita contém 2 elétrons, e a segunda 8 elétrons.

Os quatro elétrons restantes estão na órbita de valência. Na figura 1-2 a o núcleo tem uma carga líquida de +4, porque ele contém 14 prótons no núcleo e 10 elétrons nas duas primeiras órbitas. A figura 1-3 b mostra o diagrama do núcleo de um átomo de silício. Os elétrons de valência informam que o silício é um semicondutor.

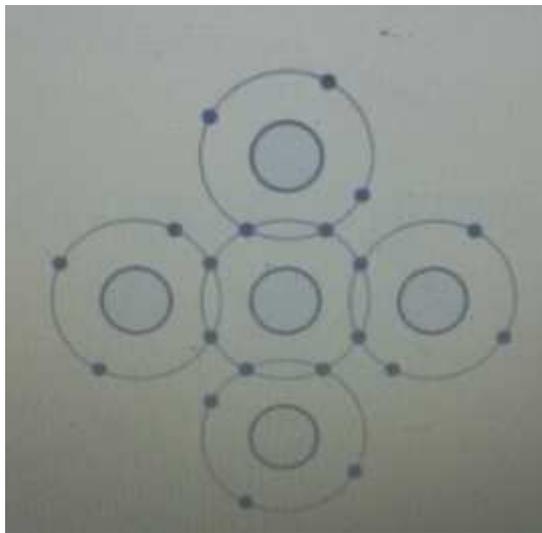
Figura 1-2: Órbita do Semicondutor



1-2 Cristais de Silício

Quando os átomos de silício combinam-se para formar um sólido, eles se organizam num padrão ordenado chamado de cristal. Cada átomo de silício compartilha seus elétrons com quatro átomos vizinhos de tal modo que passam a existir oito elétrons na sua órbita de valência. Conforme mostra a figura 1-3. Por exemplo: um átomo central com quatro vizinhos. Os círculos sombreados representam os núcleos de silício. Embora o átomo central tenha originariamente quatro elétrons na sua órbita de valência, ele agora passa a ter oito elétrons.

Figura 1-3: Cristal de Silício



Ligações Covalentes

Cada átomo vizinho compartilha um elétron com o átomo central. Desse modo ele passa a ter quatro elétrons adicionais, ficando com um total de oito elétrons na órbita de valência. Os elétrons não pertencem mais a nenhum átomo isolado. Cada átomo central e seus vizinhos compartilham seus elétrons. A mesma idéia é válida para todos os outros átomos de silício. Em outras palavras, cada átomo dentro do cristal de silício tem quatro vizinhos. Na figura 1-3 cada núcleo tem uma carga de + 4. Observe o átomo central e o outro à sua direita. Esses dois núcleos atraem o par de elétrons entre eles com forças iguais e opostas. A atração nas direções opostas é o que mantém os átomos de silício ligados. A idéia é parecida com dois grupos de pessoas num cabo de força. Enquanto os dois grupos puxam com forças iguais e opostas, eles permanecem ligados.

Como cada elétron compartilhado está sendo puxado no sentido oposto, o elétron torna-se uma ligação entre os núcleos opostos. Chamamos este tipo de ligação química de **ligação**

covalente. O modo mais simples de mostrar o conceito de ligações covalente. Em um cristal de silício, existem bilhões de átomos de silício, cada um com oito elétrons de valência. Os elétrons de valência são ligações covalentes que mantêm a estrutura do cristal que forma o sólido.

Saturação de Valência

Cada átomo em um cristal de silício tem oito elétrons na sua órbita de valência. Esses oito elétrons produzem estabilidade química que resulta num corpo sólido de material de silício. Não sabemos ainda, com certeza, por que as órbitas externas dos elementos possuem esta predisposição quando completam oito elétrons. Quando não há oito elétrons naturalmente num elemento, parece existir uma tendência para o elemento combinar e compartilhar elétrons com outros átomos de modo que se tenham oito elétrons na órbita mais externa.

Quando a órbita de valência tem oito elétrons, ela fica saturada, pois nenhum outro elétron pode se manter fixo nesta órbita. A órbita de valência não pode manter mais de oito elétrons. Além disso, os oito elétrons de valência são chamados de elétrons de ligação porque são fortemente atraídos pelos átomos. Em virtude dos elétrons de ligação, o cristal de silício é um isolante quase perfeito na temperatura ambiente, 25 °C, aproximadamente.

Lacuna

Quando o ambiente está acima de zero absoluto (- 273), o aquecimento deste ambiente provoca uma agitação no cristal de silício. Quanto maior a temperatura ambiente, maior a vibração mecânica. Quando pegamos num objeto aquecido, sentimos o efeito da vibração dos átomos.

Em um cristal de silício, as vibrações dos átomos podem ocasionalmente deslocar um elétron da órbita de valência. Quando isso acontece, o elétron liberado ganha energia suficiente para mudar para outra órbita mais externa. Nessa órbita o elétron torna-se um elétron livre. Mas isso não é tudo. A saída do elétron cria um vazio na órbita de valência chamado de **lacuna**. A lacuna comporta-se como uma carga positiva, pois a perda de um elétron produz um íon positivo. A lacuna vai atrair e capturar outro elétron imediatamente mais próximo. **A existência de lacunas é a diferença crítica entre os condutores e os semicondutores.** As

lacunas permitem aos semicondutores fazer muitas coisas impossíveis de conseguir com os condutores.

Na temperatura ambiente, a energia térmica produz apenas alguns elétrons livres. Para aumentar o número de lacunas e de elétrons livres, é preciso fazer um processo de dopagem do cristal.

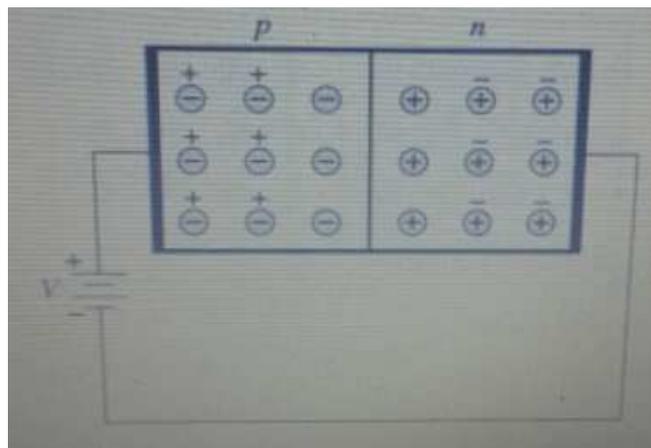
1-3 Semicondutores Intrínsecos

O semicondutor intrínseco é um semicondutor puro. O cristal de silício é um semicondutor intrínseco se cada átomo no cristal for um átomo de silício. Na temperatura ambiente, um cristal de silício age como um isolante porque tem apenas alguns elétrons livres e lacunas produzidas pela energia térmica.

Fluxo de Elétrons Livres

O cristal de silício entre placas metálicas carregadas. Suponha que a energia térmica tenha produzido um elétron livre e uma lacuna. O elétron livre está em uma órbita mais externa do lado direito do cristal. Como a placa está carregada negativamente, o elétron livre é repelido para o lado esquerdo. Esse elétron livre pode mover-se de uma órbita para a próxima até alcançar a placa positiva.

Figura 1-4



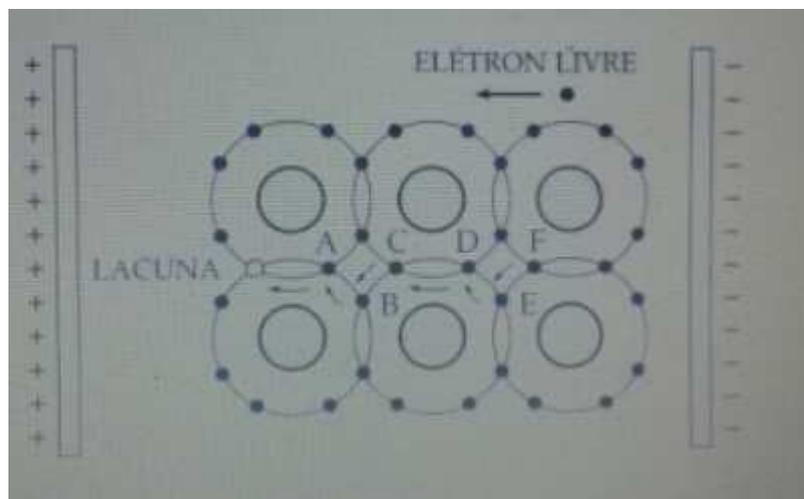
Fluxo de Lacunas

A lacuna a esquerda figura 1-5. Essa lacuna atrai o elétron de valência do ponto A. Isso faz o elétron de valência mover-se para a lacuna.

Quando o elétron de valência do ponto A move-se para a esquerda, ele cria uma lacuna no ponto A. O efeito é o mesmo que mover a lacuna original para a direita. A nova lacuna no ponto A pode atrair e capturar outro elétron de valência.

Desse modo, os elétrons de valência podem viajar ao longo do caminho mostrado pelas setas. Isso significa que a lacuna pode mover-se no sentido oposto, ao longo do caminho A-B-C-D-E-F, funcionamento do mesmo modo que uma carga positiva.

Figura 1-5: Fluxo de Lacuna



1-4 Dois Tipos de Fluxos

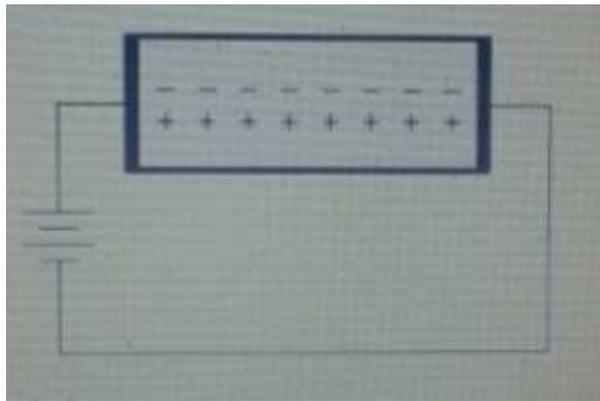
A figura 1-6 mostra um semicondutor intrínseco. Ele tem o mesmo número de elétrons livres e lacunas. Por isso, **a energia térmica produz elétrons livres e lacunas aos pares**. A tensão aplicada forçará os elétrons livres a circular para o lado esquerdo e as lacunas, para o lado direito. Quando os elétrons livres alcançam o lado final esquerdo do cristal, eles passam para o fio externo e circulam para o terminal positivo da bateria.

Por outro lado, os elétrons livres do terminal negativo da bateria circulam para o final direito do cristal. Nesse ponto, eles entram no cristal e recombina-se com as lacunas até alcançarem o final direito do cristal. Desse modo, um fluxo estável de elétrons livres e lacunas ocorre dentro do semicondutor. Observe que não existe fluxo de lacunas fora do semicondutor.

Na figura 1-6, os elétrons livres e as lacunas movem-se em direções opostas.

A corrente em um semicondutor com um efeito combinado de dois tipos de fluxo: o fluxo de elétrons livres em uma direção e o fluxo de lacunas em outra. Elétrons livres e lacunas são **sempre chamados de portadores de carga**, porque transportam uma carga de um lugar para o outro.

Figura 1-6



1-5 Dopagem de um Semicondutor

Uma forma de aumentar a condutividade de um semicondutor é pelo processo de **dopagem**. Isso significa uma adição de átomos de impureza ao cristal intrínseco a fim de alterar sua condutividade elétrica. Um semicondutor dopado é chamado de **semicondutor extrínseco**.

Aumentando os Elétrons Livres

O primeiro passo é fundir um cristal de silício puro. Assim quebram-se as ligações covalentes e o silício muda do estado sólido para o líquido. Para aumentarmos o número de **elétrons**, **adicionamos átomos pentavalentes** ao silício fundido. Átomos pentavalentes são arsênico, antimônio e fósforo. Esses materiais doarão um elétron adicional para o cristal de silício. Eles são conhecidos **como doadores de impurezas**.

A figura 1-8 a mostra como o cristal de silício dopado fica após seu resfriamento e volta para sua estrutura sólida de cristal. Um átomo pentavalente fica no centro, rodeado por quatro átomos de silício. Como antes, os átomos vizinhos compartilham um elétron com o átomo central, mas desta vez, existe um elétron adicional na parte esquerda superior. Lembra-se de

cada átomo pentavalente tem cinco elétrons de valência. Como somente oito elétrons podem ficar fixos na órbita de valência, o elétron adicional permanece em uma órbita mais externa. Em outras palavras, ele é um elétron livre.

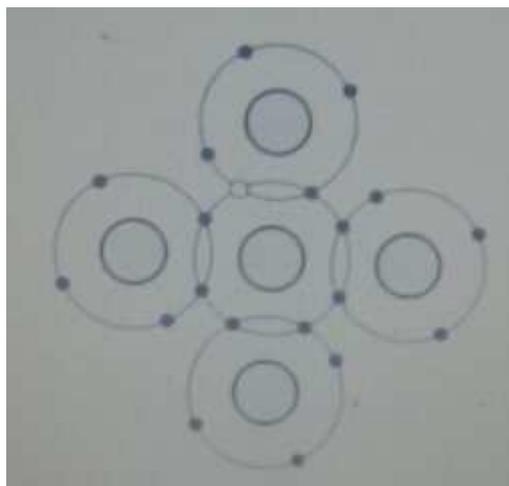
Cada átomo pentavalente ou átomo doador em um cristal de silício produz um elétron livre. É assim que um fabricante controla a condutividade de um semicondutor dopado. Quanto mais impureza é adicionada, maior é a condutividade. Desse modo, um semicondutor pode ser levemente ou fortemente dopado. Um semicondutor levemente dopado tem uma alta resistência, enquanto um semicondutor fortemente dopado tem uma resistência de baixo valor.

Aumentando o Número de Lacunas

Usando uma impureza trivalente, aquela cujo átomo tem apenas três elétrons de valência. Exemplos deste tipo de átomo é alumínio, boro e gálio.

A figura 1-7 mostra um átomo trivalente no centro. Ele é rodeado por quatro átomos de silício, cada um compartilhando um de seus elétrons de valência. Como o átomo trivalente tem originalmente apenas três elétrons de valência e cada átomo vizinho compartilha com um elétron, apenas sete elétrons ficam na órbita de valência. Isso significa que existe uma lacuna na órbita de valência de cada átomo trivalente. Um átomo trivalente é chamado **de átomo aceitador**, porque cada lacuna que existe pode receber um elétron livre durante a recombinação.

Figura 1-7:Aumento da Lacuna



1-6 Dois tipos de Semicondutores Extrínsecos

Um semicondutor pode ser dopado para ter um excesso de elétrons livres ou excesso de lacunas. Por isso existem dois tipos de semicondutores dopados: um tipo n e um tipo p.

O silício dopado com impureza pentavalente é chamado de semicondutor **tipo n**, onde **n** quer dizer negativo. Esse tem o número de elétrons livres excedente ao número de lacunas num semicondutor tipo n. Já o silício que foi dopado com impureza trivalente é chamado de semicondutor **tipo p**, onde p significa positivo. Nesse o número de lacunas excede ao número de elétrons livres num semicondutor tipo p.

1-7 Diodo Não Polarizado

Quando um fabricante dopa um cristal de modo que metade dele é do tipo **p** e a outra metade é do tipo **n**.

A borda entre o tipo p e n é chamada de **junção pn**. A junção **pn** é a base para tipo de invenções, inclusive dos diodos, transistores e circuitos integrados. Entendendo a junção **pn**, você será capaz de entender todos os outros dispositivos semicondutores.

Camada de Depleção

Em virtude da repulsão, os elétrons livres do lado **n** tendem a se difundir em todas as direções. Alguns elétrons se difundem através da junção. Quando um elétron livre entra na região **p**, ele passa a ser um portador minoritário. Com tantas lacunas em seu redor, esse portador minoritário tem um tempo de vida muito curto. Logo que entra na região **p**, o elétron livre recombina com uma lacuna. Quanto isso acontece, a **lacuna desaparece e o elétron livre passa a ser um elétron de valência**.

Cada vez que um elétron difunde-se na junção, ele cria um par de íons. Quando um elétron deixa o lado **n**, ele deixa para trás um átomo pentavalente que perde uma carga negativa; ele se torna um íon positivo. Após a migração, o elétron “cai” numa lacuna do lado **p**; isso faz que um íon negativo fora do átomo trivalente o capture.

Cada par de íons positivos e negativos na junção é chamado de **dipolo**. A criação de um dipolo significa que um elétron livre e uma lacuna fica fora de circulação. À medida que o

número de dipolos aumenta, a região próxima da junção torna-se vazia de portadores de carga. Chamamos a região vazia de portadores de carga de **camada de depleção**.

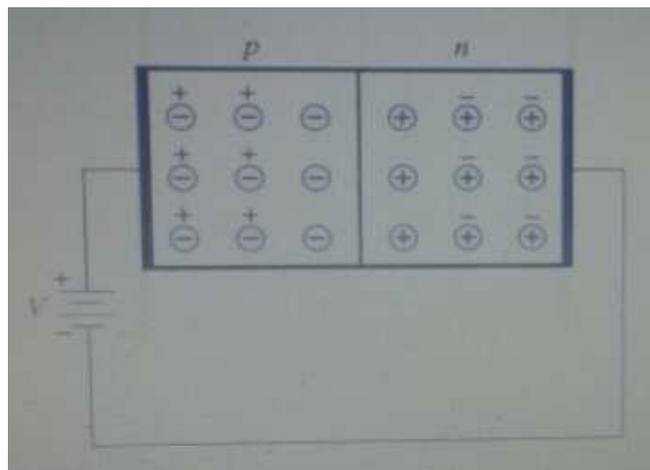
Barreira de Potencial

Cada dipolo tem um campo elétrico entre os íons positivos e negativos. **Portanto, se um elétron livre adicional entrar na camada de depleção, o campo elétrico tenta empurrar este elétron de volta para a região n. Isso quer dizer, em que momento a barreira de potencial vai permitir que um elétron atravesse a camada de depleção.** A intensidade do campo elétrico aumenta cada vez que um elétron cruza a junção até atingir o equilíbrio. Isso significa que o campo elétrico eventualmente interrompe a difusão de elétrons através da junção. O campo elétrico entre os íons é equivalente a uma diferença de potencial chamada de **barreira de potencial**. Na temperatura de 25° C, a barreira de potencial é de 0,3 V aproximadamente para os diodos de germânio, e de 0,7 V para os diodos de silício.

1-8 Polarização Direta

A figura 1-8 mostra uma fonte corrente contínua aplicada a um diodo. O terminal negativo da fonte está conectado a um material tipo **n** e o terminal positivo está conectado a um material tipo **p**. Essa conexão produz o que chamamos de **polarização direta**.

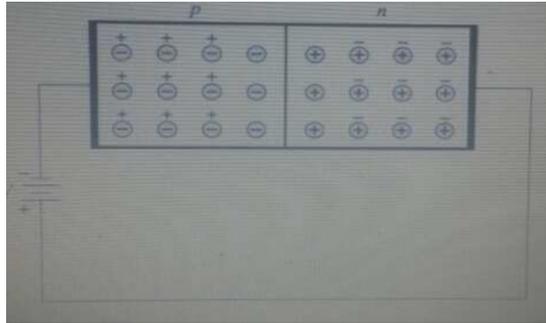
Figura 1-9: Polarização Direta



1-9 Polarização Reversa

Invertendo a fonte de tensão corrente contínua, obteremos o circuito mostrado na figura 1-9. Desta vez, o terminal negativo da bateria está conectado ao lado **p**, e o terminal negativo da bateria do lado **n**. Essa conexão produz o que é chamado de **polarização reversa**.

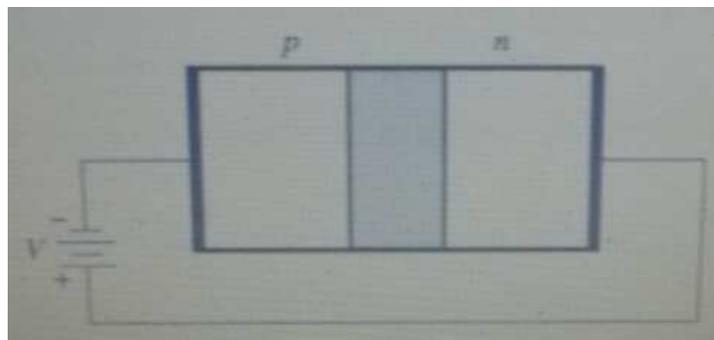
Figura 1-9: Polarização Reversa



Largura da Camada de Depleção

O terminal negativo da bateria atrai as lacunas, e o terminal positivo da bateria atrai os elétrons livres. Por isso, lacunas e elétrons livres afastam-se da junção. Então, a camada de depleção fica mais larga. Até quanto a camada de depleção pode se alargar na figura 1-10? Quando as lacunas e os elétrons se afastam da junção, os novos íons gerados aumentam a diferença de potencial através da camada de depleção. Quanto mais larga a camada de depleção, maior é a diferença de potencial. Camada de depleção pára de aumentar quando sua diferença de potencial iguala-se ao valor da tensão reversa aplicada. Quando isso ocorre, elétrons e lacunas param de se movimentar afastando-se da junção. A largura da região da camada de depleção é proporcional ao valor de tensão reversa. **Com o aumento da tensão reversa, a camada de depleção torna-se mais larga.**

Figura 1-10: Camada de Depleção



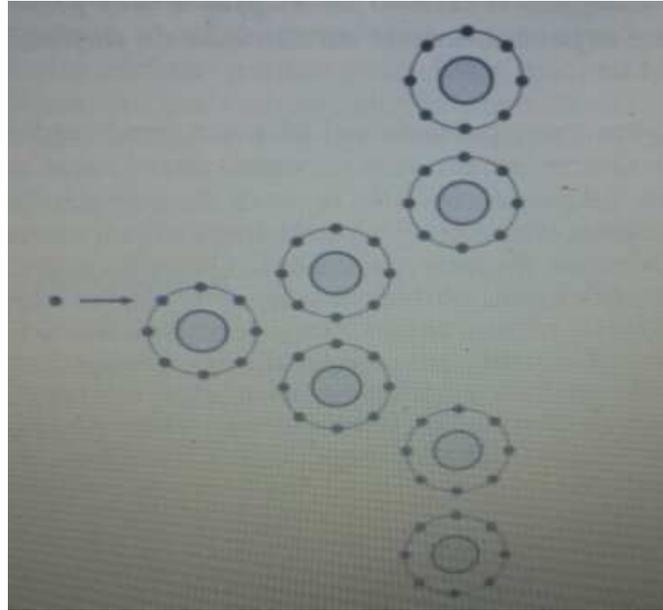
1-10 Ruptura

Os diodos têm um valor de tensão máxima nominal. Existe um limite de tensão que podemos aplicar num diodo reversamente polarizado sem que ele se danifique. Se continuarmos a aumentar a tensão reversa, eventualmente atingiremos a **tensão de ruptura** do diodo. Para muitos diodos, a tensão de ruptura é de até 50 V. A tensão de ruptura é indicada nas folhas de dados do diodo. Uma vez atingida, uma grande quantidade de portadores minoritários aparece de repente na camada de depleção e o diodo conduz intensamente. Eles são produzidos pelo **efeito de avalanche**, que ocorre quando a tensão inversa tem um valor muito alto. Em geral, existe uma pequena corrente inversa de portadores minoritários. Quando a tensão inversa aumenta, ele força os portadores a se moverem mais rapidamente. Esses portadores minoritários colidem com os átomos do cristal. Quando os portadores minoritários possuem energia suficiente podem colidir com elétrons de valência perdidos, produzindo elétrons livres. Os novos portadores minoritários se juntam aos portadores minoritários, que colidem com outros átomos. O processo é geométrico, porque um elétron livre libera um elétron de valência obtendo-se dois elétrons livres. Estes dois elétrons livres então liberam mais dois elétrons obtendo-se quatro elétrons livres. O processo continua até que a corrente inversa torna-se intensa.

A figura 1-11 mostra uma visualização ampliada da camada de depleção. A polarização reversa força o elétron livre a mover-se para a direita. Com esse movimento, o elétron é acelerado. Quanto maior a polarização reversa, mais rápida o elétron se move. Se o elétron com alta velocidade tiver energia suficiente, ele pode arrancar o elétron de valência do primeiro átomo na órbita mais externa. Isso resulta em dois elétrons livres. Esses dois elétrons são acelerados e vão deslocar mais dois elétrons. Desse modo, o número de portadores minoritários pode tornar-se muito alto e o diodo conduzir intensamente.

A tensão de ruptura depende do nível de dopagem do diodo. Com diodos retificadores, a tensão de ruptura é geral maior do que 50 V. Existe uma tabela que ilustra a diferença entre o diodo diretamente e inversamente polarizado.

Figura 1-11: Camada de Depleção Ampliada



Orientando

Definimos os condutores e semicondutores dando uma explanação sobre as características desses. Agora orientaremos nossos estudos aos principais componentes de uma placa eletrônica e caracterizando-os.

2 Componentes eletrônicos

2-1 Serigrafia

A serigrafia é a impressão realizada nas placas eletrônicas, de forma escrita, que informa qual tipo de componente está conectado no circuito. Através de código (letras) é identificado cada componente, ou seja, cada dispositivo é reconhecido por uma letra e um número.

Exemplo:

R3 – resistor número 3

D 53 – diodo número 53

Q 10 – transistor número 10

T/ Tr 1 – transformador número 1

C / CE 5 – capacitor número 5

CI 51 – circuito integrado número 51

Observação: Na serigrafia o Q representa transistor e T é para transformador. CE significa um tipo de capacitor, que nesse caso é capacitor eletrolítico.

2-2 Resistor

. São condutores que consomem energia elétrica, convertendo-a integralmente em energia térmica.

Quando se estabelece uma corrente elétrica em um resistor, irá ocorrer o choque dos elétrons livres contra seus átomos. Nestes choques, os elétrons *transferem* aos átomos parte da energia elétrica que receberam do gerador (ddp), determinando uma elevação de temperatura do resistor. Em um resistor toda a energia elétrica que ele recebe é dissipada, transforma-se em energia térmica. Sua finalidade é causar uma queda de tensão, os mais utilizados em circuitos eletrônicos são os resistor de carvão, resistor de fio, resistor de louça, e resistor variável ou potenciômetro.

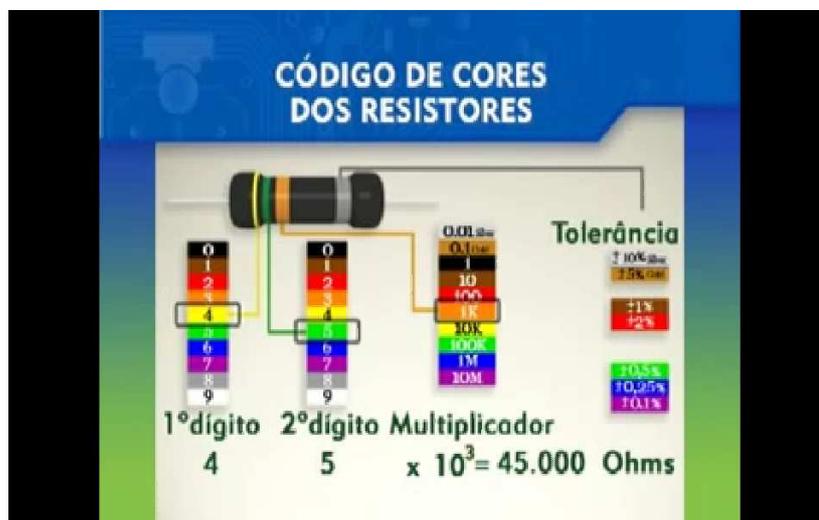
Resistor de Carvão

Esses tipos de resistores possuem um código de cores que informa suas características.

Faixa de Cores

1º, 2º e 3º, sendo que a 3º será algarismo só para os resistores de 5 faixas, essas faixas indicam os algarismos. Nos resistores de 4 faixas, a 1ª e 2ª faixa indica os algarismos. Esses são os números que darão o valor da resistência, mas antes precisam ser multiplicados pelo **fator de multiplicação**. A 4º faixa mostra a tolerância quando em que poderá o ohmimêtro varia, isso e só para os de 4 faixas. Já nos resistores de 5 faixas, como foi dito anteriormente, a 3ª passa a ser algarismo a 4ª fator de multiplicação e a 5ª tolerância. Para os de 6 faixas sua descrição será idêntica ao de 5 faixas , mas 6ª faixa mostra o coeficiente de temperatura em que o resistor pode trabalha.

Figura - 2:Resistor de 4 Faixas



Onde 1º e 2º dígitos representam os algarismos, a 3ª faixa representa o fator multiplicador e a 4ª faixa a tolerância.

Figura 2.1: Resistor de 5 Faixas



Fonte?

Onde o 3º algarismo representa faz parte dos numerais que darão o valor da resistência. Ou seja, 1º, 2º e 3º indicam os algarismo, 4º fator multiplicador e 5º tolerância.

Figura - 3:Resistor de 6 faixas



Figura - 3

Onde as suas propriedades são informadas de forma idêntica ao de 5 faixa, sendo que a 6ª faixa indica o coeficiente de temperatura.

Resistor de Fio – Vem com seus valores escritos em seu corpo. A figura 3.1 mostra as características do resistor.

680 R – resistência do resistor

5 % - tolerância

5 W – potência dissipada

Figura 3-1: Resistor de fio



Figura – 3.1

Resistor de Louça – é utilizado para proteção de circuito. Suas características também são informadas da mesma forma que o de fio.

Resistor variável ou Potenciômetro – é utilizado para controlar algum dispositivo ao qual o circuito foi projetado.

2-3 Capacitor

Dispositivo constituído de duas placas condutoras e paralelas, próximas uma da outra e com ar entre elas ou um material isolante chamado dielétrico, que pode ser óleo. As placas são denominadas de armaduras do capacitor.

A unidade de capacitância é F ou μF (farad ou microfarad). O capacitor tem a propriedade da capacitância, que se caracteriza por apresentar uma oposição a variação de tensão do circuito, ela defini se o capacitor pode armazenar mais ou menos energia e depende diretamente de fatores construtivos.O capacitor funciona como uma mola que ao ser carregada encontra-se com carga suficiente para exercer algum tipo de força em um corpo. Ou seja, quando aplicado uma ddp aos seus pólos o capacitor torna-se carregado, nesse momento quando cessada essa ddp e um outro elemento do circuito solicitar energia, o capacitor libera um fluxo de elétrons a carga, permitindo que sua energia armazenada flua para o elemento solicitante. Nesse momento ele passa a ser, grosseiramente dizendo, uma fonte de alimentação momentânea.

Figura 4: Capacitor

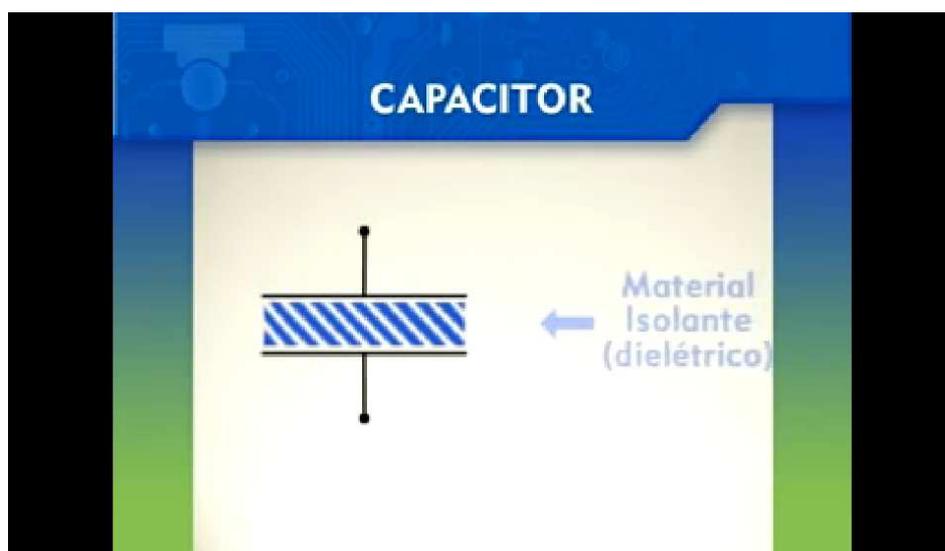


Figura – 4

Os capacitores mais utilizados em circuitos eletrônicos são os eletrolíticos e os de poliéster ou cerâmicos. O capacitor eletrolítico é o mais utilizado, sua função é corrigir ondulações na tensão alternada ou na pulsante. São encontrados em placas de fonte de alimentação, possui polaridade, ou seja, sua polaridade não pode ser invertida.

Figura -5: Capacitor Eletrolítico



Figura – 5

Os capacitores de poliéster (**Figura – 6**) ou cerâmicos são utilizados para fornecer um atraso na tensão, é utilizado como clock em circuito RC (resistor – capacitor).

Figura – 6: Capacitor de Polieste

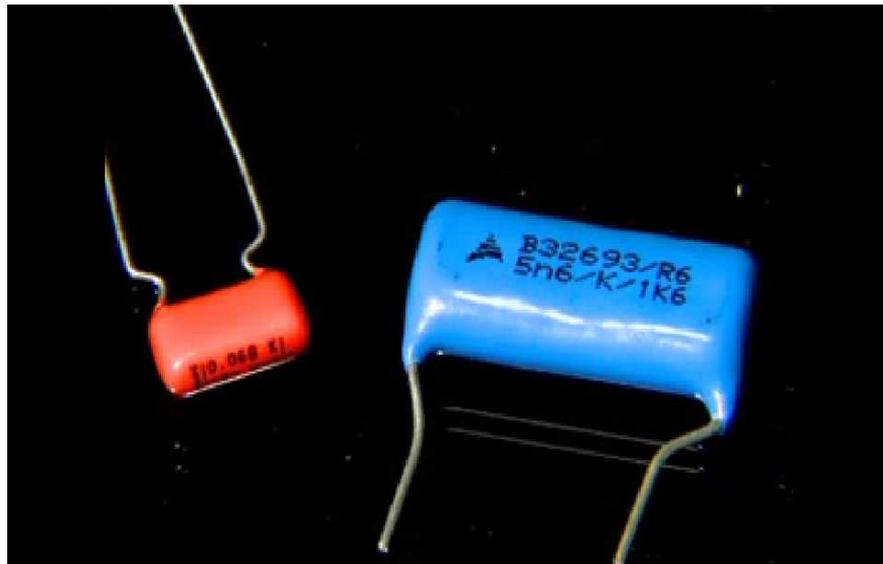


Figura - 6

2-4 Diodo

É um dispositivo (**Figura – 7**) constituído da junção de dois materiais n e p, ou seja, lado n e p; determinado lado n como anodo e lado p como catodo. Que na maioria dos casos esses materiais são germânio e silício, onde aquele será aplicado a circuitos com baixa corrente e esse a circuito de alta tensão e corrente.

Quando conectado ao sistema com lado p no pólo positivo da fonte e o lado n no pólo negativo da fonte, ele torna-se um semicondutor de alta condutância, ou seja, encontra-se polarizado diretamente; sendo um elemento de baixa resistência.

Uma das suas propriedades é que se o mesmo diodo for conectado ao mesmo sistema, mas com sua polaridade sendo invertida ele passa a ser um elemento isolante, com alta resistência. Dessa forma ele está polarizado inversamente.

Dependendo de como foi conectado em relação a fonte de alimentação alterna o diodo permitirá que passe o ciclo positivo ou negativo da tensão.

Figura – 7: Diodo

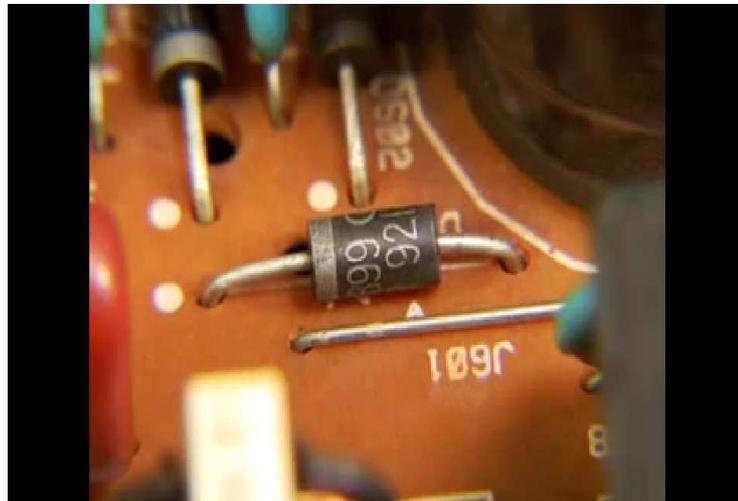


Figura -7

Observação: Quando estamos analisando um circuito com diodos, uma das coisas a identificar é se ele está direta ou inversamente polarizado.

Figura - 8: Curva do Diodo

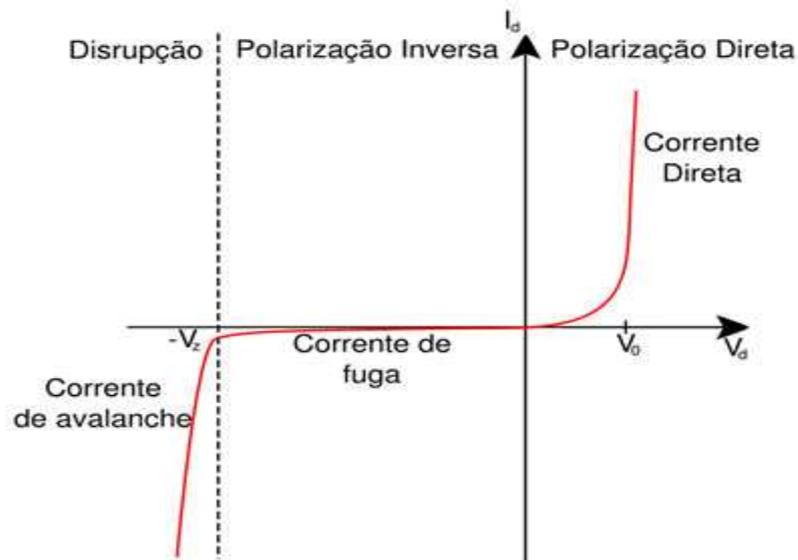


Figura - 8

$V_0 = 0,7 \text{ V}$

$V_z =$ tensão de ruptura de acordo com o manual do fabricante, mas normalmente é até **50 V**

Acima de 0,7 V o mais leve aumento na tensão do diodo produz um maior aumento na corrente. O valor de tensão no qual a corrente começa a aumentar rapidamente é chamado de tensão de joelho do diodo. A região da polarização reversa ou inversa já explicada anteriormente (figura 1-11 Ruptura). Onde demonstra uma das propriedades que apresenta esse semicondutor.

Em alguns projetos os diodos não aplicados separadamente, ou seja, são colocadas pontes retificadoras (**Figura – 9**) para economia de espaço nas placas.

Figura – 9: Ponte Retificadora

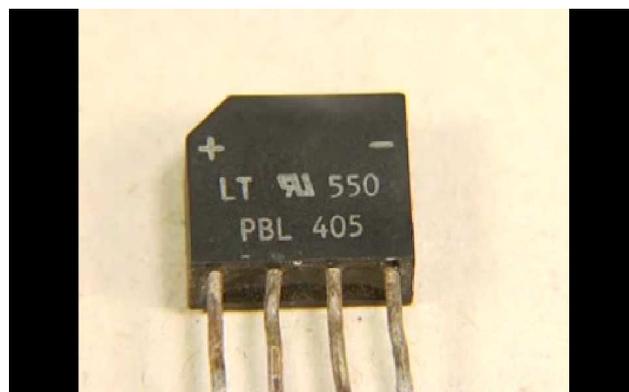


Figura – 9

Outro tipo de diodo aplicado é o zener (**Figura – 10**) que é utilizado como estabilizador de tensão, ou seja, ele só permite que a tensão determinada passe para o circuito.

Exemplo: se for um diodo zener de 12 V, somente esse nível de tensão chegará ao sistema ou dispositivo de destino.

Figura -10: Diodo Zener

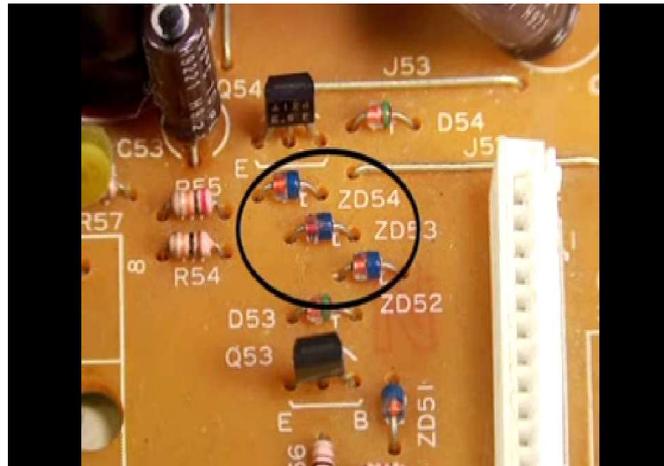


Figura - 10

Um diodo de silício que o fabricante otimizou para operar na região de ruptura. Pode também ser chamado de **diodo de ruptura**. Como foi supracitado é utilizado como regulador de tensão, por manter uma tensão constante na saída embora varie a corrente.

Ele pode operar em qualquer uma das três regiões; polarização direta, polarização inversa (região de fuga) e na região de ruptura.

Para uma operação normal, deve ser polarizado reversamente.

2-5 Transistor

É utilizado como controlador de corrente e como amplificador de energia elétrica. O mais encontrado nos circuitos eletrônico e o tipo bipolar.

Existem duas configurações para transistores: **NPN** e **PNP** **figura - 11**. Eles são constituídos por três seções, dopadas, de semicondutores, em que cada uma é chamada **de emissor, base e coletor**.

Figura – 11: Transistor



Figura – 11

Um transistor (**Figura – 11**) não polarizado pode ser visto como dois diodos, a junção entre a base e o emissor forma o diodo emissor, já a junção base e coletor forma o diodo coletor.

Os Elétrons na Base, no Coletor e no Emissor.

Figura – 12: Transistor (corrente e tensão)

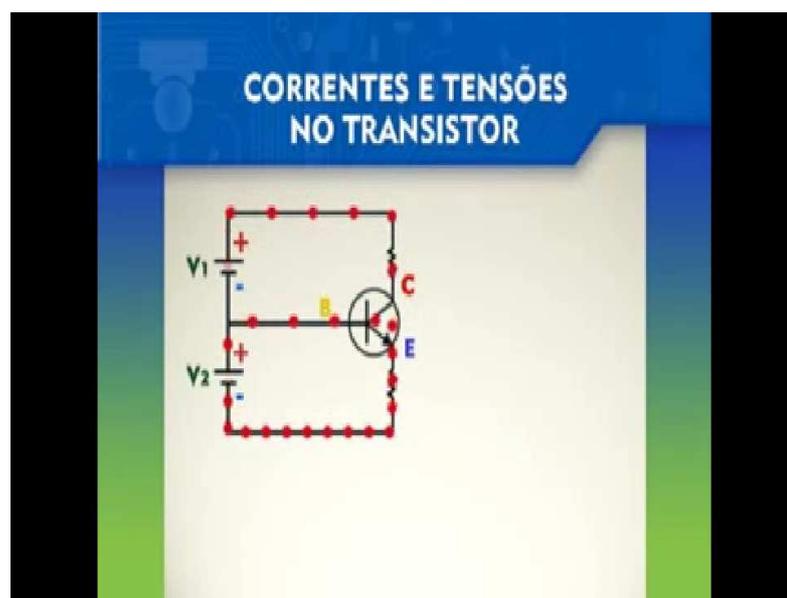


Figura - 12

Na figura – 12 a fonte V2 polariza diretamente o diodo emissor, enquanto a fonte V1 polariza inversamente o diodo coletor. No momento em que a polarização direta é aplicada no diodo emissor, os elétrons livres no emissor ainda não entraram na região da base.

Se V2 for maior que a barreira de potencial, os elétrons do emissor entrarão na região da base. Esses elétrons podem circular em qualquer uma das direções. Primeiro, eles podem circular para a esquerda e sai pela base passando através de R(resistor da base) e indo para o terminal positivo da fonte. Segundo, os elétrons livres podem circular para o coletor.

A maioria deles seguirá para o coletor. Primeiro, a base é fracamente dopada. Por isso, os elétrons têm uma vida média longa na região da base. Isso lhes dá tempo suficiente para alcançar a região do coletor.

Segundo, a base é muito estreita. Isso dá aos elétrons livres um alcance maior no coletor. Em outras palavras, para circular para fora da base pelo resistor externo, os elétrons livres precisam recombinar-se com as lacunas na base. Aí, como elétron de valência, eles podem circular até deixar a base e entrar no condutor externo. Como a base é fracamente dopada e muito estreita, alguns elétrons conseguem recombinar-se e alcançar o terminal da base.

V2 polariza diretamente o diodo emissor, forçando os elétrons livres no emissor a entrar na base. Na base estreita e levemente dopada dá tempo suficiente para que quase todos esses elétrons se difundam dentro do coletor. Esses elétrons circulam pelo coletor, através de R(resistor conectado ao coletor), e entra no terminal positivo da fonte de alimentação V1. Na maioria dos transistores, mais de 95% dos elétrons do emissor vão para o coletor, menos de 5% circulam pelo terminal externo da base.

As correntes no Transistor

O símbolo esquemático para o transistor é o da figura (**Figura - 13**). Existem 3 correntes diferentes num transistor: a corrente no emissor I_E , na base I_B e no coletor I_C . Como o emissor é uma fonte direta, sua corrente é a maior das três. A corrente no coletor é aproximadamente igual à do emissor.

Na base a corrente é muito pequena se comparada com essas outras correntes. Nos transistores de baixa potência, a corrente na base é geralmente menor do que 1% da corrente.

Figura – 13: Corrente e tensão do transistor



Figura -13

Figura - 14: Tensões no Transistor



Figura -14

Quando V_{CE} na figura - 14 for zero, o diodo coletor não estará reversamente polarizado, portanto, a corrente no coletor será zero. Para V_{CE} entre e aproximadamente 1V, a corrente no coletor aumenta com uma taxa muito maior do que V_{CE} e depois pára de aumentar e fica

quase constante. Esse fato está relacionado com a idéia de polarização reversa do diodo coletor. Uma vez alcançado o nível, o coletor captura todos os elétrons que chegam à camada de depleção.

3 Multímetro

3.1 Aplicações Possíveis para o Multímetro

No Carro

Provas de fusíveis, baterias, lâmpadas, relés, alternadores, diodos, reguladores de tensão, instrumentos de painel, antenas bobina de ignição, cabos de sistemas eletrônicos, sistemas de som, rádio, toca fitas, alarme, sistemas de abertura de vidros, ajustes diversos.

Na Oficina de Eletrônica

Provas de condutores, cabos, fusíveis, resistores, chaves, capacitores, lâmpadas, trimpots e potenciômetros, indutores, transformadores, pilhas, baterias, diodos, leds, zeners, transistores, circuitos integrados, alto falantes, fototransistores, instrumentos, válvulas, relés, solenóides, *trimmers*, *padders*, etc. Prova de circuitos, ajustes em aparelhos diversos como transmissores e amplificadores.

Na Indústria

Na manutenção de equipamentos industriais, o multímetro é um instrumento indispensável ajudando o técnico a encontrar rapidamente qualquer problema em máquinas, instalações e em muitos outros casos.

No Computador e em Eletrônica Digital

Teste de cabos, conectores, medidas de tensão, verificação de sinais, componentes dos circuitos, placas, monitores de vídeo, fontes, supressores, no-breakes, etc.

No Lar e na oficina de Eletrodomésticos

Provas de motores, fusíveis, instalações elétricas, campainhas, porteiros eletrônicos, transformadores, furadeiras e outras ferramentas, ferros de passar, aquecedores de ambiente, condicionadores de ar, cabos de antena de TV, parabólicas, lâmpadas, busca de curtos e fugas, pilhas, brinquedos, verificação de instalações, para raios, interfones, telefones, etc.

No Laboratório de Eletrônica

Provas de equipamentos profissionais

s, médicos e industriais, aparelhos de comunicações, circuitos eletrônicos diversos, medidas de tensões muito altas, aparelhos de pesquisa científica, determinação de ressonância, oscilação, etc.

3.1 Como Funciona o Multímetro

A base de funcionamento do multímetro analógico é o instrumento indicador de bobina móvel.

Uma bobina de fio esmaltado muito fino, na forma de retângulo, é apoiada em dois eixos e fixada entre os pólos de um forte imã permanente em forma de ferradura.

Os movimentos da bobina são limitados por um par de molas espirais, que também servem para fazer o contato elétrico da bobina com o circuito externo.

Quando uma corrente circula pela bobina, aparece um campo magnético que interage com um campo do imã, de modo a haver uma força que tende a girar o conjunto.

O movimento da bobina é então limitado pela ação da mola.

O giro desta bobina será proporcional ao campo magnético criado que, por sua vez, é proporcional à corrente que passa pela bobina. Fixando um ponteiro neste conjunto, podemos fazê-lo correr sobre uma escala que poderá ser graduada diretamente em termos da corrente que circula pela bobina. Este conjunto básico é, portanto um sensível medidor de correntes.

A unidade de corrente elétrica é o ampère(abreviado por A), mas as correntes da ordem de ampère são fortes demais para poderem ser medidas diretamente por este delicado instrumento.

Assim, as escalas dos instrumentos são normalmente especificadas em termos de milésimos de ampère ou milionésimos de ampère.

Os milésimos de ampère são denominados miliampères e abreviados por mA, enquanto que os milionésimos de ampère são chamados de microampères e abreviados por μA .

Os instrumentos que encontramos nos multímetros analógicos são miliamperímetros ou microamperímetros, pois são sensíveis o bastante para darem uma indicação de corrente desta ordem.

A especificação de um instrumento é dada pela corrente que causa a movimentação da agulha até o final de escala. Dizemos que esta é a corrente de fundo de escala do instrumento.

Corrente de fundo de escala: corrente que causa a movimentação da agulha até o final da escala ou corrente máxima que o instrumento pode medir.

Para os multímetros analógicos comuns são típicos os seguintes valores de instrumentos usados:

0 - 50 μA

0 - 100 μA

0 - 200 μA

0 - 1mA

Veja então que, quanto menor for o valor do fundo de escala do instrumento usado no seu multímetro mais sensível ele é, pois menor é a corrente que ele pode medir.

Na realidade, a sensibilidade não será especificada propriamente em função do fundo de escala do instrumento, mas sim em função de outra grandeza que decorre desta, conforme veremos mais adiante.

A especificação de fundo de escala de um instrumento será importante no momento em que você resolver montar algum equipamento que o use. Um princípio importante da física nos mostra que não podemos medir nenhuma quantidade sem afeta-la por isso. Para medir a temperatura de um corpo, um termômetro, na realidade extrai um pouco de calor deste corpo modificando sua temperatura, conforme sugere a figura 15.

Figura - 15: Termômetro

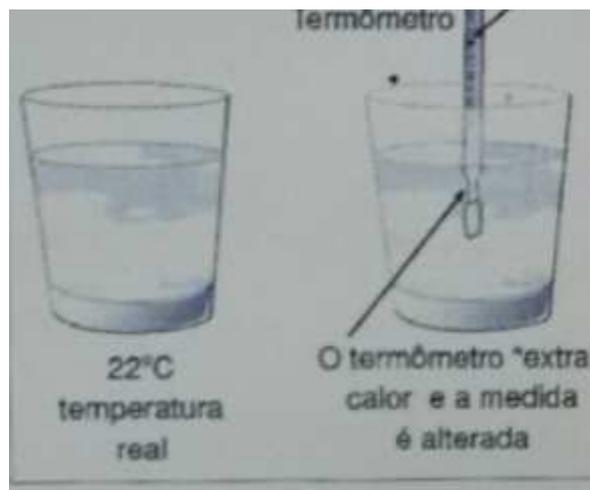


Figura - 15

Quando usamos um instrumento de bobina móvel para medir a corrente num circuito, esta corrente tem sua intensidade afetada, porque o instrumento representa uma resistência que a reduz. Você deve ter percebido que um instrumento será tanto melhor quanto menor for a

resistência de sua bobina, pois assim sua influência na corrente que está sendo medida também será menor.

Na figura 16 mostramos o símbolo usado para representar um instrumento de bobina móvel. É comum representa sua resistência(resistência da bobina) ao lado do símbolo. Junto ao símbolo encontramos a indicação dos limites da escala ou seja, o valor mínimo(normalmente zero) e o valor máximo(fundo de escala).

Figura – 16: Instrumento de bobina móvel

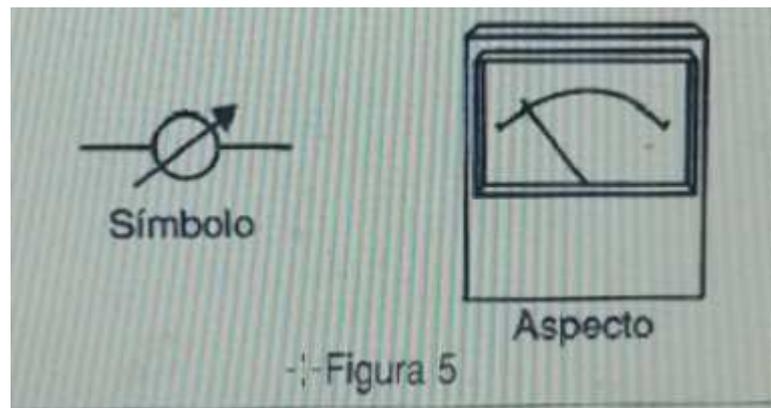


Figura - 16

Pelo que o leitor deve ter percebido, o uso de um instrumento nesta forma é muito simples: para medir uma corrente, tudo que temos de fazer é forçá-la a circular por este instrumento, ou seja, devemos ligá-lo em série com o circuito.

Na figura 17 mostramos de que modo podemos usar este instrumento para medir a corrente que circula por uma lâmpada ligada a uma pilha.

Figura -17: Medindo Corrente

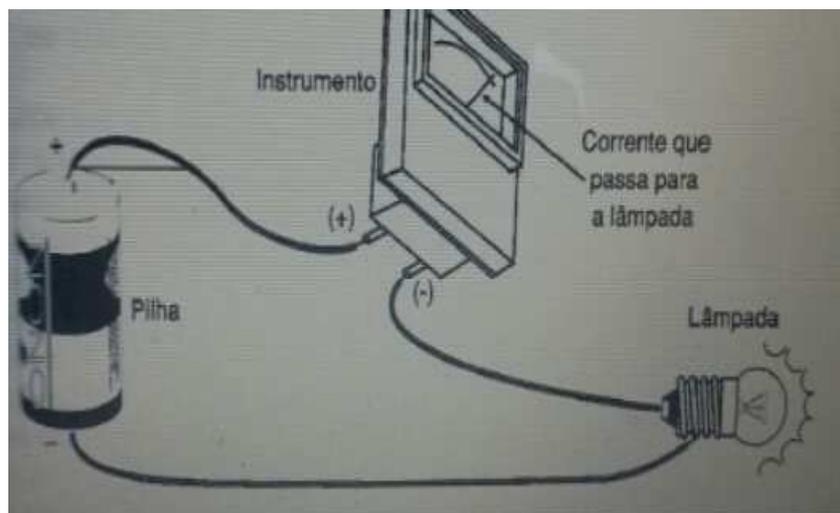


Figura - 17

Observe que tanto faz ligar o instrumento antes ou depois da lâmpada, pois um circuito elétrico, como o nome diz, é um percurso fechado e em todos os seus pontos a intensidade que vamos medir é a mesma. Como mostra a figura 18, em todos os pontos, não importa se mais longe ou mais perto da lâmpada ou pilha, a corrente será sempre a mesma.

Figura - 18

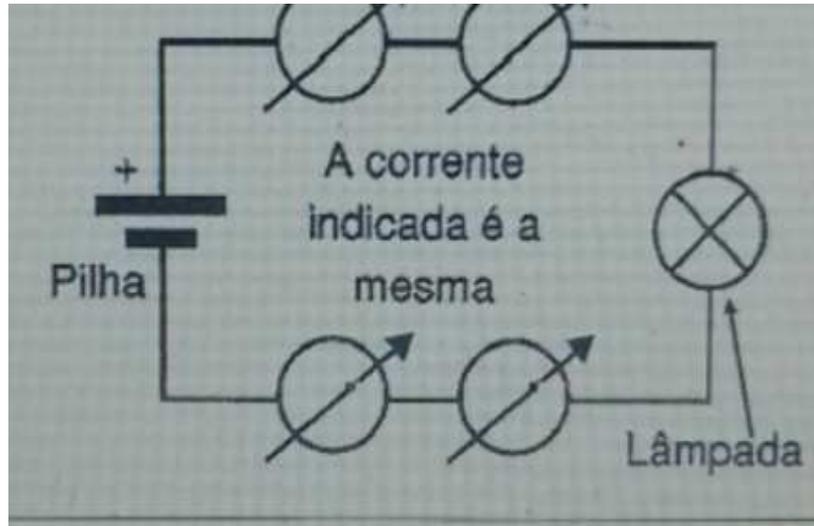


Figura - 18

Circuito fechado - A corrente tem a mesma intensidade em todos os seus pontos.

Mas, e se a corrente que quisermos medir tiver uma intensidade maior do que a de fundo de escala do instrumento? Suponhamos que queremos medir a corrente de uma lâmpada em torno de 50 mA usando um instrumento de 1 mA. Como proceder?

Neste ponto começa a amadurecer a idéia de um multi-instrumento, ou seja, um instrumento capaz de medir mais corrente do que a alcançada pelo uso do instrumento sozinho. Para medir intensidade de corrente maiores do que a alcançada pelo simples instrumento, o que fazemos é desviar o excesso de corrente (de modo conhecido) por um elemento externo denominado “shunt”.

Conforme mostra a figura 19, o shunt consiste numa resistência de valor conhecido que desvia uma proporção conhecida da corrente do circuito para que o fundo de escala do instrumento seja ampliado. Se ligarmos um shunt que desvie 90% de uma corrente de modo que só 10 % da corrente passe pelo instrumento, para cada 10mA de corrente total, 1 mA passa pelo instrumento e 9mA pelo shunt. Assim, quando o instrumento indicar 1 a corrente será 10, quando indicar 2 a corrente será 20, e assim por diante.

Figura – 19: Shunt

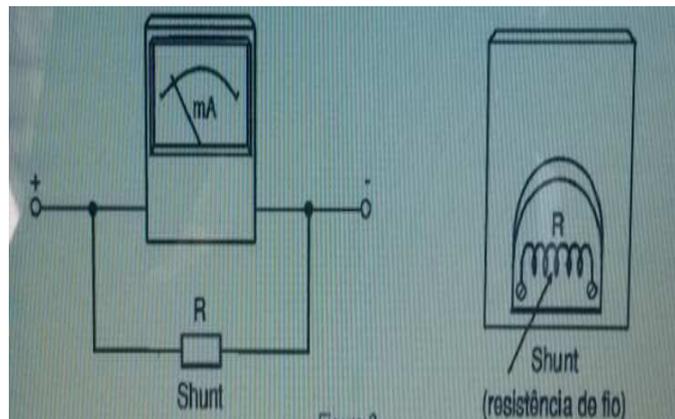


Figura - 19

Podemos ampliar em 10 vezes a escala de um instrumento com o uso de tal recurso. Com um shunt que desvie 99% da corrente podemos ampliar em 100 vezes a escala, ou seja, podemos usar um instrumento que alcance apenas 1 mA para medir correntes de até 100 mA.

A figura 20 ilustra como podemos medir os 100 mA da lâmpada usando um miliamperímetro de apenas 1mA de fundo de escala, com a ajuda de um shunt. O cálculo do valor do shunt não é difícil. Ele será abordado mais adiante.

Shunt – Resistência de pequeno valor que é ligada em paralelo com um instrumento para ampliar sua escala de corrente – o mesmo que resistência de derivação. Se quisermos ter um instrumento capaz de medir correntes em diversas faixas, podemos utilizar diversos shunts de valores apropriados, que serão colocados em ação no momento oportuno.

Figura – 20: Shunt no circuito

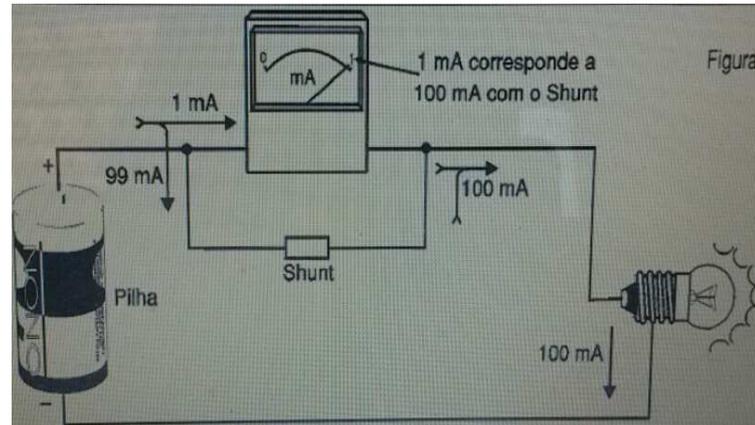


Figura - 20

Na figura 20.1 temos duas maneiras de fazer isso com facilidade, obtendo com isso um multi-amperímetro. No primeiro caso (a) os shunts são comutados por meio de uma chave. A cada posição da chave multiplicamos por 10 o alcance do instrumento. Se tivermos um microamperímetro de 0 – 100 μ A, por exemplo, podemos ter as novas escalas:

0 – 1mA

0 – 10mA

0 – 100mA

No segundo caso(b), a escolha de escala é feita pela posição em que são ligados os elementos de prova. Veja que esta configuração é mais complexa devido ao fato de que os percursos que a corrente faz nos diversos casos incluem todos os elementos do circuito.

Pois bem, já sabemos como medir correntes em varias escalas, mas o verdadeiro multímetro faz muito mais, pois mede outras grandezas, como a tensão elétrica e também a resistência. Para medir a tensão podemos partir diretamente do nosso instrumento básico, sem qualquer componente adicional. De fato, se considerarmos a corrente de fundo de escala (I) e a resistência da bobina(R) vemos que existe um valor de tensão que, aplicado ao conjunto, causa a deflexão total da agulha.

Figura 20-1: Shunt paralelo / série

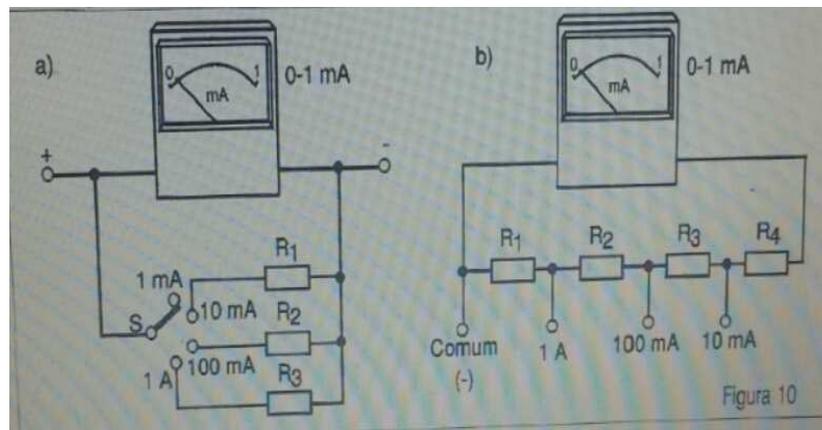


Figura – 20.1

Este valor é dado pela Lei de Ohm.

$$V=RXI$$

Se tivermos um instrumento de 0 – 1 mA, por exemplo, de resistência interna 100 ohms, vemos que a tensão que movimenta a agulha até o final da escala será:

$$V=0,001 \times 100$$

$$V = 0,1 \text{ VOLT}$$

Este instrumento pode ser usado também como um voltímetro de 0 – 0,1 V (100 mV) com a única diferença de que, para a medida da tensão, ele deve ser ligado em paralelo com o circuito, como no caso da medida de correntes. Para medir tensões, ligamos entre os pólos do circuito o instrumento de modo que ele fique submetido à tensão que deve ser medida.

Neste ponto, podemos também pensar em ampliações de escala, pois podemos desejar medir tensões maiores que 0,1 V. Conforme percebemos, a solução do problema também consiste em mudar a resistência do circuito de modo que a corrente de fundo de escala seja obtida com uma tensão maior.

Supondo que desejamos medir a tensão de 1V no fundo de escala com o mesmo instrumento, vemos que a resistência apresentada deve ser:

$$R = 1/0,001$$

$$R = 1000 \text{ ohms}$$

Como a bobina do instrumento já tem 100 ohms, tudo o que fazemos é ligar em série um resistor de 900 ohms, veja a figura 21.

Figura – 21

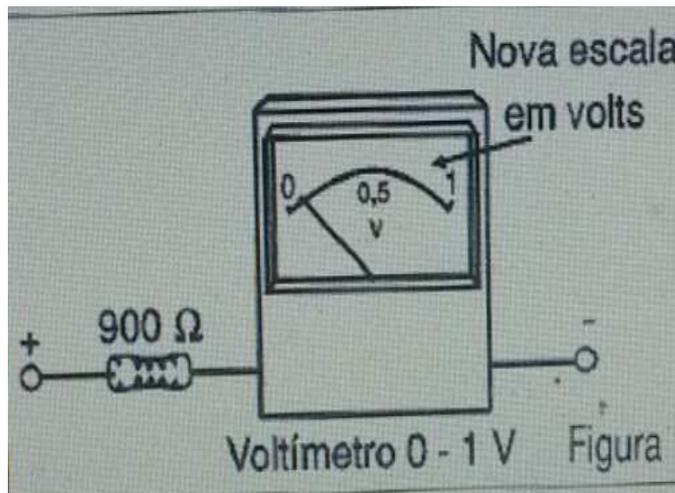


Figura - 21

Fazemos então com que 90% da tensão fique sobre o resistor e 10% sobre o instrumento, multiplicando assim por 10 seu fundo de escala. O resistor que é ligado em série com o instrumento para multiplicar seu alcance é denominado multiplicador. O instrumento que obtemos desta forma para a medida de tensão será denominado “voltímetro”. Pois as tensões são medidas numa unidade denominada volt (V).

Resistência multiplicadora – Resistência ligada em série com o instrumento indicador num voltímetro. Se o resistor representar 99% do valor de resistência total e o instrumento 1% a escala será multiplicada por 100, se o instrumento for o que tomamos como exemplo, poderemos usá-lo para medir tensões de até 10 V.

Do mesmo modo que fizemos no caso do amperímetro, também poderemos ter um multi-voltímetro, se puder ligar a qualquer momento em série com o instrumento, resistências multiplicadoras de valores apropriados. Na figura 21.1, temos as duas maneiras normais de fazer isso. No primeiro caso usamos uma chave seletora e no segundo caso a escolha da resistência é feita pela ligação em terminais apropriados da ponta de prova.

Figura – 21-1

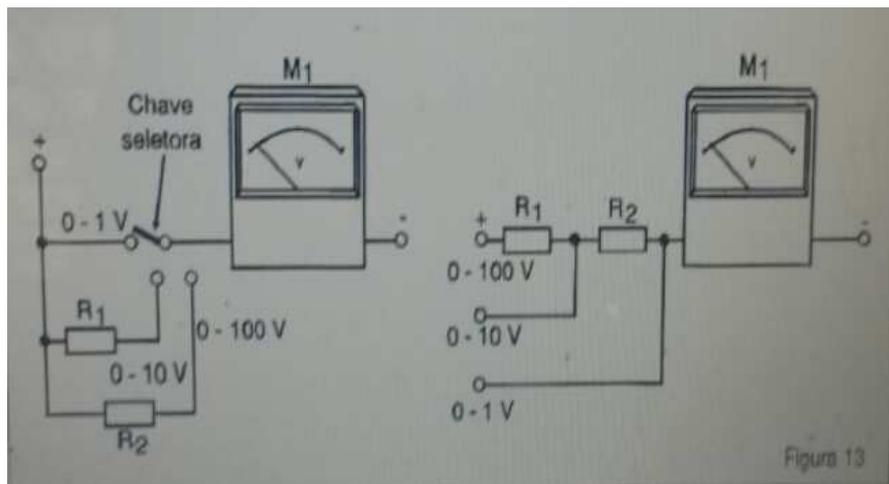


Figura – 21.1

Pronto! Já temos um amperímetro e um voltímetro múltiplos, mas ainda temos uma outra unidade elétrica importante a ser medida: a resistência. Para medir uma resistência elétrica partimos de sua própria definição: a oposição à passagem da corrente., se quisermos medir uma resistência elétrica basta então aplicar uma tensão nesta resistência de modo que uma corrente seja forçada a circular. Pela intensidade desta corrente podemos ter uma idéia de sua resistência é elevada. Para medir a resistência precisamos então, além do instrumento que mede a corrente, que já temos uma fonte de energia (uma pilha ou bateria) para estabelecer a tensão no circuito ou componente que deve ser medido, o circuito básico de um ohmímetro é então mostrado na figura 22, lembrando que o nome em questão vem de ohm (Ω), que é a unidade de resistência.

O elemento adicional, um trimpot de ajuste, tem uma finalidade importante que ficará clara nas próximas linhas, vejamos então como funciona este circuito de medida: Quando uma ponta de prova é encostada na outra – o que corresponde a uma resistência nula (0 ohm) – ajustamos o trimpot para que a corrente circulante (indicada pelo instrumento) seja máxima, ou seja, a corrente de fundo de escala.

Figura – 22: Ohmímetro



Figura -22

A separação das pontas de prova resulta numa resistência infinita, não havendo, portanto a circulação de corrente. A corrente zero, temos então para a resistência uma escala completa que vai de 0 a infinito, mas disposta ao contrário, com o zero a direita e o infinito à esquerda, de acordo com a figura – 22.1. Para os valores intermediários podemos raciocinar da seguinte forma:

Figura – 22-1

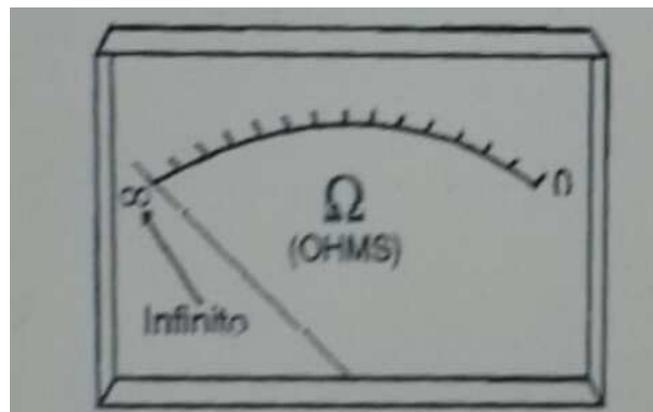


Figura – 22.1

Supondo que o instrumento tomado como exemplo seja de 0 -1 mA. Nestas condições, se a tensão de alimentação for de 1,5V(uma pilha), precisamos que o circuito, tenha uma resistência total de 1500 ohms.

Se for medir com este instrumento uma resistência do mesmo valor, ou seja, 1500 ohms, ela será colocada em série com o circuito conforme mostra a figura 23.

Figura - 23

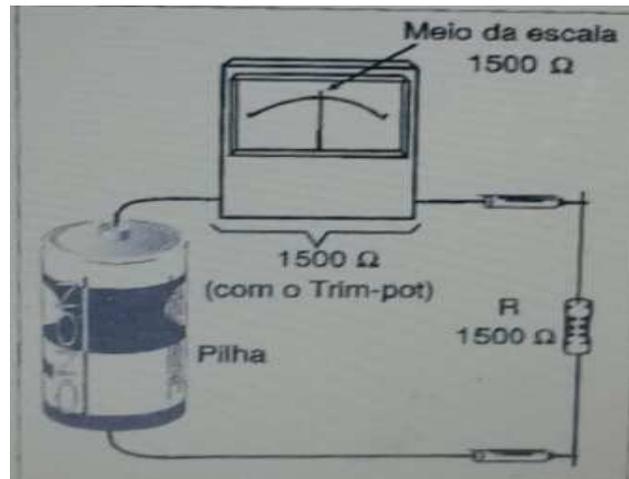


Figura -23

Figura – 24: Escala de ohmímetro

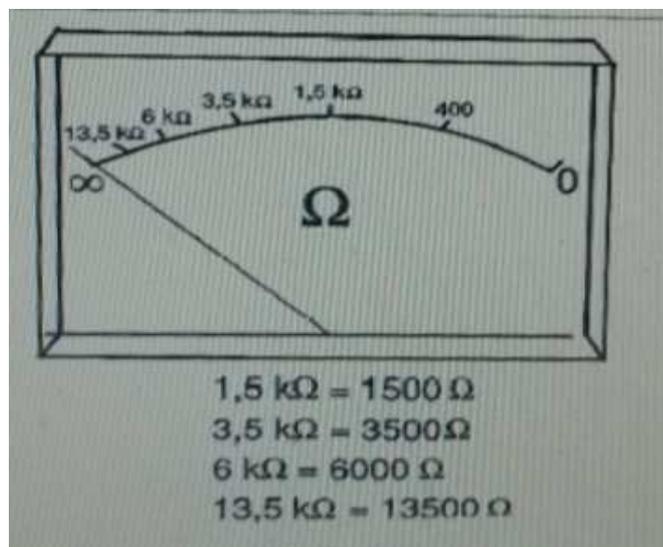


Figura - 24

Note que na figura 24 podemos ter com facilidade leituras na faixa central da escala que corresponde a mais ou menos 500 ohms a 5000 ohms.

Para mudar o fundo de escala, o que podemos fazer é alterar a corrente do instrumento ligando um shunt, conforme ilustra a figura 25, se colocado no circuito um shunt que multiplique o alcance do instrumento por 10 de modo que, no exemplo, ele passe de 0 – 1 mA para 0 – 10 mA, já teremos outras condições para a medida de resistências.

Veja que, para uma tensão de alimentação de 1,5 V (que se mantém), a resistência total do instrumento passará a ser:

$$R = 1,5/0,01$$

$$R = 150 \text{ ohms}$$

Figura - 25

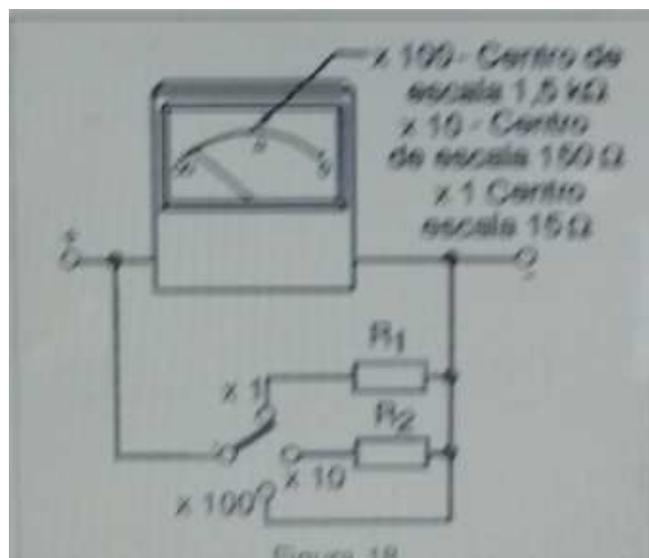


Figura - 25

Unindo as pontas de prova, a corrente de fundo de escala será obtida com uma resistência total de 150 ohms. O centro de escala será obtido igualmente quando tivermos o dobro desta resistência, o que significa agora uma resistência total de 300 ohms, ou mais 150 ohms entre as pontas de prova, na nova escala, o novo centro será de 150 ohms e o ponto de 1/10 da deflexão também ficará dividido por 10, correspondendo, portanto a 1350 ohms.

Com mais uma multiplicação de corrente podemos chegar a um meio de escala de 15 ohms, mas isso não é conveniente, pois a corrente que será usada na prova como também provocar o desgaste rápido das pilhas.

E, se quisermos ter escalas mais altas de resistências? Uma maneira consiste em se trabalhar com tensões mais altas. Se usarmos 15 V em lugar de 1,5 V, por exemplo, teremos uma nova escala básica de

$$R = 15/0,001$$

$R = 15000$ ohms

Para meia escala, o valor será 30000 ohms, o que corresponde a uma resistência externa de 15000 ohms.

Alguns instrumentos mais sensíveis que possuem escalas de resistências com centros de até 500000 ohms utilizam duas baterias, uma de 1,5V e outra de 15 V para suas escalas de resistências. A de 1,5 V é para as escalas mais baixas e a outra para as escalas mais altas. A combinação das escalas num único instrumento também pode ser feita por meio de chaves ou pela troca dos pinos em que as pontas de prova são ligadas.

Chegamos então ao multi ohmímetro, um medidor de resistência com diversas escalas. Combinando tudo, ou seja, o multi voltímetro, o multi amperímetro com o multi ohmímetro chegamos ao nosso instrumento final: o multímetro.

Com um único instrumento indicador podemos utilizar uma chave seletora de muitas posições ou então um conjunto maior de pontos de ligação, e construir um multímetro.

Um multímetro comum terá:

- Diversas escalas de correntes.
- Diversas escalas de tensões
- Diversas escalas de resistências.

Os multímetros comerciais têm ainda outros recursos como, por exemplo, que permitem a medida de outras grandezas como tensão alternada, dB, prova de continuidade, ganho de transistores, etc. No caso da medida de tensões alternadas, o que se faz é acrescentar ao circuito um retificador formado por diodos de germânio (porque têm uma tensão de início de condução menor).

3-3 O Multímetro Analógico por dentro

Na figura 26 escala temos o aspecto externo de um multímetro comum em que a seleção de escalas é feita por uma chave. O preço final de um multímetro vai depender de diversos fatores como o número de escalas, a qualidade e precisão do instrumento indicador, etc. A precisão do multímetro é uns dos fatores mais importantes, variando tipicamente entre 3 e 4% nos analógicos e chegando a menos de 0,05% em alguns tipos digitais. Lembramos que as tolerâncias dos componentes comuns variam tipicamente entre 2 e 20%. O botão “zero adj” serve para compensar o desgaste natural da pilha ou bateria, que tem sua tensão

diminuída. Com este ajuste, zeramos o instrumento nas escalas de resistências de modo que essas variações de tensão não afetem muito o resultado das medidas.

Figura – 26: Multímetro analógico



Figura – 26

3-4 O Multímetro Digital

A diferença básica entre o multímetro digital e o analógico está na maneira como o digital apresenta os resultados de medidas: na forma de números ou dígitos. Na figura 27 temos o aspecto de um multímetro digital típico com mostrador de 3 e $\frac{1}{2}$ dígitos.

Figura -27: Multímetro digital



Figura 27

Três e meio significa que temos três dígitos que podem assumir valores de 0 a 9 e um que pode mostrar apenas 0 ou 1, ou seja, correspondente a meio dígito. Assim, este multímetro pode mostrar valores de 0 a 1999. Desta forma, se colocarmos este multímetro numa escala de tensões que possa medir de 0 a 2 Volts, na verdade ele vai indicar de 0 a 1,999.

Como funciona este instrumento? O display de cristal líquido é ligado a um contador que está ajustado para contar de 0 a 1999 numa velocidade constante, denominada velocidade de amostragem. Vamos supor, por exemplo, que desejamos medir uma tensão com este instrumento, uma tensão de 1,0 volt, por exemplo.

Existe no circuito um capacitor ligado em série com uma fonte de corrente constante na qual aplicamos a tensão a ser medida a partir de um amplificador operacional com muito alta resistência de entrada. A fonte e o capacitor estão ligados à entrada de um computador. Na entrada de referência do comparador é aplicada uma tensão que vai determinar quando ele comuta, desta forma, quando a tensão de entrada é aplicada o capacitor começa a se carregar e ao mesmo tempo o contador começa a contar os pulsos do oscilador de clock, que determina a velocidade de amostragem. O circuito que carrega o capacitor é montado de tal forma que a velocidade de carga será tanto maior quanto menor for a tensão aplicada à entrada (inversor). Isso significa que, se a tensão for muito alta a carga será lenta e o contador tempo de ir até 1999(fim de escala).

Por outro lado, se a tensão de entrada, for baixa, a carga será rápida e o contador contará até um valor bem menor; o circuito é linear de modo que existe uma proporção direta entre a tensão aplicada à entrada e o valor contado. Para fixar o valor contado, o circuito comparador é ligado a uma chave que ativa e desativa o contador em ciclos determinados de amostragem.; estes ciclos variam entre 0,1 e 1 segundo para os multímetros comuns. Isso significa que o multímetro está sempre lendo a tensão de entrada. Ele conta, fixa o valor lido no mostrador, zera o contador e começa novamente até obter uma nova leitura. Neste momento, ele será o contador e apresenta o novo valor. Isso permite que o multímetro seja usado para ler tensões que variam constantemente; é por este motivo que, quando lemos uma tensão com valores quebrados como 19,975 V, o multímetro vai ter seu último dígito oscilando entre 19,97 e 19,98 V. O tempo de amostragem relativamente longo dos multímetros impede que ele seja usado para ler variações rápidas da grandeza medida, como nos analógicos, mas ele é muito mais cômodo de usar, pois não temos uma escala.

Acrescentando na entrada do circuito redes de resistores e outros componentes podem medir outras grandezas como resistência e correntes, simplesmente transformando-as em tensões

equivalentes; como o multímetro digital utiliza circuitos complexos que precisam de alimentação apropriada em todas as escalas, ele deve ser alimentado por uma bateria de 9 V, diferentemente dos analógicos que não precisam de fonte própria nas medidas de corrente e de tensão.

3-5 Sensibilidade

Tanto melhor será o instrumento quanto maior for o valor em ohms por volts.

Exemplo: 1000 ohms/volt – instrumento de 1mA

5000 ohms/volt – instrumento de 200 μ A

- 1mA e 200 μ A – Representa o fundo de escala do instrumento.
- Para os digitais a sensibilidade é analisada de forma diferente. E são mais sensíveis que os analógicos.

3-6 Escolhendo o Multímetro

Para auxiliar o leitor na escolha de um multímetro podemos dar uma tabela de opções com tipos existentes divididos por faixas. São 5 faixas com custo que variam na proporção de 1 para 20, e até mais. A nossa divisão por categorias terá multímetros com as seguintes características:

Multímetro Tipo A – Analógico

Características:

- Sensibilidade: 1000 a 5000 ohms por volt DC
- Escala de tensões contínua: 2 a 4 com valores entre 1,5 e 1500 V
- Escalas de tensões alternadas: 2 a 4 com valores entre 6 e 400 V
- Escalas de resistências: 1 ou 2(x1 e x10 ou x10 e x100)
- Fonte de alimentação: 1 ou 2 pilhas .

Observações: este é o mais baixo dos multímetros, sendo recomendado para iniciantes, estudantes, etc.

Multímetro tipo B analógico ou digital

Características:

- Sensibilidade: 1000 a 5000 ohms por volt DC ou mais para os digitais
- Escalas de tensões contínuas: 3 a 5(1,5 a 1500V)
- Escalas de tensões alternadas: 3 a 5(6 a 1000V)
- Escalas de resistências: 2 ou 3 (x1, x 10, x 100 ou x1K)
- Fonte de alimentação: 1 ou 2 pilhas AA

Observações: este instrumento já pode equipar as oficinas menores de reparadores de equipamentos eletrônicos ou ainda instaladores de computadores. Também podem usar este instrumento estudantes de eletrônica e hobistas mais avançados.

Multímetro Tipo C Analógico ou digital

Características:

- Sensibilidade: 10000 a 50000 ohms por volt DC ou mais para os digitais.
- Escalas de tensões contínuas: 5 a 7(1,5 a 3000 V e MAT)
- Escalas de tensões alternadas: 5 a 7(6 a 3000 V)
- Escalas de resistências: 4(x1 a x1K ou x10K)
- Fonte de alimentação: pilhas e eventualmente bateria de 9V

Observações: este multímetro pode ser considerado já de tipo profissional, sendo indicado para o técnico eletrônico e de computadores. Os instaladores de som de carro e eletricitas de automóvel também podem obter grande ajuda deste instrumento.

Multímetro Tipo D Analógico ou digital

Características:

- Sensibilidade: 50000 a 100000 ohms por volt DC ou mais para os digitais
- Escalas de tensões contínuas: 5 a 7(0,1 a 3000V)
- Escalas de tensões alternadas: 5 a 7(6 a 3000V mais escala de MAT)
- Escalas de resistências: 4 ou 5(x1 a x1K ou x10K)
- Fonte de alimentação: pilhas e bateria(9 ou 15V)

Observações: este é o instrumento analógico mais avançado, se bem que já seja substituído pelo de mesma categoria digital que apresenta vantagens. A bateria de 15V por exemplo, por ser difícil de encontrar, já não é mais usada nestes equipamentos. No entanto, o leitor se tiver

a sorte de herdar de alguém um multímetro deste tipo deve usa-lo, pois realmente se trata de tipos com ótimos recursos para aplicação profissionais.

Multímetro Tipo E Analógico ou digital

Este é multímetro especial eletrônico ou VTVM, porque inclui circuitos eletrônicos para aumentar a sensibilidade e dar recursos que os instrumentos comuns não tem, sendo por isso encontrados nos laboratórios . Com estes circuitos é possível obter uma sensibilidade de entrada extremamente alta, da ordem de 22 M ohms para todas as escalas, o que garante que ele não carrega os circuitos analisados. No entanto, este instrumento normalmente é encontrado nos laboratórios de aplicações mais avançados. Para o técnico comum este multímetro pode ser substituído pelo equivalente digital.

Características:

- Sensibilidade (na realidade resistência de entrada): 10 a 22 M ohms
- Escalas de tensões contínuas: 4 a 8(1,5 a 5000V)
- Escalas de tensões alternadas: 4 a 8 (0,1 a 1000V)
- Escalas de resistências: 5 a 6 (x1 a x10K)
- Fonte de alimentação: pilhas, bateria e rede de energia

Observações: este, sem dúvida, é um aparelho profissional bastante sofisticado que deve equipar as oficinas e laboratórios avançados.

Na figura 28 mostramos alguns tipos comuns de multímetros analógicos e digitais.

Figura – 28: Multímetros

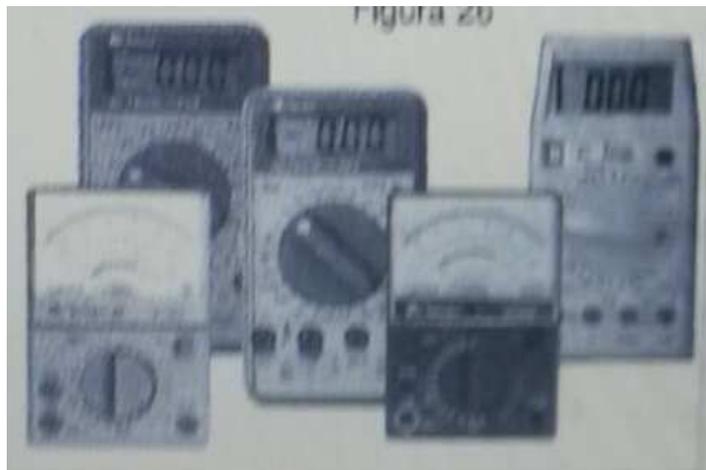


Figura 28

3-7 Como Usar o Multímetro

Analisaremos alguns pontos importantes sobre o uso do multímetro, pois devemos lembrar que se trata de um instrumento bastante delicado e que se houver qualquer tipo de erro na sua utilização, o dano será irreversível e ele será inutilizado. Normalmente a reparação de um multímetro danificado é problemática tanto devido à tolerância dos componentes usados como pela delicadeza do mecanismo nos casos do tipo de bobina móvel. Assim, dificilmente se consegue consertar um multímetro que sofra dano por sobre carga ou uso indevido, pois na maioria dos casos o custo pedido pela oficina especializada supera o de novo.

3-8 As Unidades Elétricas

Tensão elétrica – Pode ser definida como uma espécie de pressão que empurra a eletricidade através dos fios condutores de energia.

Corrente elétrica – Quando medimos uma corrente elétrica, o que estamos fazendo é verificando a quantidade de cargas elétricas que passa por um fio em cada unidade de tempo. **Na corrente contínua as cargas fluem sempre no mesmo sentido; Já na corrente alternada as cargas se movimentam de forma constante, mas oscilam para frente e para trás.**

Resistência elétrica – Como a posição que um determinado meio oferece à passagem de uma corrente.

Observação: A medida da resistência deve ser feita sempre com o aparelho em teste desligado, pois quem fornece a corrente para o teste é o próprio multímetro.

Usando o multímetro

Em função do que foi visto o leitor já pode pensar em usar seriamente o seu multímetro. Começamos pela leitura de resistência, que além de não por em perigo a integridade do instrumento em caso de erro inicial, é feita com facilidade.

Medidas de Resistências

Procedimento

Escolher uma escala do instrumento que permita uma leitura do valor esperado, mais ou menos na faixa central da escala, pois nela a precisão é maior. Se não souber de ordem é a resistência medida, comece com a mais baixa, ou seja, coloque na escala ohms x1. Se você vai ler uma resistência de 200 ohms, escolha na escala de x10 ou x100;

Zere o instrumento – encoste uma ponta de prova na outra. E ajuste o zero até que o instrumento indique zero ohm;

Verifique se quando as pontas de prova estiverem soltas a indicação é infinito. Deve-se ser refeito o ajuste;

Finalmente faça o teste; e

Se a leitura não for na região da escala entre o centro e a direita, mude de escala.

Observação: Os digitais não precisam ser zerados. Apenas tenha cuidado com a escala. Se a escala usada não alcançar a resistência medida, pode aparecer um “1” do lado esquerdo do mostrador. Se for muito baixa, o número indicado terá apenas um ou dois dígitos, com menor precisão, portanto. Procure uma escala que dê uma leitura de pelo menos 3 dígitos.

Resistência Direta e Resistência Inversa

Medida da resistência com dois sentidos de corrente. Para diodos fazemos duas medições, pois não apresentam a mesma resistência quando a corrente circula num sentido e depois no sentido oposto.

Se para a maioria do multímetro digitais os aparelhos já prevêm a função prova de continuidade, que deve ser preferida. Com estes provadores temos um apito que quando a resistência medida ou a prova direta é baixa, e ausência de som quando não há continuidade.

Verificação da Polaridade das Pontas de Prova

Diodo de uso geral: 1N34, 1N4148, 1N914, 1N4002, 1N4004, etc.

Procedimento:

- Coloque o multímetro na escala mais baixa de resistência. Nas digitais use as escalas de 200 ou 2000 ohms;
- Zere;
- Encoste a ponta de prova vermelha no anodo e a preta no catodo.

Leituras: resistência menor que 10000 ohms. Multímetro tem a ponta de prova vermelha positiva. Resistência maior que 100000 ohms, multímetro tem a ponta de prova vermelha negativa.

Observação: Para diodos, se a leitura mais importante for de baixa resistência (resistência direta). Escolhemos escalas menores como x1 e x10. Se interessar **mais a inversa, usamos as escalas altas x1K ou x10K – 200 K para digitais.**

Medidas de Tensões

A tensão contínua ou alternada (DC ou AC) é feita ligando-se as pontas de prova entre as pontas nos quais se quer saber a tensão, ou então, no ponto visado, com a outra ponta de prova numa referência (terra, por exemplo).

Se o circuito tiver o positivo à massa, o que pode ocorrer em aparelhos com fontes simétricas e alguns rádios e gravadores antigos japoneses com transistores pnp, os valores indicados são expressos com o sinal negativo na frente.

3-9 Leitura de Tensão Contínuas

Procedimento:

Coloque a chave seletora de escala na escala apropriada de acordo com a tensão esperada. O fundo de escala deve ser maior do que a tensão esperada. Se você vai medir 220 V ou espera algo em torno deste valor, coloque numa escala de 250 ou 300V. Se não tiver idéia do valor coloque na escala mais alta DC.

Ligue a ponta de prova preta(ou vermelha se o negativo for à massa) na referência do circuito e a ponta vermelha(+) no ponto em que deseja saber a tensão.

Faça a leitura de acordo com a figura 29.

Figura – 29: Medindo Tensão

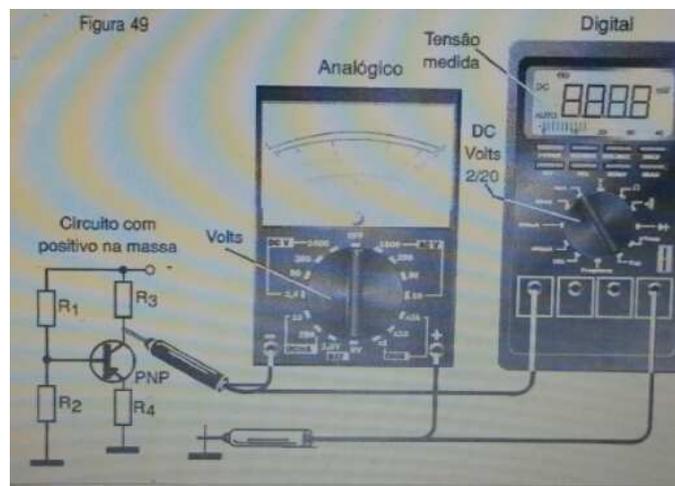


Figura – 29

Interpretação:

A agulha desloca-se para a direita e indica um valor aproximadamente na região do centro para a direita da escala – esta é a tensão do circuito, e a medida está completa.

A agulha tende a movimentar-se para a esquerda – as pontas de prova estão invertidas. A massa ou referência não é negativa.

A agulha tende a passar do final da escala – a tensão é maior do que a esperada. Mude para a escala mais alta.

Para os digitais quando a escala é superada aparece um sinal que pode ser o “1” à esquerda.

3-10 Leitura de Tensão Contínuas Sobre Componentes

Procedimento:

- Coloque a chave seletora de escalas na escala apropriada;
- Identifique a polaridade da tensão sobre o componente que está sendo analisado;
- Ligue a ponta de prova vermelha (+) no pólo positivo do componente e a preta no negativo.
- Faça a leitura na figura 30

Figura – 30: Medindo componentes

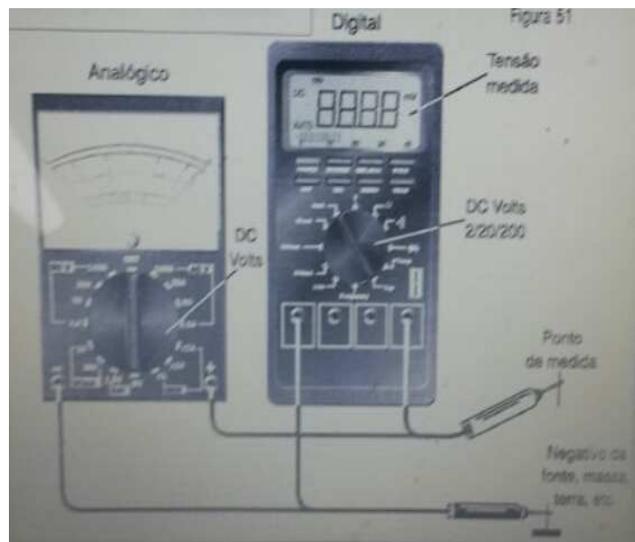


Figura – 30

3-11 Leitura de Tensões Alternadas (AC volts)

É o mesmo procedimento do anterior sem ter atenção com a polaridade.

3-12 Medidas de Correntes

A medida de corrente é feita com um pouco mais de dificuldade do que a de tensão, por isso é realizada com menos frequência. Isso porque o multímetro deve ser intercalado ao circuito no qual se deseja medir a corrente. Podemos intercalar antes ou depois do componente ou circuito, pois a corrente é a mesma nos dois pontos, veja a figura 31.

Figura – 31: Medindo corrente

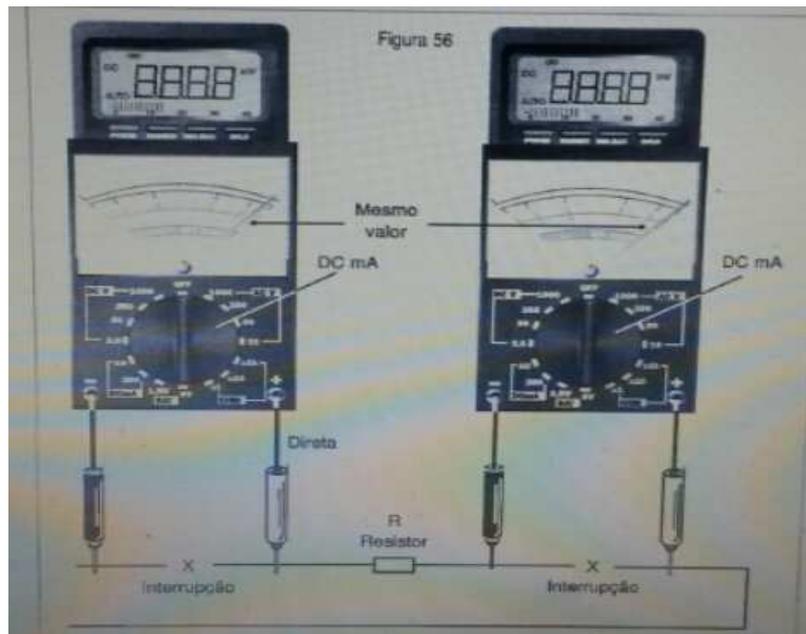


Figura – 31

Procedimento:

- Coloque o multímetro na escala apropriada de corrente. Se tiver dúvidas comece pela mais alta;
- Identifique a polaridade do circuito, isto é, o sentido da corrente a ser medida;
- Interrompa o circuito e faça a conexão das pontas de prova do multímetro, observando sua polaridade. A ponta de prova vermelha deve ficar no ponto de potencial mais alto (de onde vem a corrente), conforme mostra a figura 32.

Figura - 32

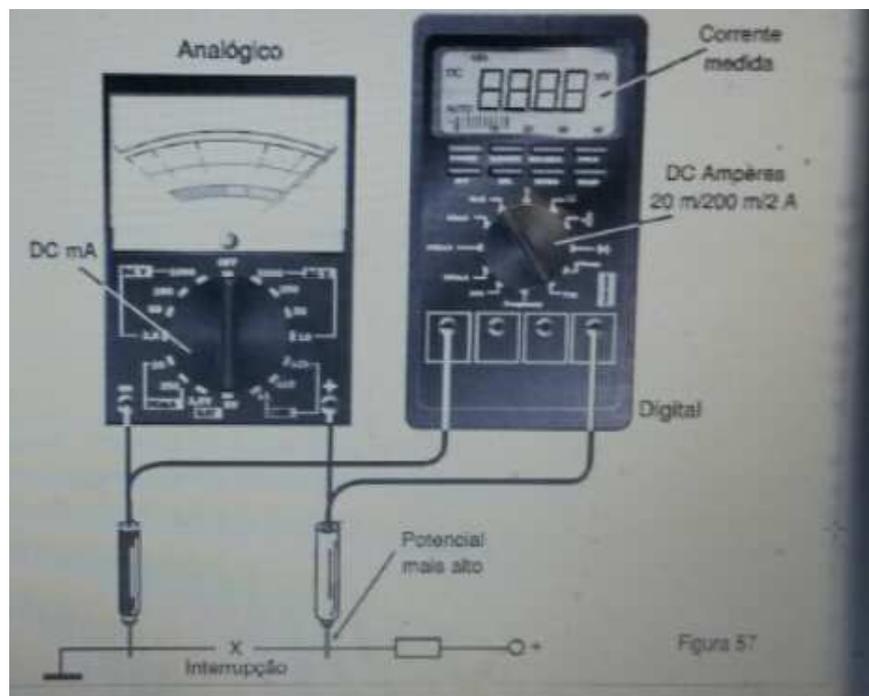


Figura - 32

Interpretação: A agulha vai até uma região da escala em que a leitura pode ser feita

A agulha tende para a esquerda – neste caso as pontas de prova devem ser invertidas ou a chave de inversão deve ser acionada. O sentido da corrente está errado.

A agulha tende a ultrapassar o final de escala – desligue as pontas e coloque o instrumento numa escala mais alta.

A agulha não se move – não há corrente no circuito.

4 Prova de Componentes

4-1 Prova de Resistores (1)

Tipo de Prova:

- Fora do circuito
- Medida de resistência

Podemos provar resistores de todos os tipos na faixa de valores alcançada pelo multímetro, com a precisão, detectando o estado do componente e também medindo seu valor. Normalmente, para os multímetros comuns a faixa de leituras precisa estar entre 1 ohm e mais de 20 M ohms.

Procedimento:

- Coloque o multímetro na escala de resistência que permita uma leitura do valor esperado na faixa central ou da direita da escala para os tipos analógicos, ou ainda com três dígitos para os digitais. Se tiver dúvidas, comece por uma faixa intermediária (x100 ou x1K para os analógicos e 20K ou 200K para os digitais);
- Zere o multímetro – para os digitais não é necessário
- Ligue as pontas de prova nos terminais do componente. No caso de resistores de valores elevados (200K e maiores) não toque nos terminais durante as provas, pois a resistências da pele pode influir nos resultados;
- Se não obtiver leitura na região central da escala, procure uma outra escala em que isso ocorra.

Na figura 33 mostramos como fazer esta prova e alguns tipos de resistores comuns de carbono (carvão), película metálica e fio.

Figura – 33: Medindo sensor

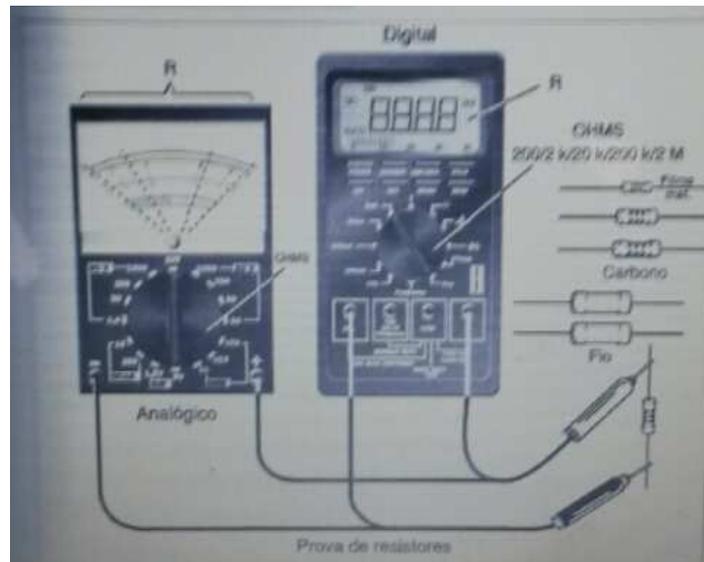


Figura – 33

Interpretação:

- Resistência igual ou muito próxima à esperada para o componente – leve em conta a tolerância – se estiver dentro dela, o resistor está em bom estado.
- Resistência maior do que a esperada, mesmo considerando a tolerância – o resistor está alterado tendendo a abrir.
- Resistência muito mais alta que a esperada ou ainda infinita – o resistor está aberto.

Observação: O que fazemos nesta prova é simplesmente medir a resistência. Os resistores de carvão quando sofrem sobrecargas ou ainda em função do tempo de uso podem ter seu valor alterado para mais. Os resistores de fio normalmente abrem em caso de sobrecarga quando então passam a apresentar resistência infinita.; é importante também levar em conta que a dissipação do resistor nada tem a ver com seu valor. Observamos ainda que resistores de valores muito altos (acima de 10 M) são os únicos que podem apresentar como defeito a diminuição de valor quando umidade acumulada ou sujeira podem representar uma resistência em paralelo.

4-2 Prova de Resistores (2)

Tipo de Prova

- No circuito
- Medida de resistência

Esta prova não permite determinar se o resistor está com valor correto ou se realmente está bom. Ela só permite, com certeza, encontrar um resistor aberto; em suma, se a prova indica um resistor aberto, certamente ele estará nesta condição. Se esta prova não indicar anormalidade, não podemos em princípio dizer que o resistor está bom.

Procedimento:

- Colocamos o multímetro na escala apropriada de resistência, segundo o valor do resistor que deve ser provado;
- Zeramos o multímetro. Isso não é necessário para os digitais;
- Desligamos a alimentação do aparelho em teste. É conveniente esperar um pouco (alguns segundos) antes de fazer a prova, dando tempo para que todos os capacitores eletrolíticos se descarreguem. Uma descarga forçada nos eletrolíticos de alta tensão e de maior valor pode ser conveniente;
- Medimos a resistência do resistor suspeito;
- O valor lido pode ter as seguintes interpretações.

Na figura 78 mostramos como fazer esta prova num resistor ligado ao emissor de um transistor

Interpretação:

- A resistência lida é maior do que a esperada – nestas condições o resistor certamente estará aberto. Inverta as pontas de prova para ter certeza de que esta indicação não é devida à cargas resíduas em capacitores eletrolíticos do circuito.
- A resistência lida é menor ou igual à esperada – neste caso o resistor tanto pode estar bom como ruim, já que a resistência baixa pode ser devido à influência de outros componentes do circuito. Uma prova fora do circuito deve ser feita para se ter certeza; a resistência tende a ser menor que zero (impossível) – a agulha tende a direita por efeito de carga dos eletrolíticos – nos digitais pode haver indicação de algum símbolo dado pelo fabricante para resistência negativa – os eletrolíticos do circuito devem ser descarregados.

Observação: Esta prova se baseia no fato de que os resistores nos circuitos estão em paralelo com muitos outros componentes que influenciam na resistência medida. Assim, por mais alta que seja a resistência que todos os outros componentes associados representa, em paralelo a resistência medida deve ser menor do que a resistência do resistor em teste. A figura 34 mostra o que ocorre num circuito típico.

Figura – 34

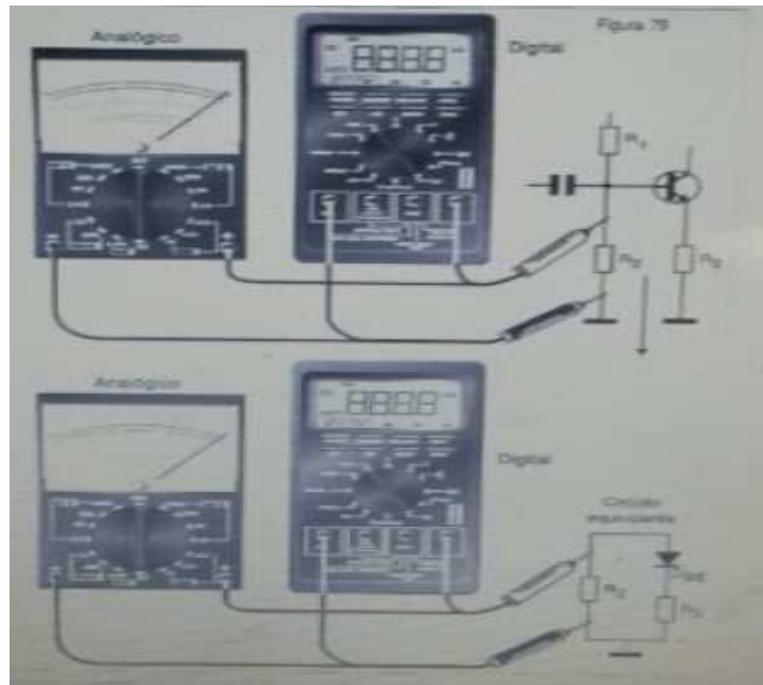


Figura -34

Isso significa que no teste de um resistor no circuito apenas uma medida é absolutamente conclusiva: se o valor medido for maior do que o esperado, certamente uns dos resistores de todos os que formam a rede tem um valor menor que o esperado, e este é o que está sendo testado. Nestas condições temos certeza de que ele alterado para mais; se uma medida for uma resistência menor que a esperada, o teste não é conclusivo, devendo ser feitas outras provas.

Importante: Capacitores de fontes de grandes valores são perigosos para a integridade do multímetro na escala de resistências. Assim, antes de fazer uma medição de resistência num resistor suspeito num circuito que tenha acabado de se desligado e que tenha capacitores de grandes valores, coloque o resistor em curto por alguns segundos ajudando a eventual descarga de um capacitor próximo.

4-3 Prova de Capacitores Eletrolíticos

Tipo de prova:

- De carga para capacitores de 1 a 22 000 μ F
- Fora do circuito, para qualquer tensão.
- Detectam curtos e abertura

Com a prova descrita, podemos determinar com precisão o estado de um capacitor eletrolítico, detectando se ele está em bom estado, aberto ou em curto. A avaliação do valor pode ser conseguida com alguns tipos de multímetros e capacitores de valores pequenos.

Procedimento

- Para capacitores a partir de μ F, o multímetro deve ser colocado na escala mais alta de resistência e deve ter pelo menos 10 000 ohms por volt de sensibilidade para os analógicos. Escala: OHMS x 100 ou OHMS x 1K(analógicos) ou 200 K e 2000K (digitais).

Observação: Multímetros de menor sensibilidade podem não detectar com facilidade o estado de capacitores na faixa de 1 a 10 μ F.

- Zere o instrumento se for analógico
- Encoste os terminais do instrumento nos terminais dos componentes, preferivelmente a ponta vermelha deve estar no pólo positivo do componente.

Na figura 35 temos o procedimento para esta prova.

Figura – 35: Medindo capacitor

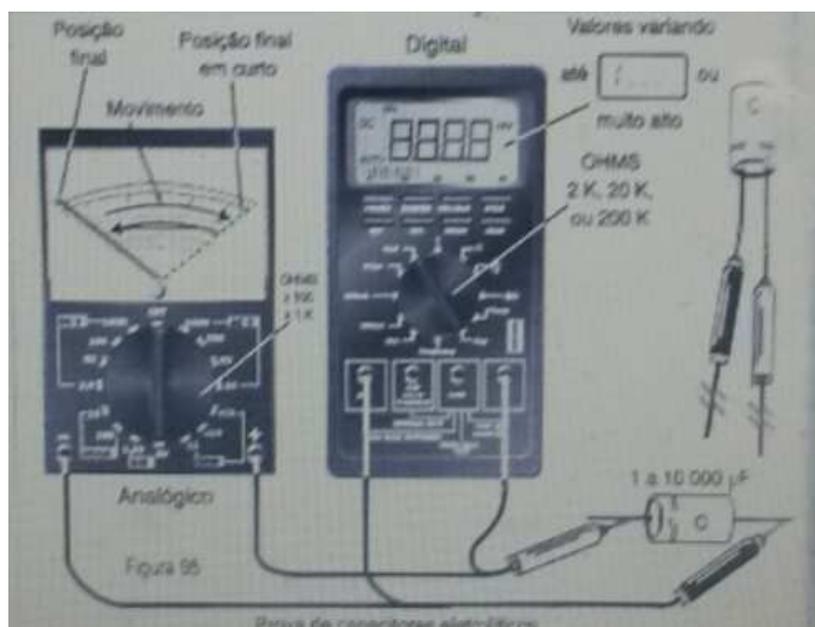


Figura – 35

Interpretação:

- O ponteiro vai até a região das baixas resistências (em torno de zero) e depois com menor velocidade volta para a região das altas resistências ou mesmo infinito. A resistência final marcada é maior que $1\text{ M}\Omega$ – o capacitor se encontra em bom estado.
- O ponteiro se desloca para a região das baixas resistências (menor que $10\text{K}\Omega$) e estaciona – o capacitor se encontra em curto ou com grandes fugas.
- O ponteiro não se move, ficando no infinito ou na região de resistências muito altas – o capacitor está aberto.
- O ponteiro vai até a região das baixas resistências e depois volta com fugas.

Importante: Evidentemente, no caso dos digitais não temos movimentação de agulha, a não ser nos tipos que tenham essa função digitalizada. No entanto, muitos tipos possuem uma função que permite a prova de capacitores.

Observações: A velocidade com que o ponteiro se move na prova de um eletrolítico e depois volta a infinito, depende de seu valor. Um capacitor de grande valor faz com que um voltímetro analógico tenha o ponteiro deslocado rapidamente até perto de zero e depois volte lentamente para o infinito. Já um capacitor de pequeno valor provoca um leve deslocamento do ponteiro rumo às baixas resistências e uma volta rápida para o infinito, conforme mostra a figura 96.

4-4 Prova de Diodos

Tipo de Prova

- De estado das junções
- Para diodos de silício e de germânio, de uso geral e retificadores
- Fora do circuito

Com esta prova, podemos verificar o estado das junções de diodos de uso geral e retificadores para correntes até 10 A ou mais, e também detectar eventuais fugas. As provas são de continuidade e feitas em duas etapas, com a medida da resistência no sentido direto e no sentido inverso.

Procedimento

- Coloque o multímetro na escala mais baixa de resistência: OHMS X1 ou OHMS x10 para analógicos, e 200 ou 2000 ohms para os digitais.
- Zere o instrumento se for analógico
- Meça a resistência no sentido direto, e depois no sentido inverso. Como a ordem exata não importa, basta encostar as pontas de provas nos terminais do diodo, anotar a resistência e depois repetir a prova invertendo as posições das pontas de prova. Em alguns instrumentos digitais existe a função de prova de continuidade, que deve ser preferida por operar com correntes de prova mais elevadas. Nas escalas de resistência, em casos em que a corrente de prova é muito baixa, a resistência medida no sentido direto pode ser muito alta e mesmo assim o diodo estar bem. Na figura 36 mostramos como esta prova deve ser feita.

Figura – 36: Medindo diodo

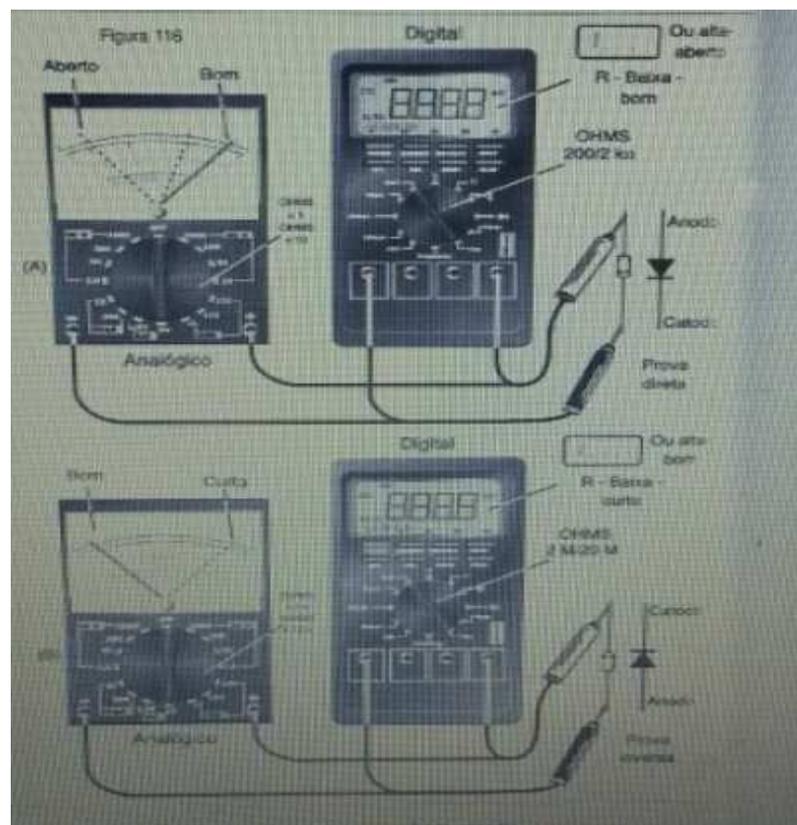


Figura – 36

Interpretação:

- No sentido direto (uma das medidas), a resistência é muito baixa (não superando 5000 ohms, conforme o diodo) e na outra infinita – o diodo se encontra em bom estado.

- Tanto no sentido direto, (uma das medidas), como no inverso(outra medida), a resistência é muito baixa – o diodo se encontra em curto;
- Tanto no sentido direto (uma medida), como no inverso (outra medida), a resistência é infinita – o diodo se encontra aberto.

Observações

- Os valores encontrados na resistência direta variam de diodo para diodo;
- A leitura no sentido direto depende de diversos fatores, além das próprias características do diodo, como do instrumento usado;
- Tendo baixa resistência no sentido direto (abaixo de 5000 ohms), o diodo pode ser considerado bom;
- O valor da resistência medida neste teste não corresponde, de modo algum, àquela que vai ser apresentada pelo componente quando em funcionamento.

Prova de fuga

- Coloque o multímetro na escala mais alta de resistência: OHMS x1 K ou OHMS x10 K se for do tipo analógico. Se for digital use as escalas d e 20K ou 200K ohms.
- Zere o instrumento (analógico);
- Meça a resistência no sentido inverso. (Se tiver dúvidas, faça as duas medidas, a de alta resistência corresponde ao sentido inverso, se o diodo estiver em bom estado). Na figura 116 temos o modo de se fazer esta prova.

Interpretação

- A resistência para diodos de silício é superior a 50 M Ω – O diodo se encontra bom, sem fugas.
- A resistência para diodos de germânio é superior a 500K Ω – o diodo está em bom estado
- As resistências são inferiores aos dados para as medidas anteriores – o diodo tem fugas;

Observação: os diodos de germânio apresentam resistências inversas bem menores que os de silício. Assim, num lote de 1N4007 ou 1N4004, encontramos sempre resistências maiores que 50M Ω , enquanto que num lote de 1N34 e 1N60, as resistências variam entre 500K Ω e até

pouco menos de 1 ou 2 M Ω para os diodos bons. As medidas foram feitas com um multímetro de 50000 ohms por volt na escala OHMS x10K.

4-5 Prova de Transistores Bipolares

Tipo de Prova

- De junção para transistores NPN e PNP, fora do circuito
- De fugas
- Transistores de pequena potência, média potência e grande potência.

Com esta prova, verificamos o estado das junções de um transistor, permitindo estabelecer se ele se encontra ou não em condições de funcionamento, e também detectar eventuais fugas que podem comprometer sua aplicação. A prova é válida para transistores de baixa e alta frequência, se bem que o ganho e outras características não possam ser determinados.

Prova de junção(estado)

Procedimento

- Coloque o multímetro na escala mais baixa de resistência: OHMS x1 ou OHMS x10 se for analógico. Se for digital use as escalas de 200 ou 2000 ohms.
- Zere o instrumento se for analógico
- Faça as seguintes medidas:

Resistência direta coletor – emissor

Resistência inversa coletor – emissor

Resistência direta base – coletor

Resistência direta base – emissor

Resistência inversa base – coletor

Como não é importante saber, neste caso, o que são resistência direta e inversa, basta fazer as duas medidas, invertendo-se na segunda as pontas de prova. Para esta prova deve ser usada a função de continuidade dos digitais, e no caso de escalas de resistências não será necessário zerar. No entanto, a maioria dos multímetros digitais faz a prova direta dos transistores bipolares com indicação de ganho.

Na figura 37 ilustramos como devem ser feitas todas estas medidas.

Figura – 37: Medindo transistor

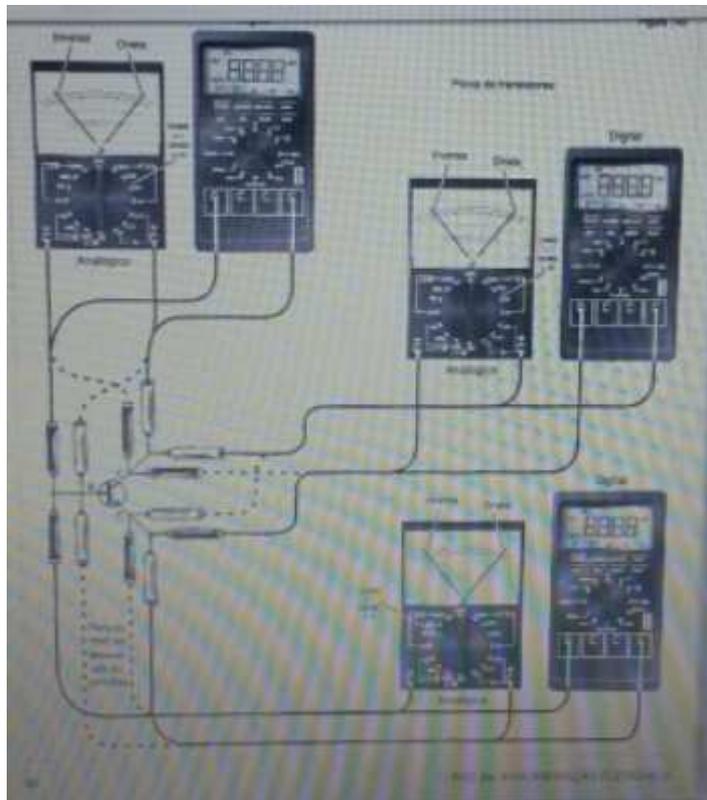


Figura - 37

Interpretação:

Satisfeitas estas medidas, o transistor estará com as junções em bom estado. Para transistores NPN e PNP, as polaridades das pontas de prova são diferentes.

Na figura 38 comparamos as polaridades das medidas dos transistores NPN com os PNP; as resistências altas devem ser superiores a 2 M Ω para transistores de silício e da ordem de 1 M Ω ou mais para os de germânio. As baixas variam entre alguns ohms e até 1000 ohms em aberto; medidas de baixa, onde deveriam ser altas, indicam um transistor em curto.

Figura – 38

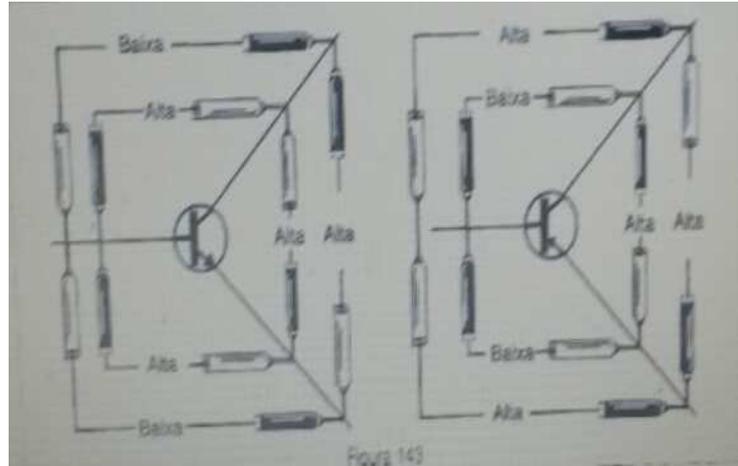


Figura – 38

Prova de Fuga

Procedimento

- Coloque o instrumento na escala mais alta de resistência: OHMS x1 K ou OHMS x10K, se for analógico. Se for digital use as escalas de 200K ou 2000K;
- Zere o multímetro se for analógico;
- Meça a resistência entre o coletor e o emissor do transistor, que deve estar fora do circuito. Não é necessário observar a polaridade. Não será preciso zerar o instrumento, se for digital. Alguns instrumentos digitais possuem uma função específica de fuga para transistores, que deve ser preferida neste caso.

Na figura 39 mostramos como esta prova deve ser feita.

Figura – 39

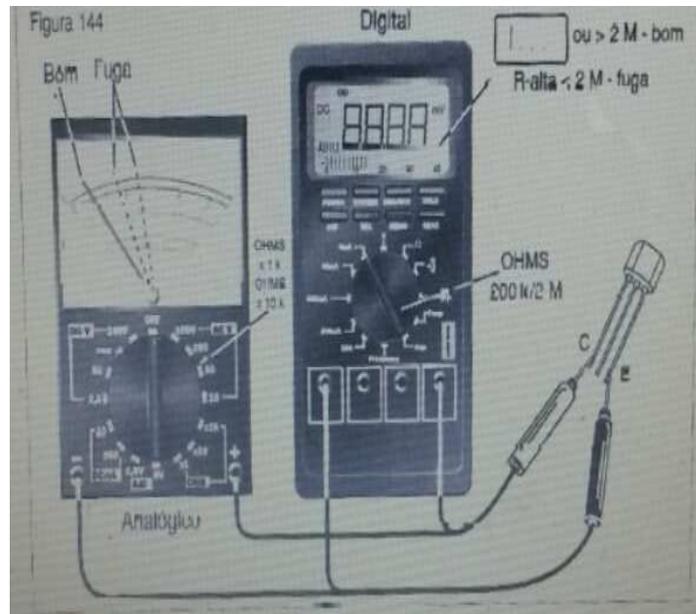


Figura – 39

4-6 Prova de Pontes Retificadoras

Tipo de prova

- De continuidade das junções, fora do circuito;
- Para pontes retificadoras de qualquer tensão e corrente

Com esta prova, de acordo com a figura 40, podemos detectar o estado de pontes retificadoras de pequenas e médias correntes. São estas pontes retificadoras formadas por 4 diodos semicondutores de silício, que devem ser testados um a um.

Observação: Prefere-se a função de continuidade para esta prova, se ela for disponível. Devem ser medidas as resistências no sentido direto e, invertendo-se as pontas de prova, no sentido inverso.

Interpretação

- As resistências no sentido direto são baixas, não superando algumas centenas de ohms, e as resistências no sentido inverso são infinitas ou acima de $10\text{M}\Omega$ a ponte retificadora se encontra em bom estado.

- Nas leituras em que deveriam ser encontradas altas resistências, são encontradas baixas – a ponte retificadora se encontra em curto.
- Nas leituras em que deveriam ser encontradas baixas resistências temos altas – a ponte se encontra aberta.

Figura – 40: Ponte retificadora

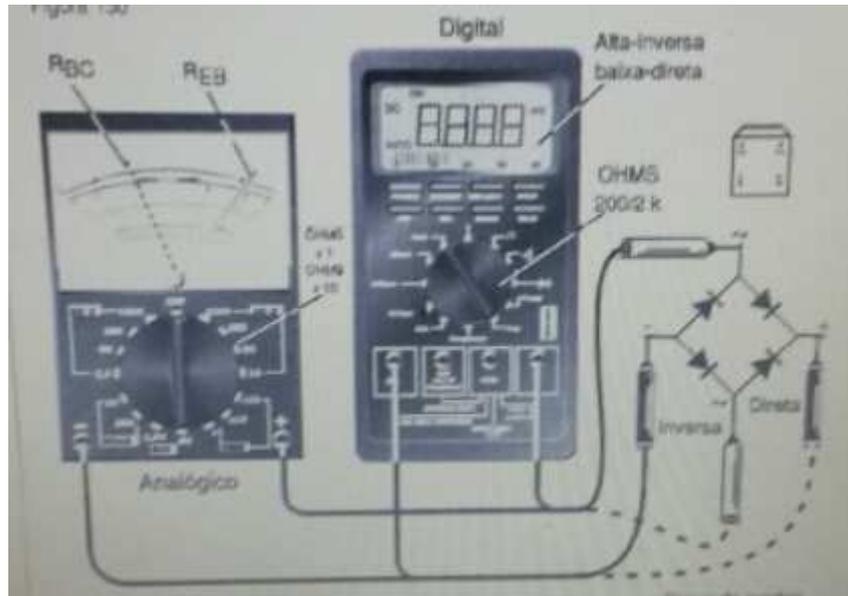


Figura - 40

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao escolher o tema da monografia, fui influenciado pela curiosidade de saber da fucionabilidade de todos os componentes eletrônicos que fazem parte das placas eletrônicas dos equipamentos de bordo, e é tanto comentado pelos corredores da ESCOLA DE MARINHA MERCANTE; mas nenhuma informação específica do seu funcionamento fora sido divulgada.

Durante a fase de pesquisa e seleção de material uma nova compreensão me fora lentamente sendo apresentada, esta extremamente tecnológica e sem espaços para os mínimos erros põe a prova, cedo ou tarde, todos os marinheiros.

Espero que tal material contribua de forma ímpar para o aprendizado e formação profissional daqueles que vem após mim. Lembremos sempre as palavras do grande mestre CLC Sidnei Esteves: “Tem aqueles que sabem como navegam, outros navegam como sabem, alguns só Deus sabe como navegam e tem aqueles que nem Deus sabe como...” e nos esforcemos para por em prática seus ensinamentos e venhamos a estar no primeiro grupo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MALVINO, Albert Paul; **Eletrônica**; Tradução : ABDO, Romeu; 4ª Ed. São Paulo: Person Education, [19--?]

_____ ; BATES, David J.; **Eletrônica**; Tradução: ABDO, Romeu; 7ª Ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2007.

FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo; SANTOS, Jose Ivan Cardoso dos; **Física 3: Eletricidade**; 5ª Ed. São Paulo: Atual Editora, [ca. 1984]

SANTOS, Marcos Jerômimo dos; **Componentes Eletrônicos**. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=7Vgciei2Oow> >. Acesso em: Nov. 2013