GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ

Secretaria da Educação

ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL - EEEP

ENSINO MÉDIO INTEGRADO À EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

CURSO TÉCNICO EM MECÂNICA

ELETROELETRÔNICA BÁSICA

GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria da Educação

Governador
Cid Ferreira Gomes

Vice Governador
Domingos Gomes de Aguiar Filho

Secretária da Educação
Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretário Adjunto
Maurício Holanda Maia

Secretário Executivo
Antônio Idilvan de Lima Alencar

Assessora Institucional do Gabinete da Seduc
Cristiane Carvalho Holanda

Coordenadora da Educação Profissional – SEDUC
Andréa Araújo Rocha

Sumário

1. INTRODUÇÃO À ELETRÔNICA 2
2. REVISÃO DE ELETRICIDADE 7
3. CORRENTE ELÉTRICA, TENSÃO ELÉTRICA E RESISTÊNCIA ELÉTRICA. 10
4. RESISTÊNCIA ELÉTRICA 16
5. RESISTOR 18
6. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES 22
7. INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS 27
8. TENSÃO CONTÍNUA(CC) E TENSÃO ALTERNADA(CA) 30
9. DIODO 31
10. CIRCUITOS RETIFICADORES 36
11. TRANSISTOR 43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 46

1. INTRODUÇÃO À ELETRÔNICA

O estudo da eletrônica é bem abrangente e envolve vários conhecimentos específicos. A eletrônica está presente em todas as áreas da vida moderna. Podemos ver placas e circuito eletrônico presentes em vários eletrodomésticos como forno de micro-ondas, condicionadores de ar, televisores, etc. Eletrônica é a área da engenharia que estuda o controle de energia elétrica através de dispositivos semicondutores. Todos os dispositivos eletrônicos modernos são constituídos por materiais semicondutores.

Todo estudo da eletrônica se inicia meça nos princípios atômicos

TEORIA ATÔMICA

O estudo da matéria e sua composição é fundamental para a compreensão da teoria eletrônica, que você começará a estudar, neste capítulo. Com essa preocupação, iniciaremos esse estudo conhecendo o arranjo físico das partículas que compõem o átomo e a maneira como essas partículas se comportam.

Composição da matéria

Matéria é tudo aquilo que nos cerca e que ocupa um lugar no espaço. Ela se apresenta em porções limitadas que recebem o nome de corpos. Estes podem ser **simples** ou **compostos.**

Observação

Existem determinados fenômenos com os quais temos contato na vida diária, que não ocupam lugar no espaço não sendo, portanto, considerados matéria. Exemplos desses fenômenos são o som, o calor e a eletricidade.

Corpos simples são aqueles formados por um único átomo. São também chamados de elementos. Alguns exemplos são: o ouro, o cobre e o hidrogênio.

Corpos compostos são aqueles formados por uma combinação de dois ou mais elementos. São exemplos de corpos compostos o cloreto de sódio (ou sal de cozinha) que é formado pela combinação de cloro e sódio; e a água, formada pela combinação de oxigênio e hidrogênio.

A matéria e, consequentemente, os corpos compõem-se de **moléculas** e **átomos.** O que vem a ser moléculas? O que vem a ser átomos?

Molécula:É menor partícula em que se pode dividir uma substância de modo que ela mantenha as mesmas características da substancia que a originou.

Tomemos como exemplo uma gota de água: se ela for dividida continuamente, tornar-se-á cada vez menor, até chegarmos à menor partícula que conserva as características da água, ou seja, a **molécula de água**. Veja, na ilustração a seguir, a representação de uma molécula de água.

Figura 1: Molécula

As moléculas se formam porque, na natureza, todos os elementos que compõem a matéria tendem a procurar um equilíbrio elétrico.

Átomo

Os animais, as plantas, as rochas, as águas dos rios, lagos e oceanos e tudo que nos cerca é constituído de **átomos.**

O átomo é a **menor** partícula em que se pode dividir um elemento e que, ainda assim, conserva as propriedades físicas e químicas desse elemento.

Constituição do átomo

O átomo apresenta uma parte central chamada **núcleo** e uma parte periférica denominada **eletrosfera**, sendo ambas constituídas de partículas subatômicas, isto é, de partículas muito pequenas.

A eletrosfera é formada pelos **elétrons**, que apresentam **carga** elétrica **negativa.** Já o núcleo é constituído de dois tipos de partículas:

- Os **prótons,** com **carga** elétrica **positiva**
- Os **nêutrons**, que são eletricamente **neutros.**

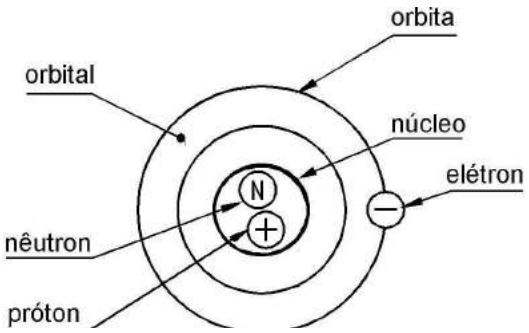


Figura 2:Repre4sentação esquemática do átomo

Juntos, os prótons e os nêutrons formam a parte mais pesada do átomo.

Os átomos podem ter uma ou várias órbitas, dependendo do seu número de elétrons. Cada órbita contêm um número especifico de elétrons.

Na eletrosfera os elétrons estão distribuídos em camadas ou níveis energéticos. De acordo com o número de elétrons, a eletrosfera pode apresentar de 1 a 7 níveis energéticos, denominados K, L, M, N, O, P e Q.

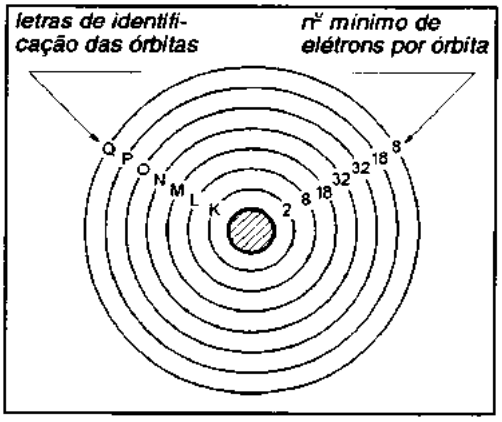


Figura 3: Representação sa eletrosfera

A distribuição dos elétrons nas diversas camadas obedece a regras definidas. A regra mais importante para a área eletroeletrônica refere-se ao nível energético mais distante do núcleo, ou seja, a camada externa: o número **máximo** de elétrons nessa camada é de oito elétrons.

Os elétrons da órbita externa são chamados **elétrons de valência.** Por estarem mais distantes do núcleo, alguns desses elétrons têm certa facilidade de se desprenderem de seus átomos. (elétrons livres).

Em geral, a movimentação dos elétrons livres é provocada por um agente externo, como é o caso de uma pilha elétrica, bateria ou gerador elétrico. Todas as reações químicas e elétricas acontecem nessa órbita ou camada externa chamada de **nível** ou **camada de valência.**

A teoria eletrônica estuda o átomo só no aspecto da sua eletrosfera, ou seja, sua região periférica ou orbital.

Íons

No seu estado natural, o átomo possui o número de prótons igual ao número de elétrons. Nessa condição, dizemos que o átomo está **em equilíbrio** ou **eletricamente neutro.**

O átomo está em desequilíbrio quando têm o número de elétrons **maior** ou **menor** que o número de prótons. Esse desequilíbrio é causado sempre por forças externas que podem ser **magnéticas, térmicas** ou **químicas.**

O átomo em **desequilíbrio** é chamado de **íon.** Os íons podem ser: Negativo ou Positivo

- Os íons negativos, também chamados de **ânions,** são átomos que **receberam** elétrons.
- Íons positivos, ou **cátions,** são átomos que **perderam** elétrons.

A transformação de um átomo em íon ocorre devido a forças externas ao próprio átomo. Cessada a causa externa que originou o íon, a tendência natural do átomo é atingir o equilíbrio elétrico.

Para atingir o equilíbrio elétrico, o átomo cede os elétrons que estão em excesso ou recupera os elétrons em falta.

2. REVISÃO DE ELETRICIDADE

A energia elétrica é uma modalidade energética de fundamental importância para a vida moderna. Entretanto, foi necessário muito tempo para o ser humano entender os fenômenos da eletricidade, de modo a utilizá-la em seu benefício.

A eletricidade é a parte da física que estuda fenômenos relacionados com cargas elétricas. Ela é dividida em eletrostática e eletrodinâmica. A eletrostática estuda os fenômenos relacionados com cargas elétricas estáticas, isto é, cargas elétricas em repouso. A eletrodinâmica estuda fenômenos relacionados com cargas elétricas em movimento. A eletrodinâmica estuda circuitos elétricos. Nessas aulas introdutórias de eletricidade abordaremos somente a eletrodinâmica, cujos conceitos são relevantes para a análise de circuitos eletrônicos. Antes porém apresentaremos os conceitos de material isolante, material condutor e material semicondutor.

Os átomos, para formarem os elementos, se unem através de ligações químicas. A ligação química ocorre entre os elétrons de valência. Elétron de valência é um elétron que está na última camada de um átomo. Entre as ligações químicas queremos destacar as ligações metálicas e as ligações covalentes. As ligações metálicas se caracterizam por deixarem elétrons livres na estrutura do material formado. Um metal apresenta milhões de elétrons livres em sua estrutura. Um elétron livre é um elétron que não está ligado a nenhum átomo. Ele vaga solto na estrutura. Já as ligações covalentes se caracterizam pelo compartilhamento de elétrons. Os elétrons que participam dessa ligação estão fortemente ligados aos átomos. Os elétrons livres existem em grande número nos materiais chamados de bons condutores. Os metais são os melhores condutores, seus átomos se ligam por ligação metálica, e apresentam milhões de elétrons livres em sua estrutura. Podemos citar como exemplo de conduto o cobre, o alumínio e o ouro. Os metais apresentam baixa resistividade.

Já os Isolantes não apresentam elétrons livres em sua estrutura. Seus átomos se ligam por ligações covalentes e os elétrons que participam dessa

ligação estão fortemente presos a estrutura molecular. Os materiais isolantes apresentam resitividade muito alta. Temos como exemplo de materiais isolante a madeira, o vidro, a borracha e a porcelana. Os isolantes são utilizados para separarem as partes energizadas de um circuito de estruturas metálicas, como isolação de uma ferramenta, etc. A Figura 4 mostra condutores de cobre revestidos por material isolante.

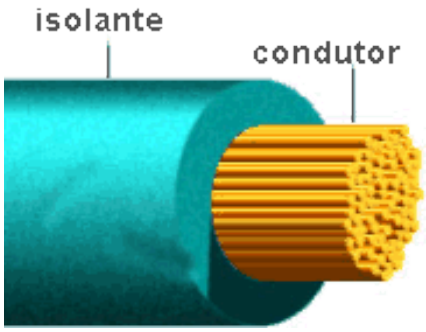


Figura 4: *Cabos de cobre com isolação*

(fonte: www.portalsaofrancisco.com.br).

Os materiais elétricos semicondutores são formados por átomos que se ligam por ligações covalentes, porém essas ligações são fracas e são desfeitas por temperatura e luz. Os elétrons dos semicondutores quando tem suas ligações covalentes quebrada tornam-se elétrons livres, porém eles são capturados para que as ligações sejam refeitas. Como resultado os semicondutores apresentam muitos elétrons livres, porém bem menos que os condutores. Os semicondutores são os materiais utilizados para fazerem os componentes eletrônicos, como diodo, transistores, circuitos integrados, etc. A Figura 5 mostra uma placa de circuito integrado com vários componentes eletrônicos formados por semicondutores. Os elementos químicos que são utilizados para formarem semicondutores são o Silício (Si) e o Germânio (Ge). Os semicondutores aoresentam uma resistividade intermediária entre isolantes e condutores.

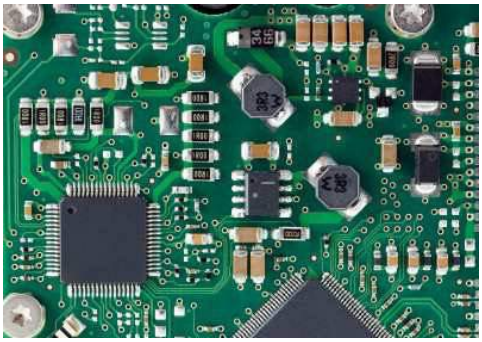


Figura 5:Placa de circuito integrado (fonte: www.piab.com).

OBS: 1. Sal dissolvido em água também conduz eletricidade. Porém os condutores aguosos não bons condutores. Os metais são os bons condutores elétricos.

2. O condutor mais utilizado em instalações elétricas residenciais é o cobre.

3. CORRENTE ELÉTRICA, TENSÃO ELÉTRICA E RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

Neste tópico entraremos no estudo da Eletrodinâmica, que é o a parte da eletricidade que estuda fenômenos relacionados com cargas elétricas em movimento. Logo a Eletrodinâmica estuda e descreve o comportamento de circuitos elétricos, Figura *6*, através de equações e modelos.

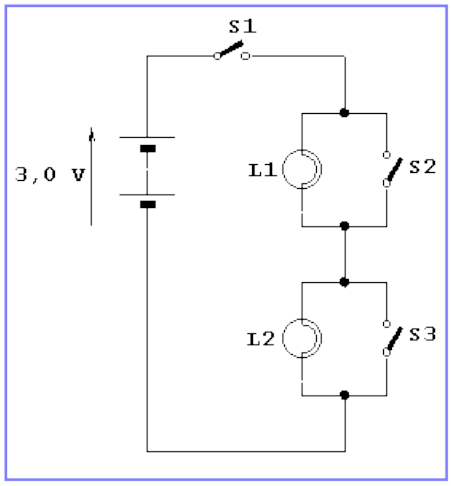


Figura 6:Esquema de um circuito elétrico.

Como já foi dito, os metais apresentam uma enorme quantidade de elétrons livres. Esses elétrons estão vagando desordenadamente pela estrutura do metal, *Figura 7* Temos como exemplo um fio de cobre que não está ligado a nada. Quando nos terminais desse metal aparecer uma polarização de cargas, ou seja, um lado fica positivo e o outro negativo, os eletros são atraídos pelo pólo positivo e repelidos pelo pólo negativo, dessa forma todos eles caminham em uma mesma direção, dando origem a uma corrente elétrica. A corrente elétrica é um fluxo orientado de elétrons, *Figura 2.2.*3. Iremos ver em seguida que quem provoca a corrente elétrica e uma ddp.

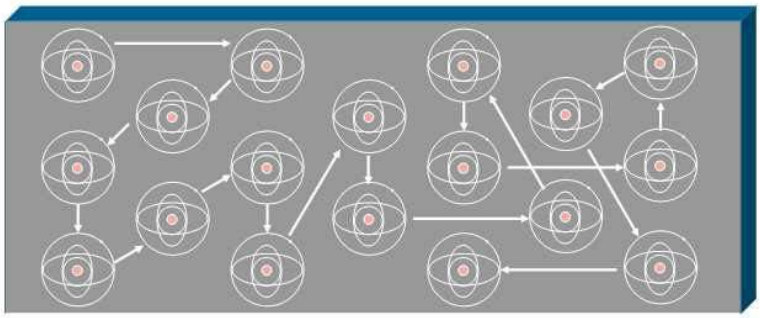


Figura 7:Elétrons livres em um metal.

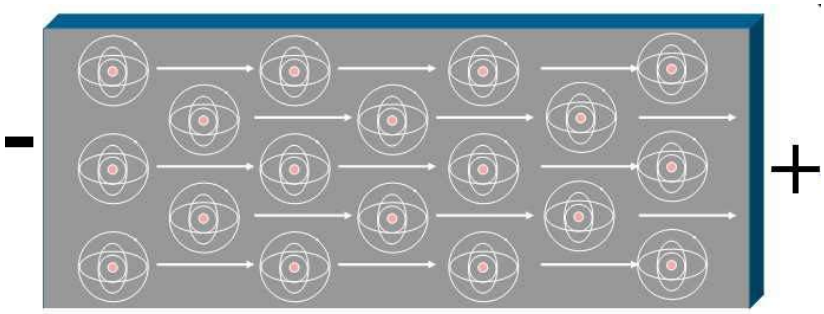


Figura 8: *Corrente em um metal.*

A **corrente elétrica** é um movimento ordenado de elétrons. Só os elétrons têm mobilidade para dar origem a uma corrente. **Corrente real** é um fluxo orientado de elétrons. Antecipando um conceito do próximo tópico podemos afirmar que os elétrons vão do ponto de menor potencial para o de maior potencial. No entanto foi inventado um sentido para corrente chamado de **Corrente Convencional**. A corrente convencional é considerada como um movimento ordenado de prótons, ou seja, de cargas positivas. É a corrente convencional que é considerada no estudo dos circuitos elétricos. A Figura Figura 9 mostra esses dois tipos de correntes. O sentido da corrente real é do potencial negativo para o positivo, e a corrente convencional tem sentido inverso.

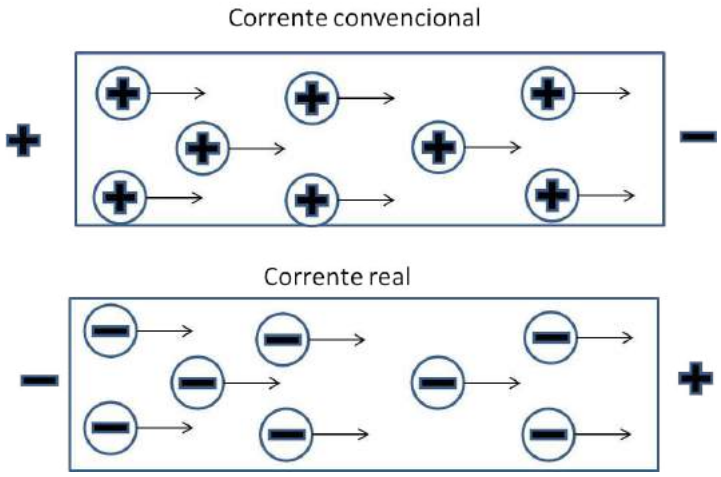


Figura 9:Corrente convencional e corrente real

A corrente elétrica é numericamente a quantidade de carga que passa por unidade de tempo. Geralmente a unidade de tempo é o segundo e a carga é o elétron, então a corrente elétrica diz quantos elétrons estão passando por segundo. A corrente elétrica é representada pela letra **I** e é dada por:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Sendo ΔQ a variação de carga e Δt a variação de tempo. Ou seja, corrente é a variação de carga em um intervalo de tempo. A unidade de corrente elétrica é o **Amper**, representada pela letra **A**. Para entendermos melhor suponha que você pudesse ver os elétrons passando em um fio de cobre, e você, usando um lápis, fizesse no fio um risco perpendicular ao comprimento. Se no fio está passando uma corrente de 1 A então por esse risco que você fez está passando 6,23 x 10^{18} elétrons por segundo. Veja que esse número é enorme: 6230000000000000000 elétrons por segundo. A unidade de carga elétrica é o Coulomb (C), **1 C = 6,23 x 10^{18}** elétrons. A corrente de 1 A equivale a 1 Coulomb por segundo(**1 A = 1C/s**). Um condutor com uma corrente de 5 A passa cinco vezes mais elétrons por segundo do que um com 1A. Mas para nós não importa quantos elétrons estão passando e sim entendermos que quanto maior a corrente maior o fluxo de elétrons. Preocuparemos-nos com os valores quantitativos da corrente tais como 3 A, 7 A, 0,5 A, etc.

Muitas vezes os valores de corrente são representados em múltiplos e submúltiplos de Amper. São eles mA (miliamper), kA(kiloamper), microamper(μA) etc. Mili significa dividir por mil(mililitro é um milésimo do litro), kilo significa multiplicar por mil(1 kg são 1000g). Assim temos que 1 A = 1000mA, 1kA = 1000 A, 250 A = 0,25kA etc. A tabela 1 mostra algunsmultiplos e submúltiplos do amaper.

Tabela 1: Multiplus e submultíplus do Amper

nA = 10^{-9} A (nanoAmoper).
μA = 10^{-6} A (microamper).
mA = 10^{-3} A(miliAmper).
kA= 10^{3} A (kiloAmper).
MA = 10^{6} A (megaAmper).

Conceitualmente diferença de potencial (ddp) elétrico entre dois pontos A e B é o trabalho para se levar uma carga elétrica do ponto A ao ponto B dividido pela carga. Esse conceito é bastante abstrato e muito importante para estudantes de física, mas não agrega um significado relevante para o nosso curso, portanto, teremos que simplificá-lo. Existe diferença de potencial entre dois pontos quando há uma polarização de cargas, ou seja, um ponto é mais positivo que o outro ponto, ou simplesmente um positivo e o outro é negativo. A ddp é uma grandeza elétrica e é medida em Volts. Assim Volt (V) é a unidade de ddp ou Tensão elétrica. Em uma bateria automotiva, Figura-10, existe o pólo positivo e o pólo negativo. A ddp ou tensão entre esse dois pólos é de 12V.

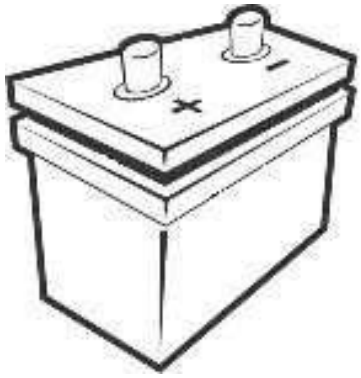


Figura 10:Bateria automotiva. Existe uma ddp ou tensão elétrica entre o polo positivo e o negativo.

A diferença de potencial entre dois pontos A e B representa que existe polarização entre esses pontos, um está mais positivo que o outro. A tensão elétrica é a diferença de potencial entre dois pontos. É a tensão elétrica que possibilita o surgimento de uma corrente elétrica. De maneira simplista diz-se que a tensão é a força que impulsiona os elétrons dentro do condutor. Podemos fazer uma analogia entre um circuito elétrico e um circuito hidráulico, no qual duas caixas d'água ligadas por um tubo com registro, Figura *Figura11* apresentam níveis diferentes. O nível da água na caixa A é superior ao da caixa B, existindo uma diferença de potencial hidráulico entre os recipientes. Se abrirmos o registro, haverá fluxo de água de A para B, até que a água fique no mesmo nível nas duas vasilhas. Nesse caso não haverá mais circulação de água, *Figura 12*. Do mesmo modo é em eletricidade, só haverá corrente elétrica se houver diferença de potencial, se a ddp for igual a zero não haverá corrente elétrica.

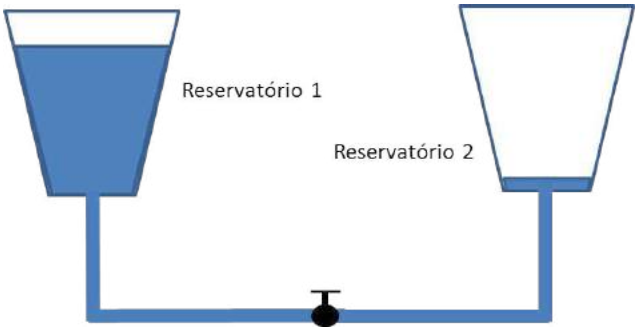


Figura 11: Válvula fechada. Resservatórios com níveis de água diferentes

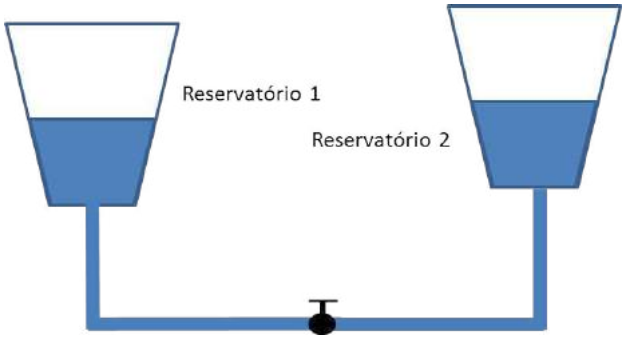


Figura 12:Válvula aberta. Circula água do reservatório 1 para o 2 até igualar os níveis.

A tensão elétrica é medida no Sistema Internacional em **Volts**, e é representa pela letra **V**.

Fonte de Tensão

A fonte de tensão é um equipamento que disponibiliza uma tensão elétrica entre dois terminais. Temos como exemplo de fontes de tensão uma bateria automotiva, um carregador de bateria de celular, um carregador de bateria automotiva, uma pilha, uma fonte de computador etc. Nos terminais de uma fonte de tensão geralmente a polaridade é indicada, o terminal positivo com (+) e o negativo com (-). A Figura Figura 13 mostra a representação de uma fonte de tensão. Note que a placa maior é o terminal + e a menor o terminal -. Usa-se a letra E (de força Eletromotriz) ou a letra V para designar a fonte. O valor da tensão deve ser indicado no lado da fonte. Ex E= 12V

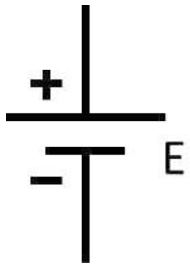


Figura 13: Fonte de tensão

4. RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Resistência elétrica é a característica que todo corpo tem de se opor a passagem de corrente elétrica pelo seu interior Todo corpo tem resistência elétrica A resistência de um corpo depende do material do qual ele é feito e de suas dimensões físicas (sua forma). A resistência de um corpo é dada por:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Sendo ρ a resistividade do material do qual o corpo é feito, *l* é o comprimento do corpo e *A* área da secção transversal.

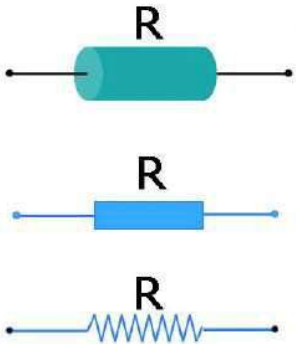


Figura 14:Símbolo da resistência elétrica.

A resistência elétrica é simbolizada por **Ω** e sua unidade é o **Ohm.** Por exemplo: R = 4Ω (Lê-se R igual a 4 ohms). A *Figura 14* mostra às maneiras de se representar a resistência elétrica em um circuito.

A resistência de um fio, condutor como o da *Figura 14*, obviamente depende do material condutor do qual o fio é feito, do seu comprimento e da área da secção transversal do condutor(bitola). Quanto maior for o fio maior será sua resistência, e quanto maior for a área do fio menor será sua resistência. Ou seja, para dois cabos de cobre de mesma bitola, um de 200m e o outro de 50m, o de 200m terá maior resistência que o de 50m. Isso porque será maior o caminho a ser percorrido pelo elétron. Agora em relação a área da secção transversal (bitola), para dois cabos de cobre do mesmo tamanho o de maior

área terá menor resistência. Fazendo analogia com hidráulica, assim como um cano de maior bitola deixa fluir maior quantidade de água que um de menor bitola.

A resistividade é inerente a cada material. A tabela 1*I* mostra a resistividade de alguns metais. A unidade de resistividade está entre parênteses. Na fórmula mm^2 da resistividade é cancelado com mm^2 da bitola(*A*), e o m da resistividade é cancelado com o m do comprimento (L).

Tabela 2: Código de Cores

Material	**ρ (Ω.mm²/m)**
Alumínio	0,0292
Cobre	0,0172
Prata	0,00158
Ferro	0,09
Mercúrio	0,96
Grafite	13
Tungstênio	0,055

Ex: Determine a resistência de 100m de cabo de cobre de 1,5mm^2.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$R = 0,0172 \frac{100}{1,5}$$

$$R = 1,15\Omega$$

5. RESISTOR

O Resistor é um componente de dois terminais fabricados para terem uma determinada resistência. Ele é formado por um corpo cilíndrico de cerâmica sobre o qual se deposita um material resistivo, esse material determina o tipo e o valor nominal do resistor. O material resistivo pode ser filme de carvão, filme metálico ou fio de metal. Para o usuário geralmente não importa de que material é feito o resistor, mas sim o seu valor. Os resistores são utilizados em circuitos eletrônicos para limitar corrente e reduzir tensões. O valor nominal do resistor é dado por um código de cores no qual cada cor representa um numero segundo as tabelas 3 e 4I e Tab IV. Para resistores com quatro cores, como mostra a Figura Figura 14 temos que as três primeiras cores darão o valor nominal do resistor e a quarta cor será a tolerância. A tolerância representa um percentual máximo de erro. O valor do resistor é dado por $R = \underline{1^a \text{ cor}} \ \underline{2^a \text{ cor}} \times 10^{3a \text{ cor}} \pm 4$ cor.

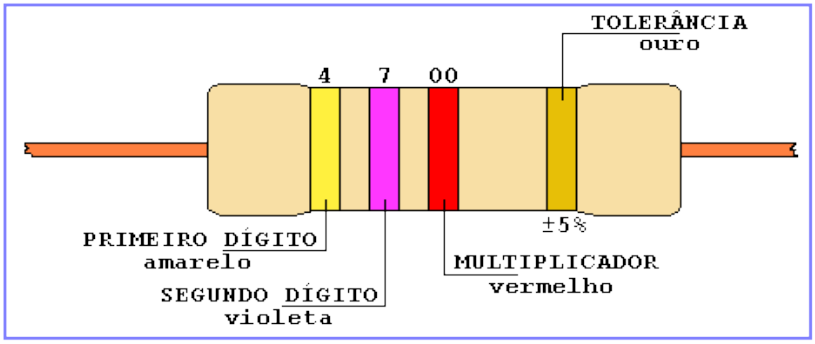


Figura 15: Resistor de 4700Ω com5% de tolerância..

Tabela 3: Código de Cores

Preto	0
Marrom	1
Vermelho	2
Laranja	3
Amarelo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Cinza	8
Branco	9

Tabela 4: Tolerância

Cor	Tolerância
Ouro	5%
Prata	10%

Simplificando

Tabela 5: Tabela de cores

Tabela de cores

Cores	1° anel 1° digito	2° anel 2°digito	3° anel Multiplicador	4° anel Tolerância
Prata	-	-	0,01	10%
Ouro	-	-	0,1	5%
Preto	0	0	1	-
Marrom	01	01	10	1%
Vermelho	02	02	100	2%
Laranja	03	03	1 000	3%
Amarelo	04	04	10 000	4%
Verde	05	05	100 000	-
Azul	06	06	1 000 000	-
Violeta	07	07	10 000 000	-
Cinza	08	08	-	-
Branco	09	09	-	-

Exemplo: Determine o valor do resistor com as cores VERDE, AZUL, VERMELHO e DOURADO.

$$R = 56x10^2$$
$$R = 5600\Omega$$
$$R = 5,6k\Omega$$

Lei de Ohm

O cientista George Simon Ohm, após vários experimentos, e dispondo de aparelhos para medir tensão e corrente elétrica, conclui que em um resistor a relação entre a tensão em seus terminais e a corrente que o percorre é numericamente igual à resistência desse resistor. Ele aplicou várias tensões no resistor, e para cada tensão apareceu uma corrente diferente. No entanto a relação entre a tensão e sua respectiva corrente era sempre o valor da resistência do resistor. Assim ele formulou a primeira Lei de Ohm: **A tensão nos terminais de uma resistência é igual ao produto do valor dessa resistência pelo valor da corrente que a percorre**. A Figura 16 mostra um circuito de aplicação direta da lei de ohm.

$$V = R \cdot I$$
$$I = \frac{V}{R}$$

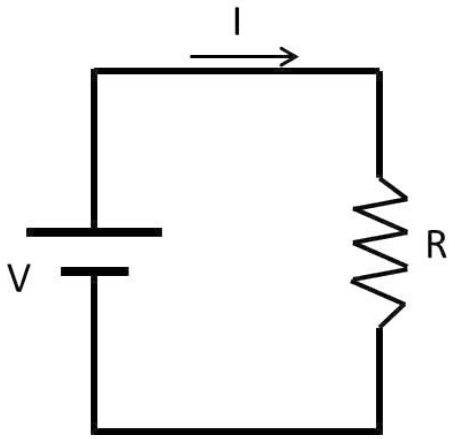


Figura 16: Circuito elétrico

Lei dos Nós

O nó é um ponto do circuito no qual a corrente elétrica tem mais de um caminho a seguir. A lei dos nós diz que a soma das correntes que entram em um nó é igual à soma das correntes que saem desse nó. Na Figura 17, i_2 *e* i_4 entram no nó e as correntes i_1 *e* i_3 saem do nó. Assim $i_1 + i_3 = i_2 + i_4$.

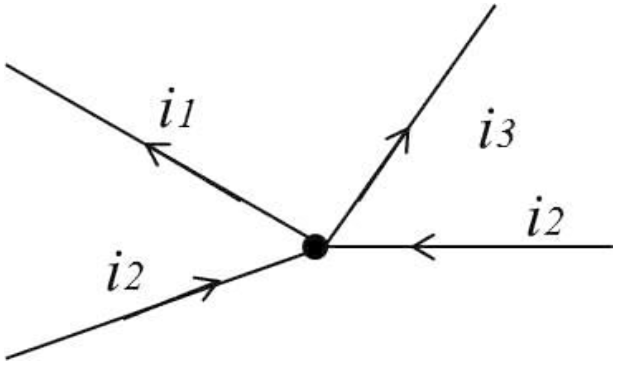


Figura 17: Lei dos nós.

6. ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

A) Associação em Série

Resistores associados em série são percorridos pela mesma corrente elétrica. Na Figura 18 a corrente I passa em R_1 , em R_2 e em R_3 . Esses resistores estão associados em série. Seja V_1, V_2 e V_3 a tensão respectivamente em R_1, R_2 e R_3. Assim, aplicando-se a lei de Ohm em cada resistor temos:

$$V_1 = R_1 \cdot I$$
$$V_2 = R_2 \cdot I$$
$$V_3 = R_3 \cdot I$$
$$V_F = V_1 + V_2 + V_3$$

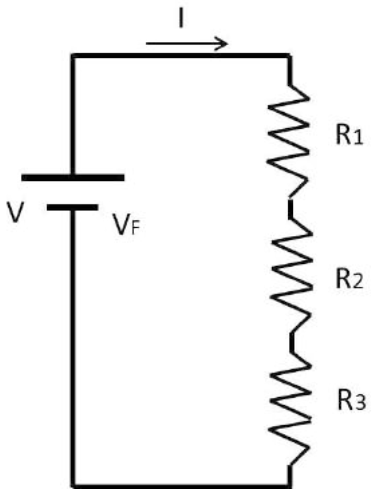


Figura 18:Associação em série

$$V_F = V_1 + V_2 + V_3$$
$$V_F = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$
$$I = \frac{V_F}{R_1 + R_2 + R_3}$$

B) Associação em Paralelo

Resistores associados em paralelo têm seus terminais ligados aos mesmos pontos. Resistores associados em paralelo são submetidos à mesma tensão, em outras palavras, a ddp entre seus terminais é a mesma.

Na Figura 19 a tensão V_F da fonte está sendo aplicada em cada resistor. Assim $V_{R1} = V_{R2} = V_{R3.}$

Logo

$$I_1 = \frac{V_F}{R_1}$$
$$I_2 = \frac{V_F}{R_2}$$
$$I_3 = \frac{V_F}{R_3}$$

E pela lei dos nós $I = I_1 + I_2 + I_3$

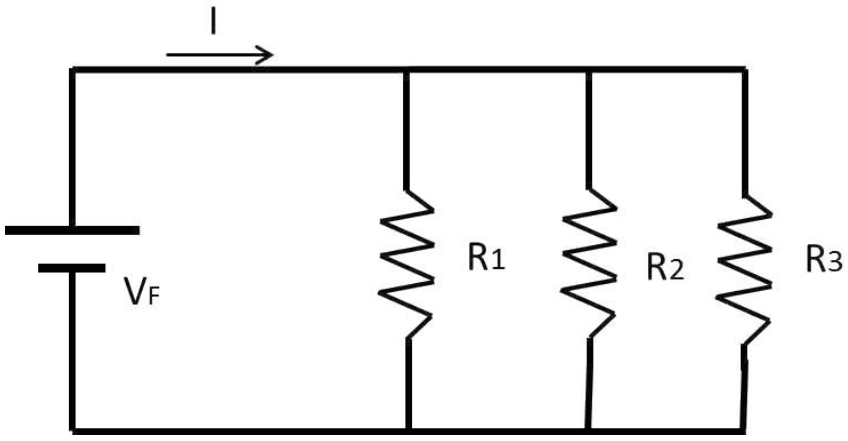


Figura 19:Associaçao em paralelo.

Exercício

1)Três resistores idênticos são colocados de tal modo que dois estão em série entre si e ao mesmo tempo em paralelo com o terceiro resistor. Dado que a resistência efetiva é de 2 Ω, quanto vale a resistência de cada um destes resistores Ohms (Ω)?

a) 100 Ω
b) 30 Ω
c) 1 Ω
d) 10 Ω
e) 3 Ω

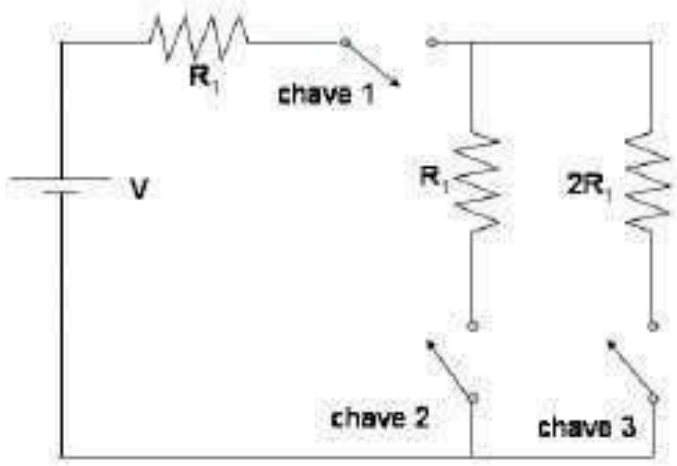
2)Calcule a resistência do circuito formado por 10 resistores de 10 kΩ, colocados todos em paralelo entre si, e em série com 2 resistores de 2 kΩ, colocados em paralelo

a) 1 kΩ
b) 2 kΩ
c) 5 kΩ
d) 7 kΩ
e) 9 kΩ

3)Dois resistores são submetidos a um potencial de 12 V. Quando eles estão em série, a corrente medida é de 1,33 A = 4/3 A. Quando eles estão em paralelo, a corrente medida é de 5,4 A. Os valores das resistências são:

a) 4 Ω e 2 Ω
b) 4 Ω e 5 Ω
c) 7 Ω e 2 Ω
d) 5 Ω e 1 Ω 4
e) 5 Ω e 4,5 Ω

4)No circuito apresentado na Figura abaixo, considerando que a potência dissipada não poderá ser nula, qual das chaves deve ser fechada permitindo a passagem de corrente elétrica pelo circuito, tal que a potência dissipada pelas resistências seja a menor possível?



a) chave 2
b) chave 3
c) chaves 1 e 2
d) chaves 1 e 3
e) chaves 1, 2 e 3

5)Três resistores idênticos de R = 30Ω estão ligados em paralelo com uma bateria de 12 V. Pode-se afirmar que a resistência equivalente do circuito é de:

a) R_{eq} = 10Ω, e a corrente é 1,2 A.
b) R_{eq} = 20Ω, e a corrente é 0,6 A.
c) R_{eq} = 30Ω, e a corrente é 0,4 A.
d) R_{eq} = 40Ω, e a corrente é 0,3 A.
e) R_{eq} = 60Ω, e a corrente é 0,2 A.

6) Dois resistores R1 = 1Ω e R2 = 2Ω são ligados a uma bateria de 2 V. De que maneira esses dois resistores devem ser combinados para que a potência dissipada no circuito seja a menor possível?

a) Os resistores devem ser colocados em série, e a potência dissipada será de 4/3W.
b) Os resistores devem ser colocados em série, e a potência dissipada será de 3/4W.

c) Os resistores podem ser igualmente colocados em série ou em paralelo, e a potência dissipada será de 1 W.
d) Os resistores devem ser colocados em paralelo, e a potência dissipada será de 4/3 W.
e) Os resistores devem ser colocados em paralelo, e a potência dissipada será de 3/4 W.

7) Em Santa Catarina, as residências recebem energia elétrica da distribuidora Centrais Elétricas de Santa Catarina S. A. (CELESC), com tensão de 220 V, geralmente por meio de dois fios que vêm da rede externa. Isso significa que as tomadas elétricas, nas residências, têm uma diferença de potencial de 220 V. Considere que as lâmpadas e os eletrodomésticos comportam-se como resistências. Pode-se afirmar que, em uma residência, a associação de resistências e a corrente elétrica são, respectivamente:

a) em série; igual em todas as resistências.
b) em série; dependente do valor de cada resistência.
c) mista (em paralelo e em série); dependente do valor de cada resistência.
d) em paralelo; independente do valor de cada resistência.
e) em paralelo; dependente do valor de cada resistência.

7. INSTRUMENTOS DE MEDIDAS ELÉTRICAS

Toda medição interfere na grandeza a ser medida. Quando de mede uma corrente elétrica em um circuito o próprio equipamento de medição modifica o valor da corrente pois ele irá alterar o circuito original. Um bom instrumento de medição é aquele cuja interferência possa ser desprezada, ou seja, ele fará a medição sem fazer uma alteração relevante da grandeza a ser medida.

A) **Medição de Corrente Elétrica**: O instrumento utilizado para medir corrente elétrica é o amperímetro. A corrente a ser medida terá que passar pelo amperímetro, portanto o amperímetro deve ter resistência interna nula para não alterar o valor da corrente que ele deseja medir. Na verdade a resistência não é nula, mas é bastante pequena se comparada com a dos elementos do circuito no qual ele será usado.

B) **Medição de Tensão**: O instrumento utilizado para medir tensão elétrica é o voltímetro. A tensão a ser medida tem que ser coletada nos terminais do componente que se deseja saber a tensão. Portanto o voltímetro deve ter resistência interna infinita para não alterar o valor da tensão ele deseja medir. Na verdade a resistência não é infinita, mas é bastante grande se comparada com a dos elementos do circuito no qual ele será usado.

Exemplo: No circuito da Figura 20, o amperímetro registra a corrente I, que é a corrente que passa no resistor. Como o voltímetro tem resistência muito grande, a corrente que passa nele é desprezível (próxima de zero). O voltímetro registra a tensão no resistor, que é a mesma da fonte.

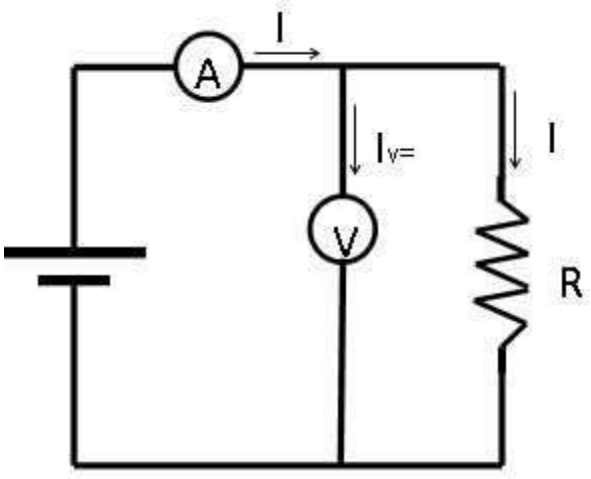


Figura 20: Circuito com voltimetro e amperimetro

Exemplo: A Figura 21 mostra dois voltímetros. O primeiro está medindo a tensão em cima de todos os resistores, que é a mesma tensão da bateria (12V). O segundo voltímetro está medindo a tensão em um resistor de 1,5Ω que no caso é 3V.

A resistência equivalente é $R_E = 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 = 6\Omega$, assim $I = 12/R_E$

$I = 12/6 = 2\ A$, logo a tensão no resistor é $V_R = RxI = 1,5 \times 2 = 3V$, que é a tensão indicada.

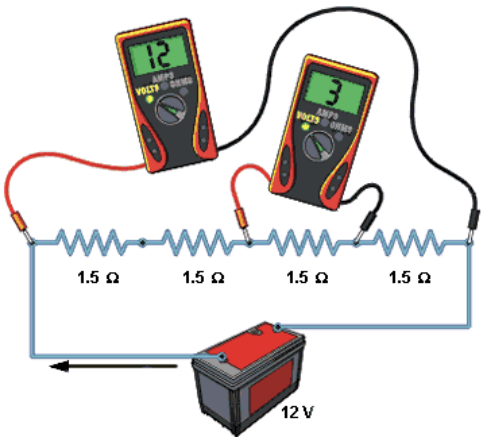


Figura 21: Medidas com voltímetro

C) **Medição de Resistência Elétrica**: O instrumento utilizado para medir resistência elétrica é o Ohmímetro. Para se medir uma resistência elétrica é necessário que ela esteja fora do circuito. É importante lembrar que não se pode medir uma resistência com o ohmímetro se ela estiver energizada.

D) **Multímetro**: O multímetro, Figura 22 é um instrumento de medição que funciona como Amperímetro, Voltímetro, Ohmímetro, medidor de continuidade e outros. A seleção de como ele funcionará é feita através de uma escala seletora. O multímetro possui dois cabos com conectores chamados de "pegas"

OBS: Existem multímetros analógicos e digitais, porém os analógicos estão sendo cada vez menos usados.

Figura 22:Multímetro digital

8. TENSÃO CONTÍNUA (CC) E TENSÃO ALTERNADA (CA).

A tensão contínua é caracterizada por não alternar sua polaridade com o tempo. A fonte de tensão contínua disponibiliza uma tensão entre dois pontos A e B, sendo sempre $V_{AB}>0$ ou $V_{AB}=0$. Na verdade se O potencial de A será sempre maior ou igual ao de B. A bateria automotiva, o carregador de bateria e pilhas são exemplos de fontes de tensão CC. A Figura 23 mostra uma fonte CC e dois gráficos possíveis para essa fonte.

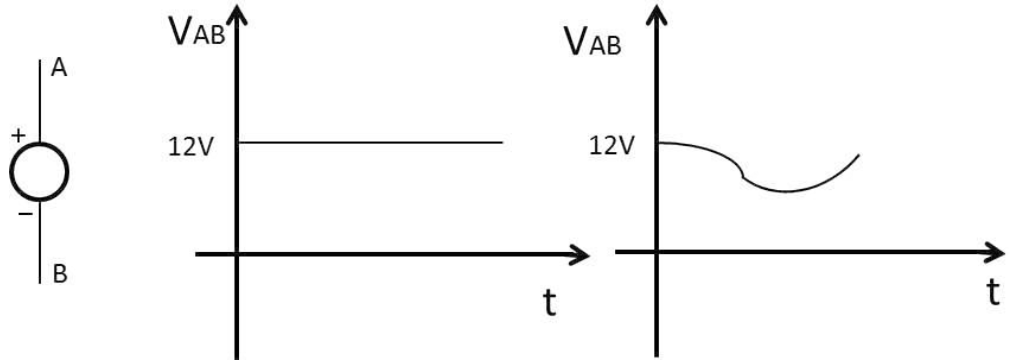


Figura 23: ***Fonte CC e dois gráficos possíveis para essa fonte.***

Atensão alternada (CA) é uma tensão cuja polaridade muda com o tempo. Se os terminais de uma fonte CA está conectada a dois pontos A e B, então em alguns instantes $V_{AB}>0$ e em outros instantes $V_{AB}<0$. A tensão alternada mais utilizada é a tensão alternada senoidal. O sistema elétrico mundial trabalha com tensões alternadas senoidais. As tomadas de sua residência são fontes de tensão alternada senoidais. A Figura 24 mostra uma fonte alternada senoidal e sua forma de inda de saída.

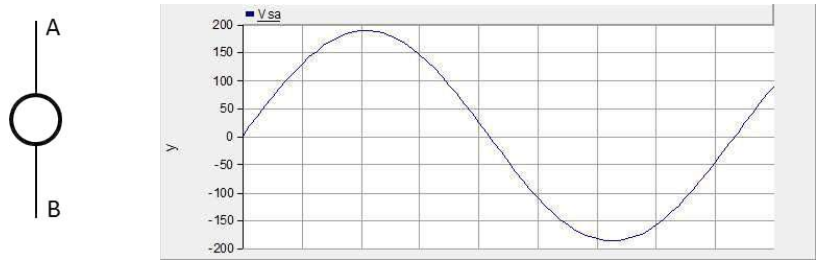


Figura 24: Fonte de tensão alternada senoidal.

9. DIODO

O Silício é um semicondutor mais utilizado na construção de dispositivos semicondutores. Os átomos de Silício se unem através de ligações covalentes, mas essasligações são fracas e se desfazem através de temperatura ou luz. Quando a ligação e desfeita gera-se um eletron, vagando na estrutura, chamado de elétron livre. O espaço deixado pelo elétron é chamado de lacuna. Uma lacuna atrai elétrons para refazer a ligação. A Figura 25 mostra o surgimento de um elétron livre e de uma lacuna em um cristal de Silício.

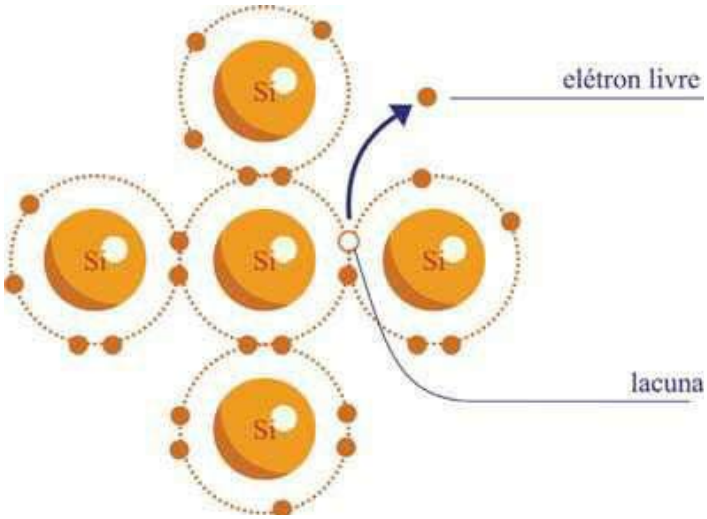


Figura 25:Elétron livre e lacuna em um cristal de Silício

Porém o Silício não é utilizado na forma pura. Ele recebe uma dopagem. A dopagem pode ser tipo N, que gera mais elétrons livres do que lacunas, ou tipo P que gera mais lacunas do que elétrons livres. O DIODO é formado pela junçao de um material tipo P com um tipo N, formado uma junção PN. Quando o cristal de Silício tipo P se junta com o cristal tipo N ocorre uma migração de elétrons de N para P. Os elétrons quando atingem o material tipo P se recombinam com lacunas. Como inicialmente os materiais eram neutros no encontro das junções temos que o material tipo ficará negativo e o tipo N positivo. Haverá na junção uma zona de depleção, ouseja, com ausência de lacunas e

elétrons livres. Devido a polarização haverá uma barreira de potencial que para o Silício é de 0,7V. AS Figuras 26 e Figura 27 explicam visualmente este fenômeno.

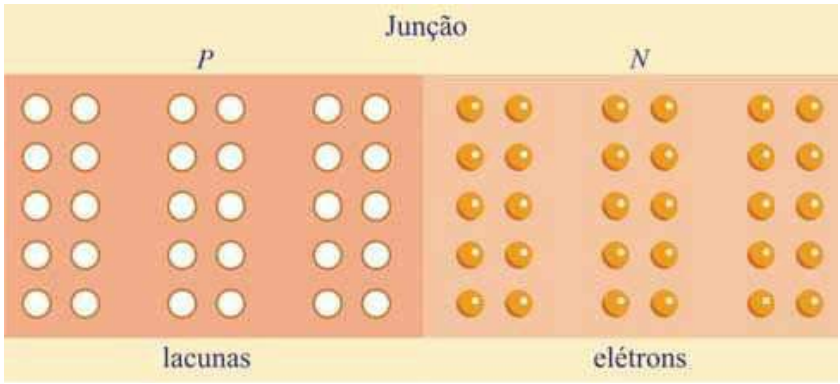


Figura 26:Junção PN

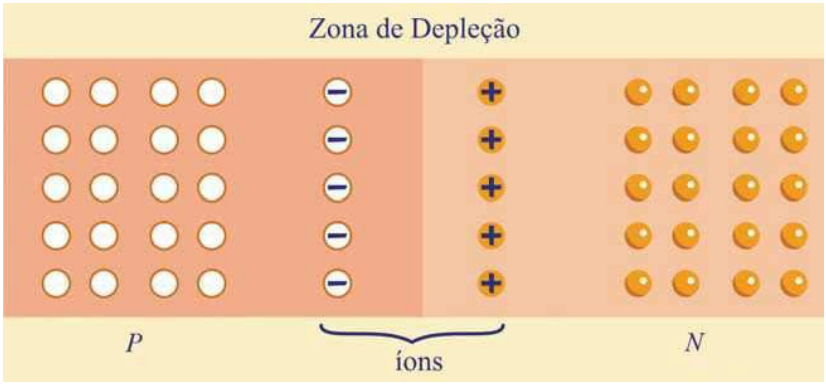


Figura 27:Camada de depleção e barreira de potencial

Polarização de diodos

O símbolo do diodo é mostrado na Figura 28. Na polarização direta de um diodo, o material tipo P deverá ficar ligado ao positivo da fonte e o material tipo N ao negativo, de acordo com a Figura 29 Quando o diodo é polarizado diretamente ele passa a conduzir corrente elétrica. Nesse caso a tensão em seus terminais é de 0,7V. Essa tensão é devida a barreira de potencial que se cria por causa da zona de depleção. A Figura 29 mostra um diodo polarizado diretamente. A corrente I_D que passa no diodo é a mesma que passa no resisitor.

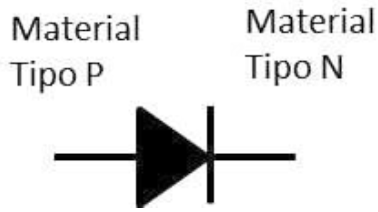


Figura 28: Diodo

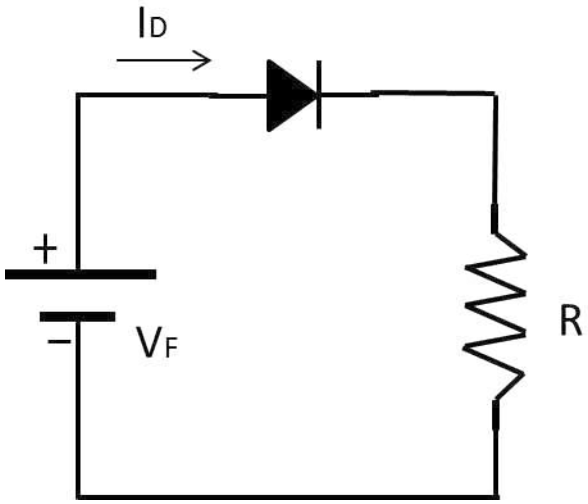


Figura 29: Diodo polarizado diretamente

No circuito da Figura Figura-3.1.2 temos:

$$V_F - V_D - R \cdot I_D = 0$$

$$I_D = \frac{V_F - V_D}{R}$$

$$I_D = \frac{V_F - 0,7}{R}$$

Quando o diodo está polarizado reversamente ele não conduz corrente elétrica. A polarização reversa aumenta a camada de depleção até que a tensão no diodo fique igual a tensão da fonte. A Figura 30 mostra um diodo polarizado reversamente.

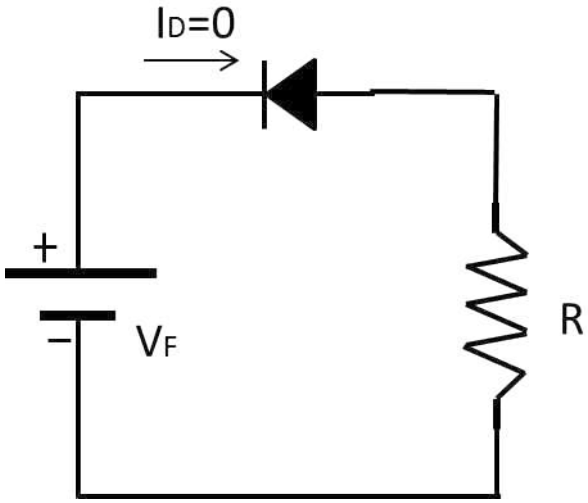


Figura 30: Didodo polarizado reversamente

No circuito da Figura 30 temos que:

$$V_F + V_D - R\,i_D = 0$$

$$V_D = -V_F$$

É importante salientar que todo diodo tem uma tensão reversa máxima que ele suporta. O diodo 1N4001 suporta no máximo 50V reversamente. A partir desse valor ele passa a conduzir. Qunado um diodo conduz reversamente ocorre um fenômeno chamado corrente de avalanche e ele é destruído. A tensão de ruptura é a tensão a partir da qual o diodo conduz reversamente e atinge a corrente de avalanche. A Figura 31 mostra a curva característica de um diodo.

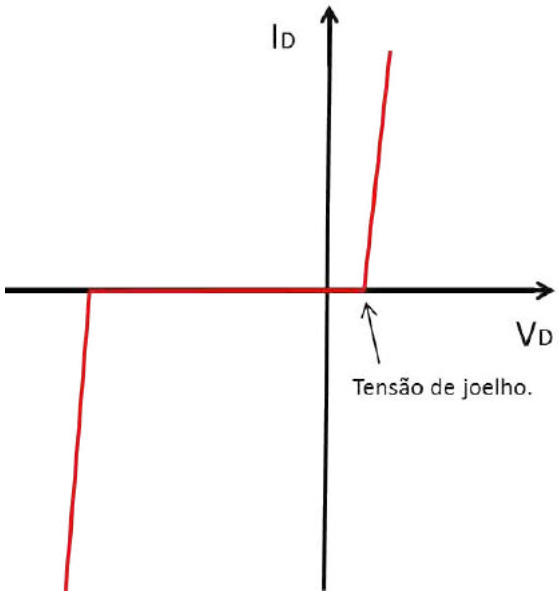


Figura 31: Curva característica de um diodo.

Os fabricantes de diodos informam no datasheet as especificações que eles fabricam as especificações mais importantes são:

$I_{F(AV)}$- Corrente média máxima em condução direta.

V_{RRM}- Máxima tensão reversa repetitiva.

A Figura 32 mostra dois diodos reais.

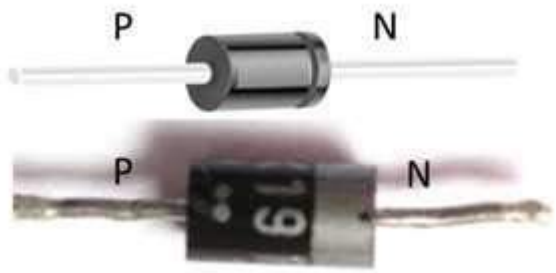


Figura 32: Diodos comerciais

OBS 1. Na polarização direta a função do resistor é limitara corrente no diodo para que o mesmo não seja danificado por excesso de dissipação de potência.

2. Utilizado quando se quer que o aluno dê uma olhada em outros materiais ou links na internet

3. Datasheet é um documento que traz as informações técnicas sobre componentes. Procure o datasheet do diodo 1N4007 e informe qual a corrente média e a tensão reversa máxima que ele suporta.

---

10. **CIRCUITOS RETIFICADORES**

O circuito retificador é um circuito que transforma uma tensão alternada senoidal de entrada em uma tensão contínua de saída. Porém uma pergunta surge: Por que se deseja fazer a transformação de tensão CA para CC? Isso é feito por que é mais viável economicamente alimentar um equipamento CC com uma fonte ligada a uma tensão CA. Aparelhos de rádio, televisores, DVD etc possuem internamente um conversor CA/CC. Outro exemplo de conversor CA/CC é um carregador de bateria de celular. Todos conversores CA/CC tem internamente um retificador. O diodo é o componnet fundamental de um retificador.

A) **Retificador de meia onda:** A Figura 33 mostra um circuito retificador de meia onda.

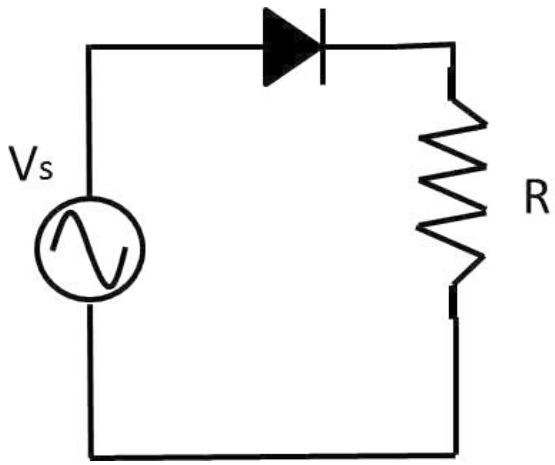


Figura 33:Retificador de meia onda

A tensão Vs é alternada senoidal. Vamos considerando que o diodo é ideal, ou seja, que não existe a barreira de 0,7V para que ele inicie a condução. Nesse caso o diodo conduzirá em todo semiciclo positivo da senóide e ficará bloqueado no semiciclo negativo. O retificador de meia onda tem esse nome porque ele gera uma tensão de meio ciclo senoidal e nula no outro ciclo. A Figura 34 mostra atenção gerada pela fonte, e a Figura 34 e 35 mostra a tensão retificada que aparece no resistor.

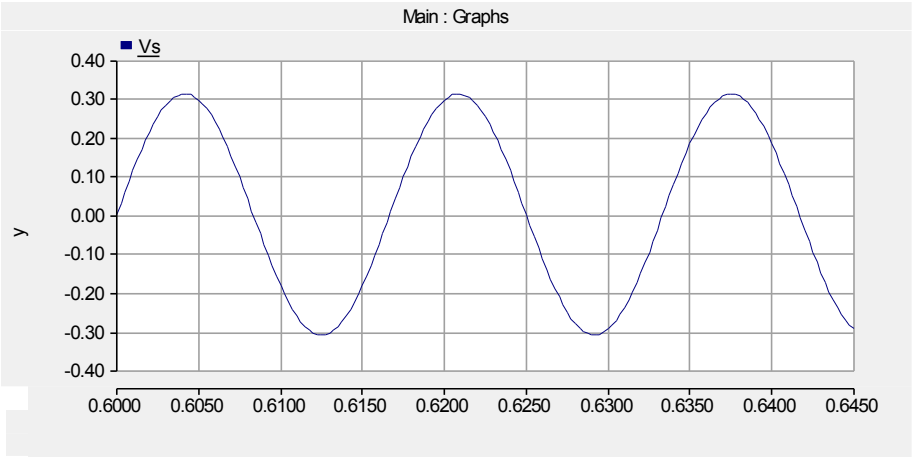


Figura 34: Tensão alternada senoidal gerada pela fonte

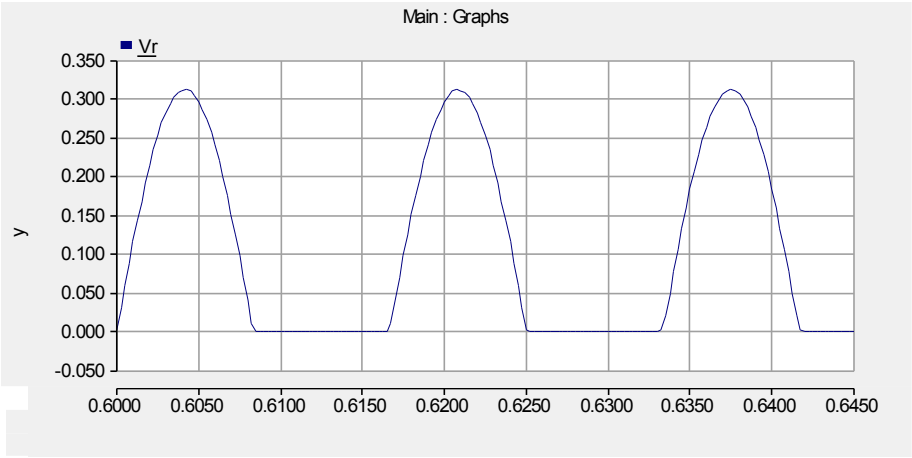


Figura 35: Tensão retificada de meia onda no resistor.

B) **Retificador em Ponte Completa:** O retificador em ponte é um retificador de onda completa. Ele produz na saída uma tensão retificada pulsante. Ele além de deixar passar o ciclo positivo também retifica o ciclo negativo. A Figura 36 mostra o circuito de um retificador de ponte completa. As tensões V_S e V_R são respectivamente

$$V_S = V_p sen\omega t$$

$$V_R = \left| V_p sen\omega t \right|$$

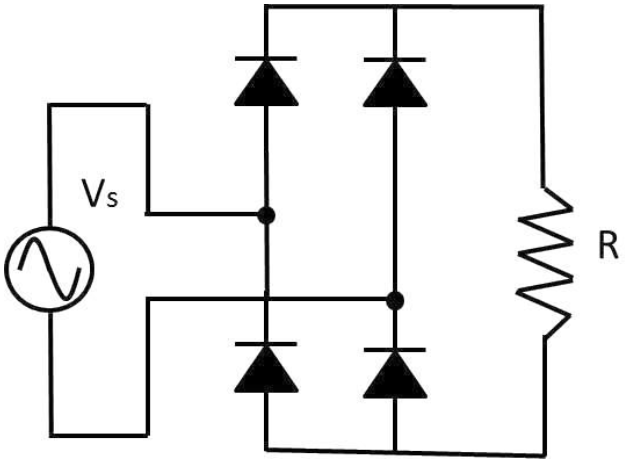


Figura 36: Retificador em ponte.

O retificador de ponte completa também trabalha em duas etapas. Na primeira etapa, durante o semiciclo positivo, os diodos D1 e D4 conduzem e os diodos D2 e D3 estão bloqueados. Na segunda etapa, quando o semiciclo é negativo, os diodos D2 e D3 conduzem e os diodos D1 e D4 estão bloqueados. A Figura 37 mostra a primeira etapa do retificador de ponte completa, e a Figura 38 mostra a segunda etapa.

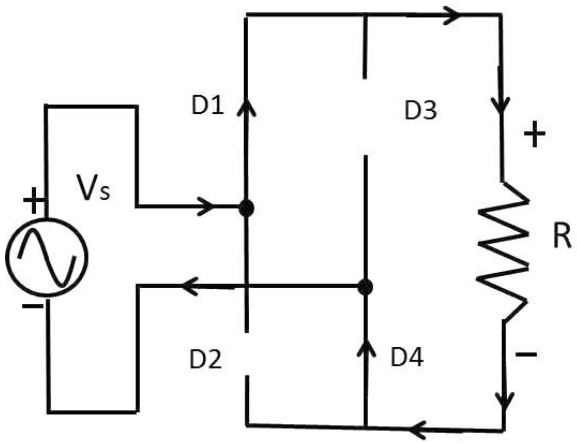


Figura 37:Primeira etapa: D1 e D4 conduzem.

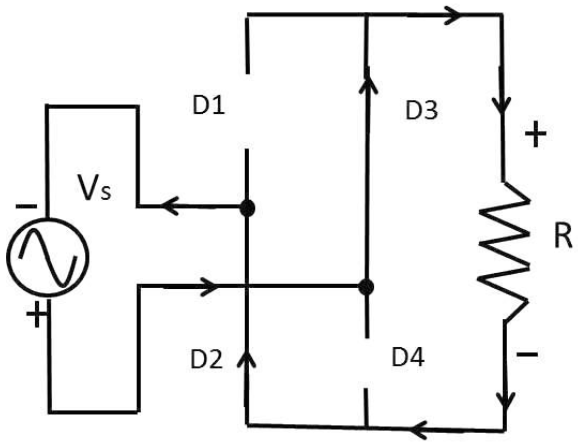


Figura 38: Segunda etapa: D2 e D3 conduzem

Note que em ambas as etapas o sentido da corrente no resistor é a mesma, embora a polaridade da fonte mude. A tensão no resistor nunca muda de polaridade, portanto é uma tensão CC. As Figuras 39 e Figura 40 mostram respectivamente as tensões na fonte e no resistor respectivamente.

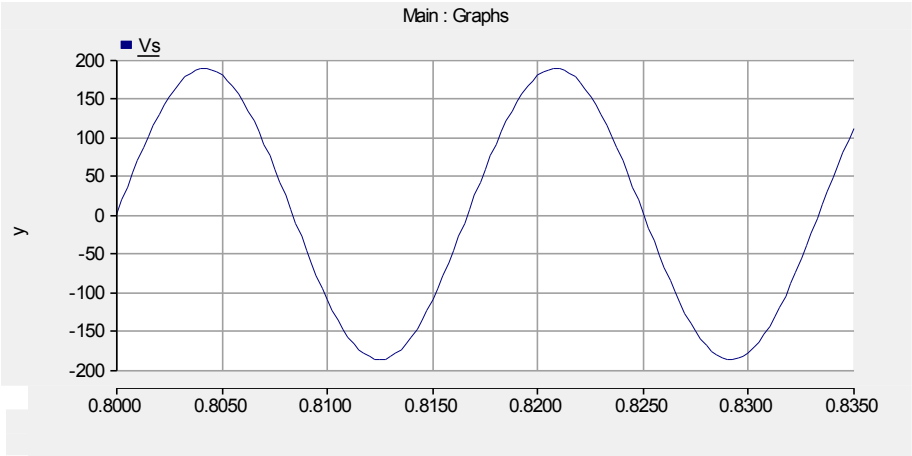


Figura 39:Tensão na fonte.

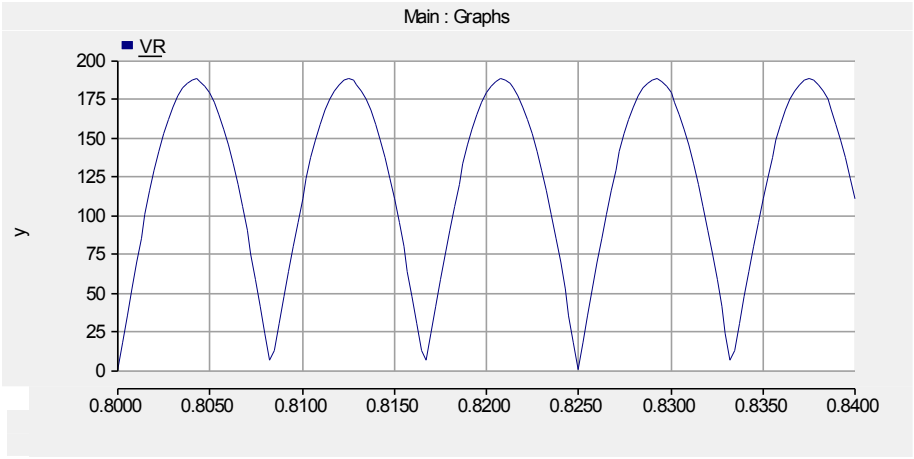


Figura 40:Tensão no resistor.

Diodos Especiais.

.

A) **LED (Diodo Emissor de Luz)**: O LED é um diodo que emite luz visível quando por ele passa uma corrente elétrica. Por ser um diodo é preciso que ele seja polarizado diretamente para que ele conduza corrente elétrica. Diferente dos diodos comuns o LED não é feito de Silício, e sim de materiais como Gálio, Arsênico e fósforo. O LED é utilizado como sinalizador de circuito energizado. Atualmente usa-se muito painéis eletrônicos de informação a base de LEDs. Existem LEDs nas cores amarelo, verde, vermelho, azul e branco. Os LEDs podem ainda serem bicolores e tricolores. Nesse caso além das cores básicas pode produzir cores derivadas das combinações das cores básicas. A Figura 41 mostra o símbolo de eum LED.

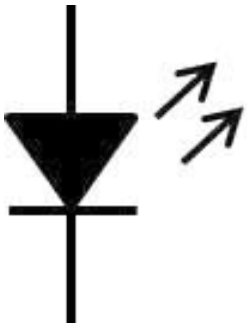


Figura 41: LED

A tensão em cima de um LED polarizado diretamente varia de 1V a 3V, dependendo do valor da corrente que por ele passa. Quanto maior a

corrente, maior a tensão no LED e maior o seu brilho. Claro que quanto maior a corrente no LED menor será sua vida útil. Existem LEDs de alto brilho. São LED que apresentam alto brilho mesmo com correntes baixas. Esse LEds são usados para painéis eletrônicos em ambientes externos. Abaixo um exemplo de circuito com LED.

Exemplo. No circuito da Figura 42 determine a corrente no LED , considerando que a tensão em seus terminais é de 2V e que R=4,7kΩ.

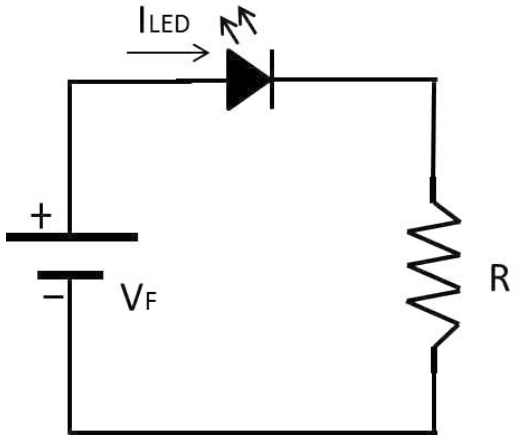


Figura 42: Circuito com LED

$$V_F - V_{LED} - R \cdot I_{LED} = 0$$

$$I_{LED} = \frac{V_F - V_{LED}}{R}$$

$$I_{LED} = \frac{12 - 2}{2K\Omega}$$

$$I_{LED} = 5mA$$

B) **Diodo Zener**: O diodo Zener é um diodo fabricado para trabalhar reversamente. Nele ocorre a condução reversa. Porém ele não será danificado, desde que não se ultrapasse a corrente máxima permitida pelo fabricante. Esse diodo apresenta uma tensão contante para uma faixa de corrente durante a condução reversa. Logo ele funciona como um regulador de tensão. A principal especificação de um diodo Zener é a sua tensão. Exemplo: 3,3V, 4,7V,6V, 12V, 15V, etc. A Figura Figura-3.3.3 mostra o símbolo de um diodo Zener , e a Figura 43 mostra um circuito com diodo Zener.

Figura 43:Diodo Zener

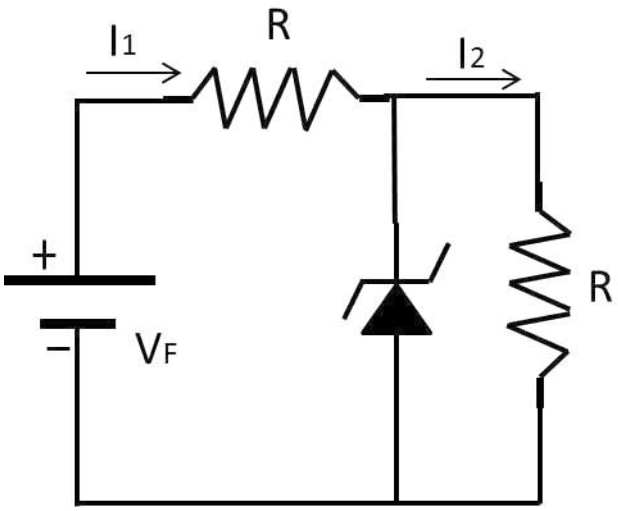


Figura 44: Circuito com Zener.

Figura-3.3.4 Circuito com Zener.

Exercício: No circuito da Figura 44 o diodo Zener é de 6V. Se a tensão na fonte V_F é 15V determine as corrente I_1, I_2 e a corrente no diodo Zener.

11. TRANSISTOR

O transistor foi inventado em 1947por John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley. Ele representou um grande avanço para a eletrônica. Ele substituiu a válvula de raios catódicos para realizar funções de amplificação e comutação. O transistor é formado por duas junções PN com tamanhos e níveis de dopagens distintas. O transistor pode ser NPN ou PNP.

Funcionamento do Transistor.

O transistor é formado por três camadas semicondutoras. Dois cristais tipo P e um tipo N (PNP), ou dois tipo N e dois tipo P (NPN). Cada cristal tem um nome específico. A BASE é o cristal diferente dos outros dois. Ela está entre eles. Ela é levemente dopada e é muito fina. O COLETOR é a camada de maior tamanho e tem dopagem bem maior que a BASE, mas inferior ao do EMISSOR. O EMISSOR é fortemente dopado contato . Cada camada aprsenta um terminal para contato externo. Assim os terminais do transistor são Coletor , Base e Emissor (CBE). A Figura 45 mostra o desenho de um transistor PNP e um NPN. Já a Figura Figura-4.1.2 mostra o símbolo desses transistores, e a Figura 47 mostra um transistor BC 547.

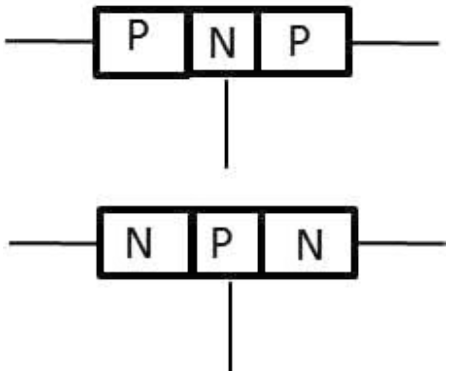


Figura 45: Transistores bipolares PNP e NPN.

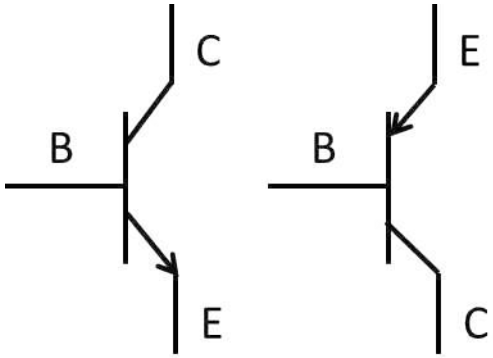


Figura 46: Símbolo um transistor NPN e de um PNP respectivamente

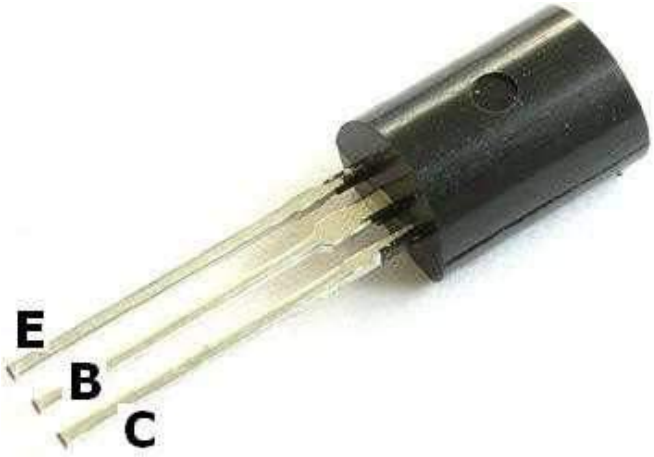


Figura 47:Transistor BC 547

Na polarização direta de um transistor as junções CB e BE estão polarizadas diretamente, e na polarização reversa as junções CB e BE estão polarizadas reversamente. Quando o transistor está na região linear a relação entre suas correntes é

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_E = I_C + I_B$$

Sendo β um valor que depende do transistor e é dado pelo fabricante. No entanto iremos estudar transistores somente na região de corte e de saturação. Quando o transistor está diretamente polarizado ele entra em saturação

e a tensão CE passa a ser 0,2V e a tensão BE é de 0,7V. Na saturação não há corrente entre Coletor e Emissor.

Exemplo: Determine as correntes no circuito da Figura 48, sabendo-se que o transistor está saturado para a conFiguração mostrada.

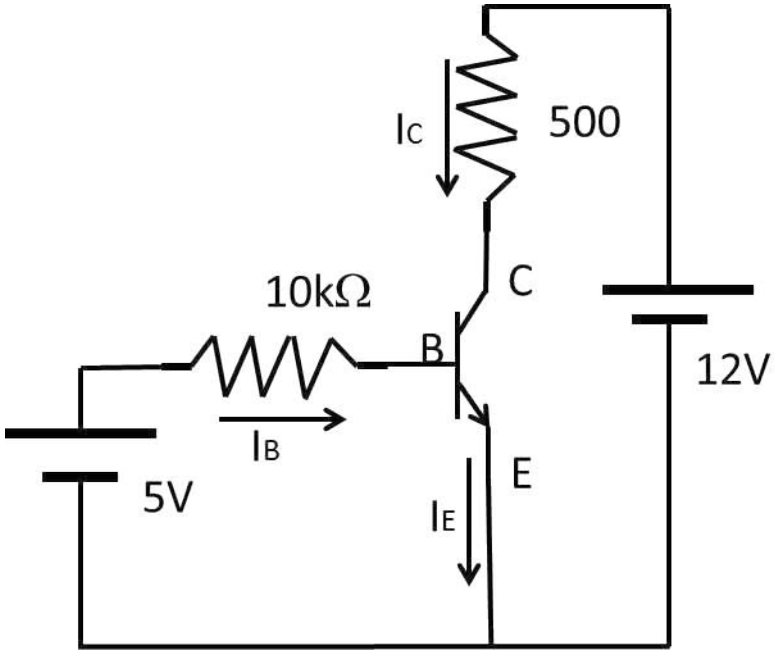


Figura 48: Circuito com transistor NPN saturado

$$5 - 10kI_B - 0,7 = 0$$

$$I_B = \frac{4,3}{10k}$$

$$I_B = 0,43mA$$

$$e$$

$$12 - 500I_C - 0,2 = 0$$

$$I_c = 23,6mA$$

OBS: Podemos considerar que a corrente do coletor é igual a corrente de Emissor , já que a corrrente de Base é muito pequena.Que na polarização direta

a função do resistor é limitara corrente no diodo para que o mesmo não seja danificado por excesso de dissipação de potência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bogart, T.F, Dispositivos e Circuitos Eletrônicos, Volume I, Ed. Makron Books, 2001.

Albuquerque, R.O, Análise de circuitos em Corrente Contínua, 21^{0} Edição, Ed. ERICA.

Malvino, A, Eletrônica, Volume I, 4^{0} Edição, Makron Books, 1996.

Hino Nacional

Ouviram do Ipiranga as margens plácidas
De um povo heróico o brado retumbante,
E o sol da liberdade, em raios fúlgidos,
Brilhou no céu da pátria nesse instante.

Se o penhor dessa igualdade
Conseguimos conquistar com braço forte,
Em teu seio, ó liberdade,
Desafia o nosso peito a própria morte!

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, um sonho intenso, um raio vívido
De amor e de esperança à terra desce,
Se em teu formoso céu, risonho e límpido,
A imagem do Cruzeiro resplandece.

Gigante pela própria natureza,
És belo, és forte, impávido colosso,
E o teu futuro espelha essa grandeza.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada,Brasil!

Deitado eternamente em berço esplêndido,
Ao som do mar e à luz do céu profundo,
Fulguras, ó Brasil, florão da América,
Iluminado ao sol do Novo Mundo!

Do que a terra, mais garrida,
Teus risonhos, lindos campos têm mais flores;
"Nossos bosques têm mais vida",
"Nossa vida" no teu seio "mais amores."

Ó Pátria amada,
Idolatrada,
Salve! Salve!

Brasil, de amor eterno seja símbolo
O lábaro que ostentas estrelado,
E diga o verde-louro dessa flâmula
- "Paz no futuro e glória no passado."

Mas, se ergues da justiça a clava forte,
Verás que um filho teu não foge à luta,
Nem teme, quem te adora, a própria morte.

Terra adorada,
Entre outras mil,
És tu, Brasil,
Ó Pátria amada!
Dos filhos deste solo és mãe gentil,
Pátria amada, Brasil!

Hino do Estado do Ceará

Poesia de Thomaz Lopes
Música de Alberto Nepomuceno
Terra do sol, do amor, terra da luz!
Soa o clarim que tua glória conta!
Terra, o teu nome a fama aos céus remonta
Em clarão que seduz!
Nome que brilha esplêndido luzeiro
Nos fulvos braços de ouro do cruzeiro!

Mudem-se em flor as pedras dos caminhos!
Chuvas de prata rolem das estrelas...
E despertando, deslumbrada, ao vê-las
Ressoa a voz dos ninhos...
Há de florar nas rosas e nos cravos
Rubros o sangue ardente dos escravos.
Seja teu verbo a voz do coração,
Verbo de paz e amor do Sul ao Norte!
Ruja teu peito em luta contra a morte,
Acordando a amplidão.
Peito que deu alívio a quem sofria
E foi o sol iluminando o dia!

Tua jangada afoita enfune o pano!
Vento feliz conduza a vela ousada!
Que importa que no seu barco seja um nada
Na vastidão do oceano,
Se à proa vão heróis e marinheiros
E vão no peito corações guerreiros?

Se, nós te amamos, em aventuras e mágoas!
Porque esse chão que embebe a água dos rios
Há de florar em meses, nos estios
E bosques, pelas águas!
Selvas e rios, serras e florestas
Brotem no solo em rumorosas festas!
Abra-se ao vento o teu pendão natal
Sobre as revoltas águas dos teus mares!
E desfraldado diga aos céus e aos mares
A vitória imortal!
Que foi de sangue, em guerras leais e francas,
E foi na paz da cor das hóstias brancas!

GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ

Secretaria da Educação