

**FIRJAN**  
**CIRJ**  
**SESI**  
**SENAI**  
**IEL**

# ELETRICIDADE E ELETRÔNICA PARA AUTOMÓVEIS

versão preliminar





**FIRJAN**  
**CIRJ**  
**SESI**  
**SENAI**  
**IEL**

# **ELETRICIDADE E ELETRÔNICA PARA AUTOMÓVEIS**

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro  
**Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira**  
*Presidente*

Diretoria Corporativa Operacional  
**Augusto Cesar Franco de Alencar**  
*Diretor*

SENAI – Rio de Janeiro  
**Fernando Sampaio Alves Guimarães**  
*Diretor Regional*

Diretoria de Educação  
**Regina Maria de Fátima Torres**  
*Diretora*

# **ELETRICIDADE E ELETRÔNICA PARA AUTOMÓVEIS**

versão preliminar



Eletricidade e Eletrônica para Automóveis  
2002

SENAI – Rio de Janeiro  
Diretoria de Educação

## Ficha Técnica

---

<b>Gerência de Educação Profissional</b>	Luis Roberto Arruda
<b>Gerência de Produto Automotivo</b>	Darci Pereira Garios
<b>Produção Editorial</b>	Vera Regina Costa Abreu
<b>Pesquisa de Conteúdo</b>	Docentes da Agência de Manutenção Automotiva – Unidade Tijuca
<b>Revisão Pedagógica</b>	Kátia Lúcia Oliveira Barreto
<b>Revisão Gramatical e Editorial</b>	Mário Élber dos Santos Cunha
<b>Revisão Técnica</b>	Denver Brasil Pessoa Ramos
	Sílvio Romero Soares de Souza
<b>Projeto Gráfico</b>	Artae Design & Criação

Compilação dos trabalhos publicados pela Mercedes Benz do Brasil, edição revista.

**SENAI – Rio de Janeiro**  
**GEP – Gerência de Educação Profissional**  
Rua Mariz e Barros, 678 – Tijuca  
20270-002 – Rio de Janeiro – RJ  
Tel.: (0xx21) 2587-1117  
Fax: (0xx21) 2254-2884  
<http://www.rj.senai.br>

# Sumário

**APRESENTAÇÃO** ..... 11

**UMA PALAVRA INICIAL** ..... 13

## **UNIDADE I – CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRICIDADE**

**1** **ÁTOMO** ..... 19

**2** **CORRENTE ELÉTRICA** ..... 25

Íons .....

Grandezas elétricas .....

**3** **TENSÃO E CORRENTE** ..... 31

**4** **GERADORES** ..... 35

Associação de geradores ..... 39

Analogia dos circuitos hidráulico e elétrico ..... 40

**5** **RESISTÊNCIA ELÉTRICA** ..... 41

Lei de OHM ..... 43

Códigos de cores para resistores ..... 44

Praticando – Exercícios ..... 47

<b>6</b>	<b>RESISTÊNCIAS EQUIVALENTES .....</b>	<b>49</b>
	Praticando – Exercícios .....	54
<b>7</b>	<b>CAPACITORES .....</b>	<b>57</b>
	Conceito .....	59
	Tipos de capacitor .....	60
<b>8</b>	<b>MAGNETISMO .....</b>	<b>63</b>
	Conceito .....	
	Eletromagnetismo .....	

## **UNIDADE II – INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO ELÉTRICA**

<b>1</b>	<b>MULTÍMETRO .....</b>	<b>71</b>
	Conceito .....	73
	Classificação .....	73
	Medição com multímetro .....	75

## **UNIDADE III – O QUE É ELETRÔNICA?**

<b>1</b>	<b>COMPONENTES ELETRÔNICOS .....</b>	<b>81</b>
	Resistores .....	83
	Potenciômetros .....	85
	Capacitores .....	86
	Praticando .....	87
<b>2</b>	<b>SEMICONDUTORES: JUNÇÕES E DIODOS .....</b>	<b>89</b>
	Materiais semicondutores .....	91
	Junções .....	93
	Praticando .....	97



<b>3</b>	<b>TRANSISTORES .....</b>	<b>99</b>
	Transistores PNP e NPN .....	101
	Transistores como chave .....	102
	Transistores amplificadores (circuitos analógicos) .....	103
	Retificador controlado de silício (RCS) .....	104

<b>4</b>	<b>CIRCUITOS INTEGRADOS .....</b>	<b>107</b>
	Conceito .....	109
	Microprocessador e memórias .....	110

## **UNIDADE IV – CONCEITOS BÁSICOS DE ELETRÔNICA ANALÓGICA**

<b>1</b>	<b>SEMICONDUCTORES .....</b>	<b>113</b>
	Características .....	115
	Classificação .....	115
	Dopagem de material semicondutor .....	117

<b>2</b>	<b>DIODOS .....</b>	<b>119</b>
	Diodo semicondutor .....	121
	Principais características do diodo semicondutor .....	122
	Diodo retificador .....	123
	Diodo emissor de luz (LED – <i>light emitting diode</i> ) .....	125

<b>3</b>	<b>TRANSISTORES .....</b>	<b>127</b>
----------	---------------------------	------------

<b>4</b>	<b>SENSORES .....</b>	<b>133</b>
	Características .....	135
	Exemplos de sensor .....	135

<b>5</b>	<b>FUSÍVEIS .....</b>	<b>139</b>
	Características .....	141
	Características elétricas dos fusíveis .....	141

Noções básicas dos esquemas elétricos .....	142
Praticando .....	143
<b>ANEXOS .....</b>	<b>147</b>



# Apresentação

A dinâmica social dos tempos de globalização exige dos profissionais atualização constante. Mesmo as áreas tecnológicas de ponta ficam obsoletas em ciclos cada vez mais curtos, trazendo desafios renovados a cada dia, e tendo como consequência para a educação a necessidade de encontrar novas e rápidas respostas.

Nesse cenário, impõe-se a educação continuada, exigindo que os profissionais busquem atualização constante durante toda a sua vida – e os docentes e alunos do SENAI-RJ incluem-se nessas novas demandas sociais.

É preciso, pois, promover, tanto para os docentes como para os alunos da educação profissional, as condições que propiciem o desenvolvimento de novas formas de ensinar e aprender, favorecendo o trabalho de equipe, a pesquisa, a iniciativa e a criatividade, entre outros aspectos, ampliando suas possibilidades de atuar com autonomia, de forma competente.

Diante desses desafios e ciente de sua responsabilidade no atendimento às demandas sociais, em especial na área de educação, o SENAI-RJ está sempre atualizando e diversificando suas ofertas de ensino, entre elas a de formação básica de profissionais para o setor automotivo. O Curso Básico de Eletricidade e Eletrônica resulta, portanto, desse esforço contínuo, voltado à prestação de um serviço de qualidade a todos os cidadãos que procuram aperfeiçoar seus estudos, confiantes na proposta educacional da instituição.

Este material didático tem como objetivo primordial orientar a aprendizagem do aluno, na medida em que contém informações essenciais acerca do processo da utilização de instrumentos de medição para grandezas elétricas, além de conceitos de leitura e interpretação dos esquemas elétricos do veículo. Por isso, é importante ser lido, a cada passo, durante a realização do curso. Contudo, importa também lembrar que essa leitura, por si só, não é suficiente para o alcance de uma formação sólida do profissional. No processo de aprender, buscar aprender mais, trabalhar em equipe, por exemplo, o convívio entre professor e alunos torna-se essencial. E é tão-somente através dessa convivência que o aluno, diante de qualquer dúvida, pode deixar seus constrangimentos de lado para, então, apresentar suas idéias, fazer perguntas ao professor ou aos colegas, e conhecer o que eles têm a dizer. Será, certamente, nesse ambiente de troca de experiências que todos irão aprender mais e, com isso, o Curso Básico de Eletricidade e Eletrônica terá cumprido, enfim, seu principal objetivo.





# Uma palavra inicial

Meio ambiente...

Saúde e segurança no trabalho...

O que é que *nós* temos a ver com isso?

Antes de iniciarmos o estudo deste material, há dois pontos que merecem destaque: a relação entre o processo produtivo e o meio ambiente; e a questão da saúde e segurança no trabalho.

As indústrias e os negócios são a base da economia moderna. Produzem os bens e serviços necessários, e dão acesso a emprego e renda; mas, para atender a essas necessidades, precisam usar recursos e matérias-primas. Os impactos no meio ambiente muito freqüentemente decorrem do tipo de indústria existente no local, do que ela produz e, principalmente, de *como* produz.

É preciso entender que todas as atividades humanas transformam o ambiente. Estamos sempre retirando materiais da natureza, transformando-os e depois jogando o que “sobra” de volta ao ambiente natural. Ao retirar do meio ambiente os materiais necessários para produzir bens, altera-se o equilíbrio dos ecossistemas e arrisca-se ao esgotamento de diversos recursos naturais que não são renováveis ou, quando o são, têm sua renovação prejudicada pela velocidade da extração, superior à capacidade da natureza para se recompor. É necessário fazer planos de curto e longo prazo, para diminuir os impactos que o processo produtivo causa na natureza. Além disso, as indústrias precisam se preocupar com a recomposição da paisagem e ter em mente a saúde dos seus trabalhadores e da população que vive ao redor dessas indústrias.

Com o crescimento da industrialização e a sua concentração em determinadas áreas, o problema da poluição aumentou e se intensificou. A questão da poluição do ar e da água é bastante complexa, pois as emissões poluentes se espalham de um ponto fixo para uma grande região, dependendo dos ventos, do curso da água e das demais condições ambientais, tornando difícil localizar, com precisão, a origem do problema. No entanto, é importante repetir que, quando as indústrias depositam no solo os resíduos, quando lançam efluentes sem tratamento em rios, lagoas e demais corpos hídricos, causam danos ao meio ambiente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e a contínua acumulação de lixo mostram a falha básica de nosso sistema produtivo: ele opera em linha reta. Extraem-se as matérias-primas através de processos



de produção desperdiçadores e que produzem subprodutos tóxicos. Fabricam-se produtos de utilidade limitada que, finalmente, viram lixo, o qual se acumula nos aterros. Produzir, consumir e dispensar bens desta forma, obviamente, não é sustentável.

Enquanto os resíduos naturais (que não podem, propriamente, ser chamados de “lixo”) são absorvidos e reaproveitados pela natureza, a maioria dos resíduos deixados pelas indústrias não tem aproveitamento para qualquer espécie de organismo vivo e, para alguns, pode até ser fatal. O meio ambiente pode absorver resíduos, redistribuí-los e transformá-los. Mas, da mesma forma que a Terra possui uma capacidade limitada de produzir recursos renováveis, sua capacidade de receber resíduos também é restrita, e a de receber resíduos tóxicos praticamente não existe.

Ganha força, atualmente, a idéia de que as empresas devem ter procedimentos éticos que considerem a preservação do ambiente como uma parte de sua missão. Isto quer dizer que se devem adotar práticas que incluam tal preocupação, introduzindo processos que reduzam o uso de matérias-primas e energia, diminuam os resíduos e impeçam a poluição.

Cada indústria tem suas próprias características. Mas já sabemos que a conservação de recursos é importante. Deve haver crescente preocupação com a qualidade, durabilidade, possibilidade de conserto e vida útil dos produtos.

As empresas precisam não só continuar reduzindo a poluição como também buscar novas formas de economizar energia, melhorar os efluentes, reduzir a poluição, o lixo, o uso de matérias-primas. Reciclar e conservar energia são atitudes essenciais no mundo contemporâneo.

É difícil ter uma visão única que seja útil para todas as empresas. Cada uma enfrenta desafios diferentes e pode se beneficiar de sua própria visão de futuro. Ao olhar para o futuro, nós (o público, as empresas, as cidades e as nações) podemos decidir quais alternativas são mais desejáveis e trabalhar com elas.

Infelizmente, tanto os indivíduos quanto as instituições só mudarão as suas práticas, quando acreditarem que seu novo comportamento lhes trará benefícios — sejam estes financeiros, para sua reputação ou para sua segurança.

A mudança nos hábitos não é uma coisa que possa ser imposta. Deve ser uma escolha de pessoas bem-informadas a favor de bens e serviços sustentáveis. A tarefa é criar condições que melhorem a capacidade de as pessoas escolherem, usarem e disporem de bens e serviços de forma sustentável.

Além dos impactos causados na natureza, diversos são os malefícios à saúde humana provocados pela poluição do ar, dos rios e mares, assim como são inerentes aos processos produtivos alguns riscos à saúde e segurança do trabalhador. Atualmente, acidente do trabalho é uma questão que preocupa os empregadores, empregados e governantes, e as conseqüências acabam afetando a todos.

De um lado, é necessário que os trabalhadores adotem um comportamento seguro no trabalho, usando os equipamentos de proteção individual e coletiva; de outro, cabe aos empregadores prover a empresa com esses equipamentos, orientar quanto ao seu uso, fiscalizar as condições da cadeia produtiva e a adequação dos equipamentos de proteção.

A redução do número de acidentes só será possível, à medida que cada um – trabalhador, patrão e



governo – assuma, em todas as situações, atitudes preventivas, capazes de resguardar a segurança de todos.

Deve-se considerar, também, que cada indústria possui um sistema produtivo próprio, e, portanto, é necessário analisá-lo em sua especificidade, para determinar seu impacto sobre o meio ambiente, sobre a saúde e os riscos que o sistema oferece à segurança dos trabalhadores, propondo alternativas que possam levar à melhoria de condições de vida para todos.

Da conscientização, partimos para a ação: cresce, cada vez mais, o número de países, empresas e indivíduos que, já estando conscientizados acerca dessas questões, vêm desenvolvendo ações que contribuem para proteger o meio ambiente e cuidar da nossa saúde. Mas, isso ainda não é suficiente... faz-se preciso ampliar tais ações, e a educação é um valioso recurso que pode e deve ser usado em tal direção. Assim, iniciamos este material conversando com você sobre o meio ambiente, saúde e segurança no trabalho, lembrando que, no seu exercício profissional diário, você deve agir de forma harmoniosa com o ambiente, zelando também pela segurança e saúde de todos no trabalho.

Tente responder à pergunta que inicia este texto: meio ambiente, a saúde e a segurança no trabalho – o que é que *eu* tenho a ver com isso? Depois, é partir para a ação. Cada um de nós é responsável. Vamos fazer a nossa parte?





# **Unidade I**

## **Conceitos básicos de eletricidade**



# Átomo

1





## Definição

Átomo é a menor partícula física em que se pode dividir um elemento, sendo configurado por duas regiões principais: nuclear e orbital.

## Regiões do átomo

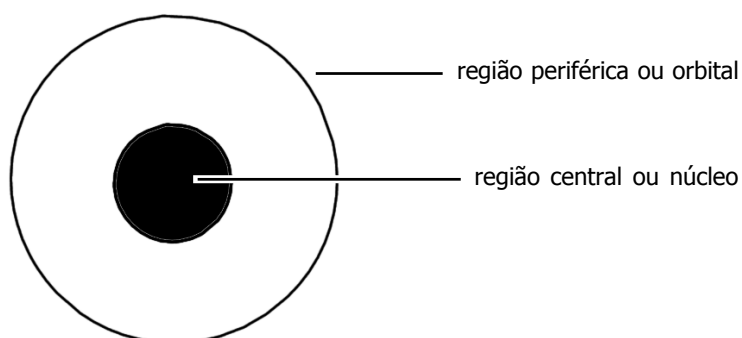


Fig. 1

### Região central ou núcleo

O núcleo do átomo é constituído por dois tipos de partícula: prótons e nêutrons (partículas desprovidas de cargas elétricas).

Ao redor do núcleo, movimentam-se os elétrons.

Colocando dois prótons um próximo do outro, eles se repelem; o mesmo ocorre com dois elétrons. Entretanto, um próton e um elétron atraem-se mutuamente, quando colocados um próximo do outro.

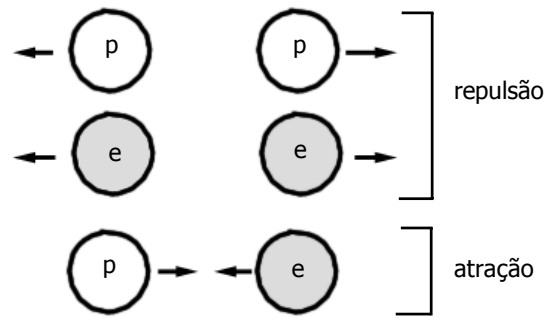


Fig. 2

Para explicar as causas destas interações, dizemos que os elétrons e os prótons são dotados de cargas elétricas de espécies diferentes.

Por convocação, a carga elétrica do próton é uma carga positiva, e a do elétron, negativa.

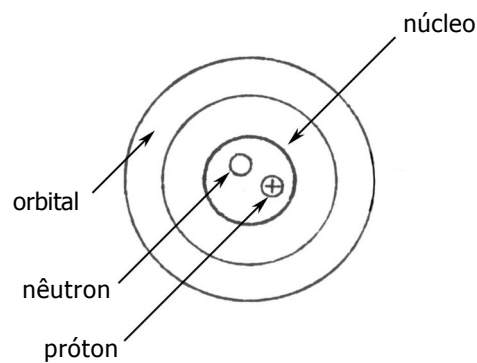


Fig. 3

## Região periférica ou orbital

A região periférica do átomo é constituída por órbitas produzidas pelo giro dos elétrons (partículas que possuem cargas elétricas negativas).

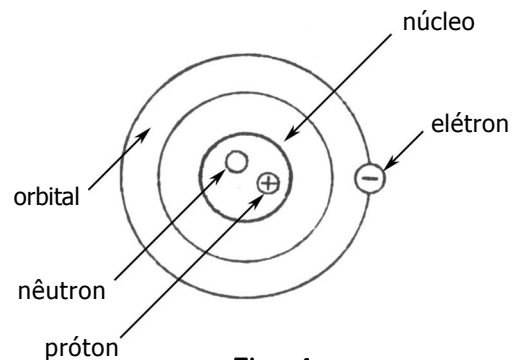
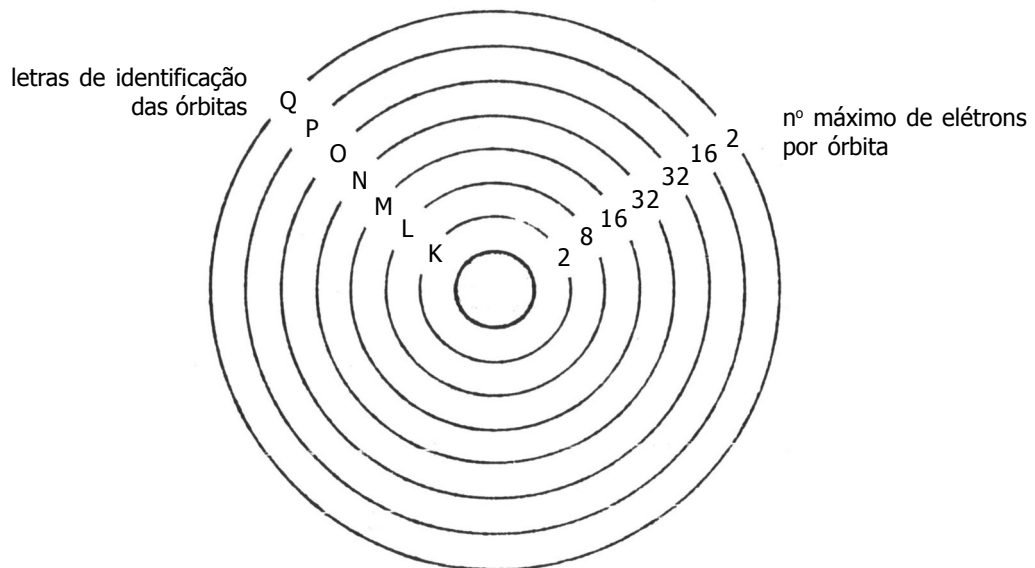


Fig. 4



Os átomos podem ter uma ou várias órbitas, dependendo do número de elétrons, contendo cada órbita um número específico de elétrons.



**Fig. 5**

No estado natural, o átomo possui número de prótons igual ao de elétrons. Dessa forma, as cargas elétricas positivas e negativas anulam-se, e, assim, diz-se que o átomo é eletricamente neutro.





# Corrente elétrica

## Nesta Seção...

Íons ◀

Grandezas elétricas ◀





## Corrente elétrica

Todos os elétrons podem ser removidos dos seus átomos através da aplicação de uma força externa, bastando alterar o equilíbrio entre a força centrípeta que os mantém em suas órbitas.

A remoção dos elétrons das suas órbitas provoca o desequilíbrio elétrico do átomo. Como os elétrons possuem cargas negativas, o átomo torna-se eletricamente positivo.

A facilidade com que o elétron pode ser removido está relacionada com a órbita na qual ele se localiza. Os elétrons dos níveis mais externos podem “escapar” dos átomos originais e passar a se deslocar entre os níveis dos átomos vizinhos. Esses elétrons são chamados elétrons livres, e seu movimento é ao acaso, em todas as direções.

Portanto, os elétrons livres são elétrons das órbitas externas dos átomos e, principalmente, da última órbita.

Cargas elétricas em movimento ordenado formam a corrente elétrica. Em materiais, como os metais e a grafita, a corrente elétrica é formada pelo movimento dos elétrons livres, os quais se libertaram das camadas mais afastadas do núcleo atômico.

## Condutores e isolantes elétricos

São denominados condutores elétricos os materiais em que há facilidade de movimento das partículas eletrizadas. Exemplo: prata, cobre, alumínio.

Os meios que não conduzem (ou conduzem muito pouco) a corrente elétrica são chamados isolantes ou dielétricos. Nestes meios, os elétrons são firmemente ligados eletricamente aos seus átomos e não têm facilidade de se movimentar por entre os outros átomos, como no caso dos condutores. Exemplos: óleo, água, borracha, etc.

## Íons

Os átomos no estado natural são sempre eletricamente neutros, ou seja, o número de cargas positivas é igual ao de cargas negativas (número de prótons = número de elétrons). Quando esses números são diferentes, aparecem os íons.

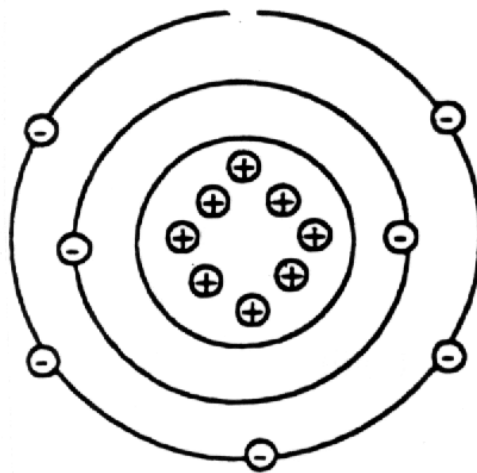


Íons são átomos eletricamente desequilibrados, isto é, perderam ou receberam elétrons através de uma força externa.

Os íons classificam-se em positivos e negativos.

## Íons positivos

Íons positivos são átomos que *perderam* elétrons.

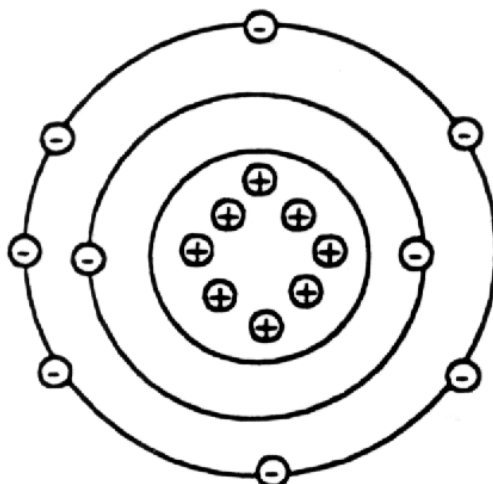


$$\begin{array}{r} \text{prótons} = +8 \\ \text{elétrons} = -7 \\ \hline \text{resultado} = +1 \end{array}$$

Fig. 1

## Íons negativos

Íons negativos são átomos que *receberam* elétrons.



$$\begin{array}{r} \text{prótons} = +8 \\ \text{elétrons} = -9 \\ \hline \text{resultado} = -1 \end{array}$$

Fig. 2



# Grandezas elétricas

Grandezas elétricas	Símbolo	Unidades de medida	Símbolo	Aparelho de medição
Corrente	I	Ampere	A	Amperímetro
Tensão	U ou E	Volt	V	Voltímetro
Resistência	R	Ohm	$\Omega$	Ohmímetro
Potência	P	Watt	W	Wattímetro

## Corrente elétrica

É o movimento ordenado pelo excesso e falta de elétrons, que dão origem à corrente elétrica.

## Tensão elétrica

Pressão elétrica causada pelo excesso e falta de elétrons, que, por sua vez, dão origem à corrente elétrica.

## Resistência

Dificuldade que certos materiais oferecem à passagem da corrente elétrica.

## Potência

Força posta em serviço, ou seja, a tensão elétrica aplicada à corrente elétrica.

## Curiosidades

As unidades de medida das grandezas são homenagens prestadas aos seus descobridores.

*ampere* – André-Marie Ampère (francês);

*volt* – Alessandro Volta (italiano);

*ohm* – George Simon Ohm (inglês);

*watt* – James Watt (inglês).



# **Tensão e corrente**







## Tensão e corrente contínua

Enquanto a polaridade da tensão permanecer constante, haverá uma corrente que terá sempre o mesmo sentido, chamada de corrente contínua. Essa tensão que dá origem a uma corrente contínua denomina-se tensão contínua. Como a corrente contínua é representada CC, a abreviação usada para indicar a tensão contínua é tensão CC.

As pilhas de rádio e os acumuladores de carro fornecem corrente contínua; alguns tipos de gerador elétrico, também. Os terminais de uma fonte de tensão contínua são marcados com os sinais mais e menos, indicando o sentido em que a corrente circula no circuito. O sentido convencional da corrente é o que circula do terminal mais para o terminal menos.

## Tensão e corrente alternada

Uma fonte de tensão que muda a polaridade em intervalos regulares (frequência) produz uma corrente que muda de sentido constantemente, chamada de corrente alternada (CA).

A CA apresenta certas características muito úteis. Pode ser facilmente transformada para valores mais altos ou mais baixos, característica que torna possível transmitir economicamente a CA a longas distâncias. Em consequência, podem-se construir usinas geradoras de CA em fontes remotas de potência hidráulica e fornecer essa eletricidade a consumidores distantes. É possível, ainda, transformarmos a CA em CC pelo processo de retificação.

## Ciclo

É a variação da corrente alternada, ou seja, primeiro ela aumenta de zero até o pico máximo positivo, depois diminui até zero e, em seqüência, aumenta até o máximo negativo e volta a zero.

O ciclo é normalmente repetido muitas vezes por segundo (50/60Hz), e todos são exatamente iguais.



# Simbologia

## Grandezas elétricas fundamentais

Significado	Símbolo da ABNT
Corrente contínua	—
Corrente alternada	~
Corrente contínua e alternada	<u>~</u>
Exemplo de corrente alternada monofásica de 60Hz	1-60Hz
Exemplo de corrente contínua com dois condutores e tensão de 220V	2-220V

# Geradores

## Nesta Seção...

Associação de geradores ◀

Analogia dos circuitos hidráulico e elétrico ◀





## Geradores

Os dispositivos que transformam em energia elétrica as outras formas de energia, como a química luminosa, térmica e mecânica, denominam-se geradores, os quais movimentam as cargas livres de um condutor, fornecendo-lhes energia; por isso, mantêm uma diferença de potencial (ddp) ou tensão entre os dois pontos de um condutor. Esta energia potencial também recebe a denominação de força eletromotriz (FEM). A função de um gerador num circuito elétrico pode ser comparada à de uma bomba de água numa instalação hidráulica.

Representando o pólo de potencial menor do gerador pelo sinal (-) e o pólo de potencial maior pelo sinal (+), os elétrons do condutor ligado aos pólos do gerador vão do pólo negativo ao positivo. Por isso, como por convenção a corrente elétrica tem o sentido contrário ao movimento dos elétrons, indo do pólo positivo para o negativo.

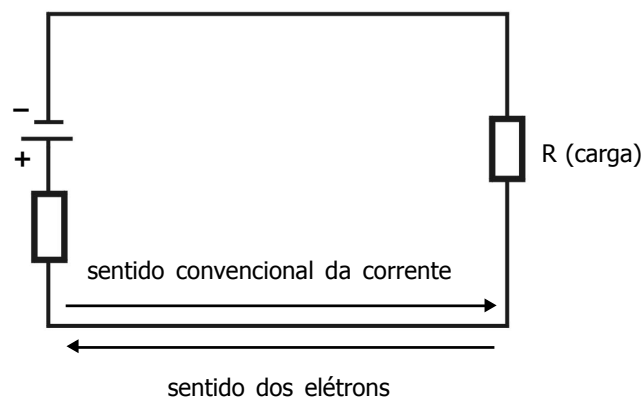


Fig. 1

## Circuito aberto

Diz-se que um gerador está em circuito aberto, quando não há percurso fechado para a corrente elétrica.



## Curto-circuito

Quando os terminais do gerador são colocados em contato direto, ou seja, quando a resistência externa  $R$  é nula, a corrente é máxima. Esta corrente chama-se corrente de curto-circuito (ICC).

## Pilhas

Se dois condutores de materiais diferentes são mergulhados parcialmente em uma solução eletrolítica, surge uma tensão entre eles. Ligando os dois condutores por meio de um fio metálico, este é percorrido por uma corrente elétrica que se mantém durante certo intervalo de tempo.

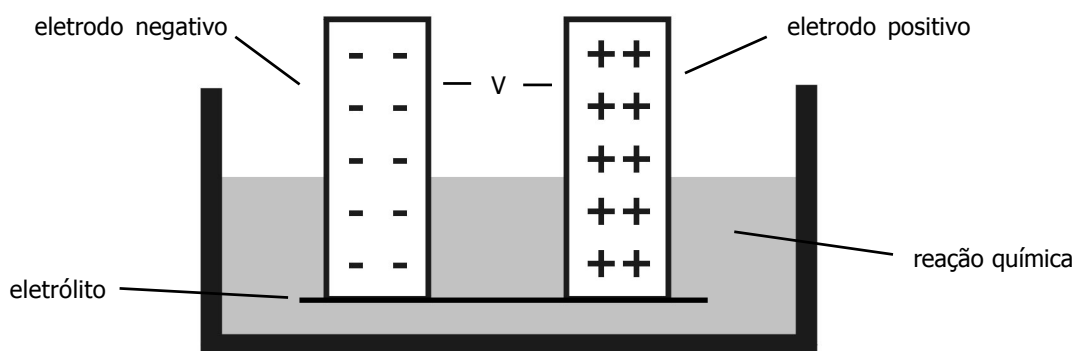


Fig. 2

O sistema constituído por dois condutores de materiais diferentes, parcialmente mergulhados em solução eletrolítica, recebe o nome de pilha, que é um gerador químico, ou seja, transforma energia química em elétrica.

## Bateria de automóvel

É uma associação – daí a denominação bateria – de acumuladores ligados em série. Cada elemento da bateria fornece uma tensão de 2V. Conseqüentemente, uma bateria de três elementos fornece 6V.

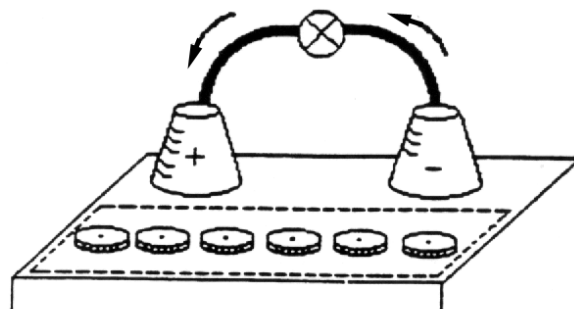


Fig. 3



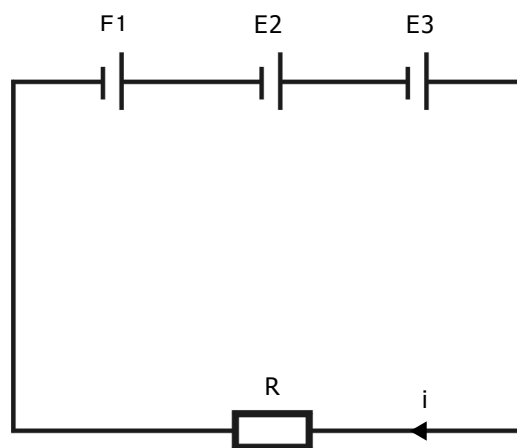
1. Os elétrons do condutor de cobre são atraídos pelo positivo.
2. O condutor de cobre torna-se positivamente carregado.
3. O condutor atrai, então, os elétrons do negativo, formando um fluxo de elétrons livres chamado corrente elétrica.

Uma bateria tem excesso de elétrons em seu terminal negativo e falta de elétrons no positivo. Por isso através de um condutor, é capaz de iniciar um fluxo de elétrons (corrente elétrica) do terminal negativo para o positivo.

## Associação de geradores

### Geradores associados em série

Neste caso, a tensão nos terminais do resistor é igual à soma das FEMs dos geradores. Assim:



$$E1 + E2 + E3 = R.i$$

Fig. 4

### Geradores associados em paralelo

Dois ou mais aparelhos elétricos estão ligados em paralelo, quando todos os seus terminais de entrada se encontram ligados entre si, bem como os terminais de saída, ficando, portanto, todos eles com a mesma ddp, que é a própria ddp da associação.



# Analogia dos circuitos hidráulico e elétrico

## Circuito hidráulico

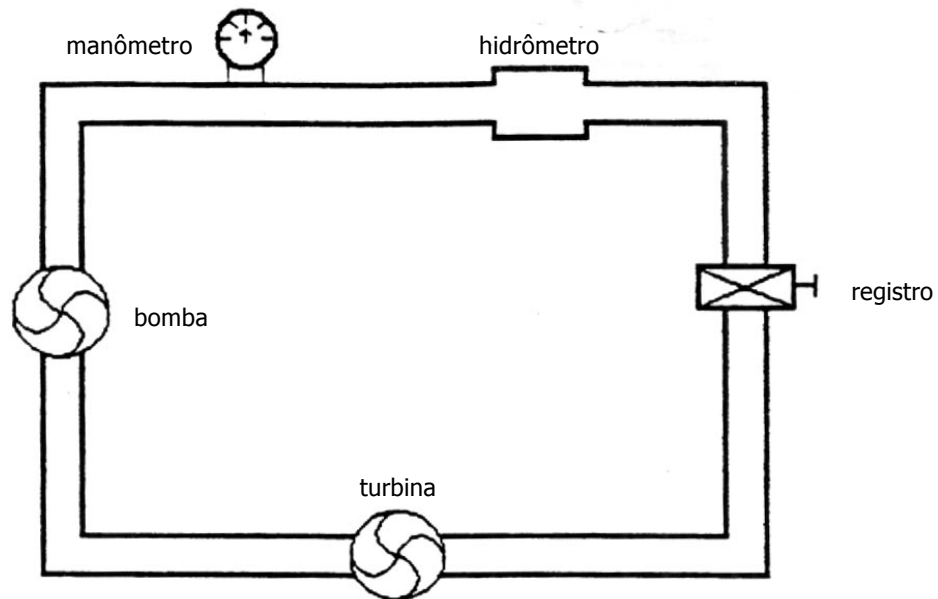


Fig. 5

## Circuito elétrico

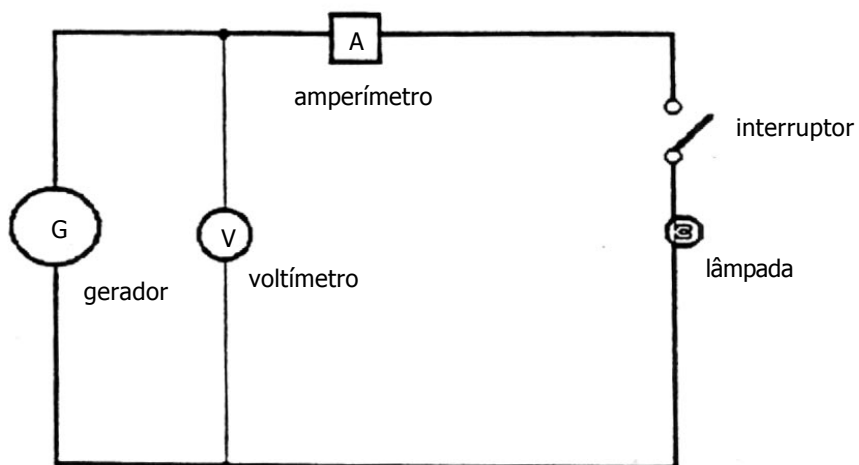


Fig. 6



# Resistência elétrica

## Nesta Seção...

Lei de OHM ◀

Códigos de cores para resistores ◀

Praticando – Exercícios ◀





## Resistência elétrica

Todos os materiais são condutores de corrente elétrica, porém oferecem certa resistência ao fluxo de corrente.

Bons condutores: materiais que oferecem pouca resistência.

O fio fino oferece maior resistência que o grosso.

O fio longo oferece maior resistência que o curto.

*Reostato significa fluxo controlado, portanto é variador de resistência.*

## Lei de Ohm

Às relações entre corrente, tensão e resistência, chama-se lei de Ohm.

1. Baixa tensão = baixa corrente.
2. Alta tensão = alta corrente.
3. Baixa resistência = alta corrente.
4. Alta resistência = baixa corrente.

A intensidade de corrente elétrica depende dos valores de tensão e de resistência.

### Observação

---

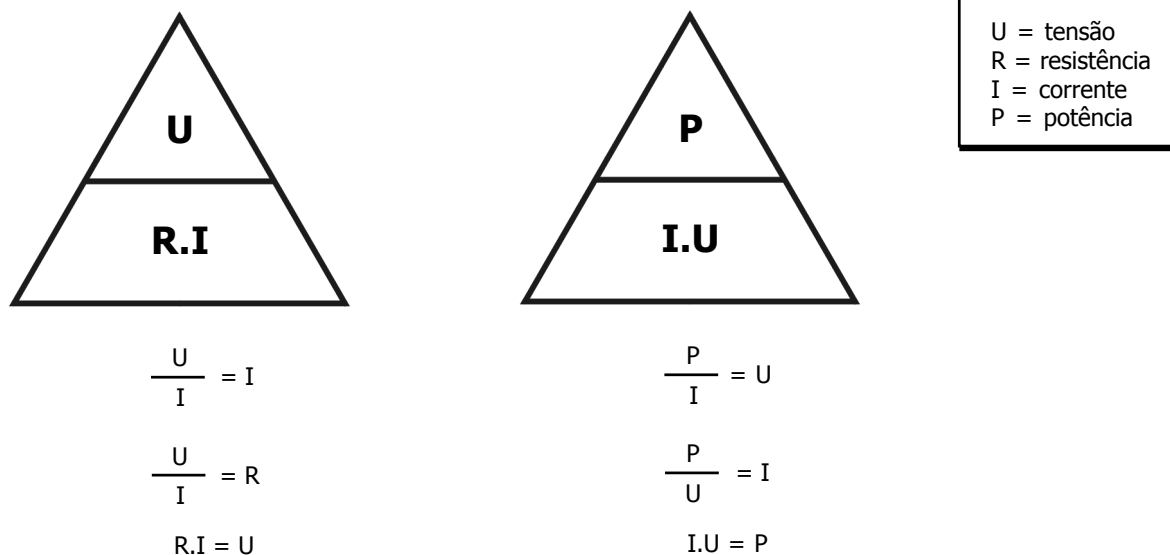
*Tal fato foi descoberto por George S. Ohm em 1827, sendo essa lei de primordial importância nos cálculos elétricos.*

---



## A expressão matemática da lei de Ohm

A corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão elétrica e inversamente proporcional à resistência elétrica.



Figs. 1 e 2

## Códigos de cores para resistores

O valor ôhmico dos resistores e sua tolerância podem ser impressos no corpo do componente através de anéis coloridos.

A cor de cada anel e a sua posição com relação aos demais anéis, corretamente interpretada, fornecem dados sobre o valor do componente.

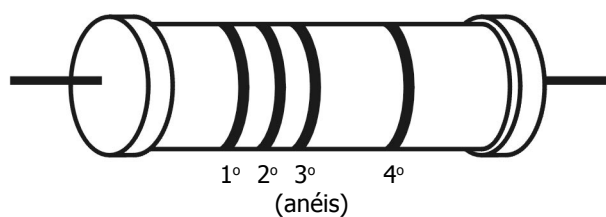
A disposição das cores em forma de anéis possibilita que o valor do componente possa ser lido de qualquer posição.

### Interpretação do código

O código compõe-se de três cores, usadas para representar o valor ôhmico, e uma outra, para representar o percentual de tolerância.

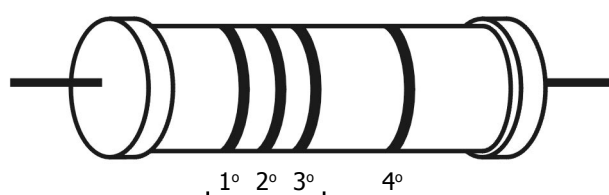
Para a correta interpretação dos valores de resistência e tolerância do resistor, os anéis têm de ser lidos em uma seqüência correta.

O primeiro anel colorido a ser lido é o mais próximo da extremidade do componente. Seguem-se, na ordem, os segundo, terceiro e quarto anéis coloridos.



**Fig. 3**

Os três primeiros anéis coloridos representam o valor do resistor; o quarto anel, o percentual de tolerância.



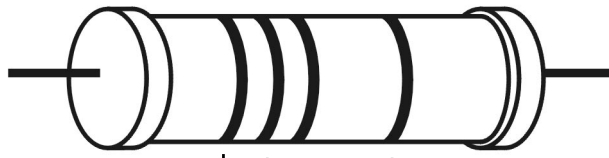
os anéis que indicam o valor da  
resistência do resistor

(o anel mais afastado)  
indica a tolerância

**Fig. 4**

A tabela a seguir apresenta o código de cores completo.

Cor	Dígitos significativos	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	1 ×	
Marrom	1	10 ×	
Vermelho	2	100 ×	
Laranja	3	1.000 ×	
Amarelo	4	10.000 ×	
Verde	5	100.000 ×	
Azul	6	1.000.000 ×	
Violeta	7		
Cinza	8		
Branco	9		
Ouro		0,1 ×	± 5%
Prata		0,01 ×	± 10%
Sem cor			± 20%



1ª faixa/ 1º dígito	
Cor	Dígito
Preto	0
Marrom	1
Vermelho	2
Laranja	3
Amarelo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Cinza	8
Branco	9

2ª faixa/ 2º dígito	
Cor	Dígito
Preto	0
Marrom	1
Vermelho	2
Laranja	3
Amarelo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Cinza	8
Branco	9

3ª faixa/ multiplicador	
Cor	Multiplicador
Preto	1
Marrom	10
Vermelho	100
Laranja	1.000
Amarelo	10.000
Verde	100.000
Azul	1.000.000
Prata	0,01
Ouro	0,1

4ª faixa/ tolerância	
Cor	Tolerância
Prata	±10%
Ouro	±5%
Sem faixa	±20%



## Praticando

- 1) Em um circuito elétrico em que circula uma corrente elétrica igual a  $5^A$  sob uma tensão de 10 volts, determine o valor da resistência elétrica.

---

---

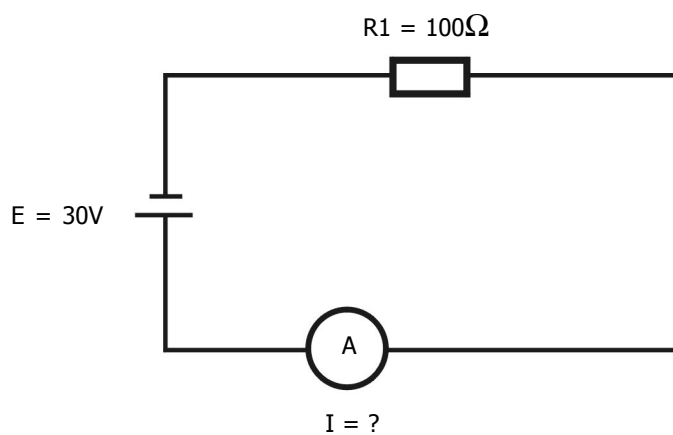
- 2) Um circuito elétrico com uma tensão de 100 volts alimenta uma carga com 20 amperes. Determine a corrente elétrica que irá circular por esse circuito.

---

---

## Ensaio

- 1) Monte o circuito a seguir na placa de contatos e confirme os resultados segundo a lei de Ohm.





## Simbologia

### COMPONENTES DO CIRCUITO

Significado	ABNT
Resistor	
Resistor variável	
Indutor, enrolamento, bobina	ou
Capacitor	
Capacitor variável	
Capacitor eletrolítico	
Diodo semiconductor	
Diodo Zener	
Acumulador, bateria, pilha	
Transistor	
SCR	
Terra	
Massa	



# Resistências equivalentes

**Nesta Seção...**

Praticando – Exercícios ◀

6





## Associação de resistores

A associação de resistores é um conjunto de resistores que, convenientemente ligados, formam um circuito em série, em paralelo ou misto.

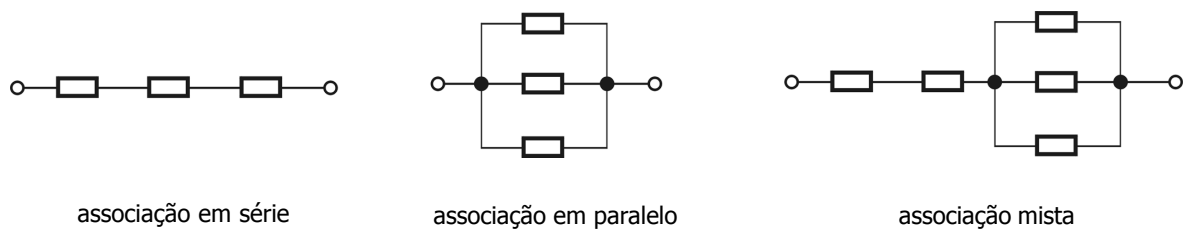


Fig. 1

## Resistência equivalente

Resistência equivalente é a resistência equivalente de um único resistor que pode substituir a associação de resistores, sendo calculada de formas variadas.

### Associação de resistores em série

Na associação de resistores em série, a resistência equivalente é igual à soma das resistências componentes da associação.

Matematicamente,  $R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$ ; onde  $R_e$  é a resistência equivalente e  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  e  $R_n$  são as resistências que compõem a associação.



## Aplicação

Determinar a resistência equivalente da associação a seguir.

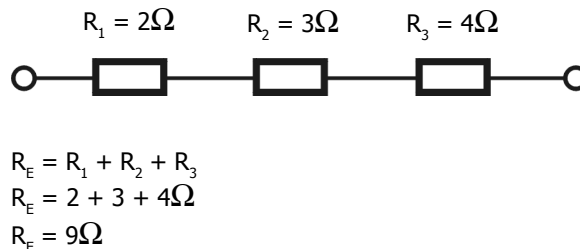


Fig. 2

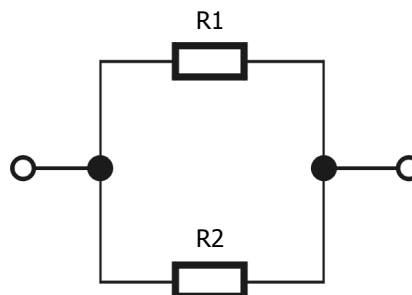
### Observação

*A resistência total no circuito em série é sempre maior que os valores dos resistores que compõem a associação.*

## Associação de resistores em paralelo

A resistência equivalente de uma associação em paralelo é sempre menor que o valor dos resistores que compõem a associação.

Em uma associação em paralelo composta apenas por dois resistores, calculamos a resistência equivalente utilizando a seguinte fórmula:



$$R_E = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Fig. 3

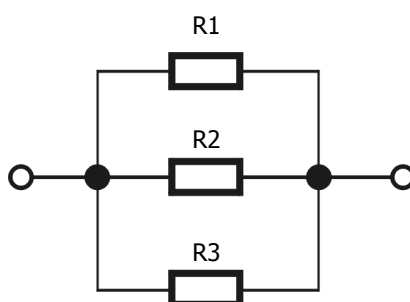


## Aplicação

Considerando  $R1 = 60$  amperes e  $R2 = 40$  amperes, temos:

$$RE = \frac{60 \times 40}{60 + 40} = \frac{2.400}{100} = 24 \text{ amperes}$$

No caso da associação em paralelo com mais de dois resistores, usamos outra fórmula, para calcular a resistência equivalente, que é a seguinte:



$$RE = \frac{1}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R1} + \frac{1}{R1}}$$

Fig. 4

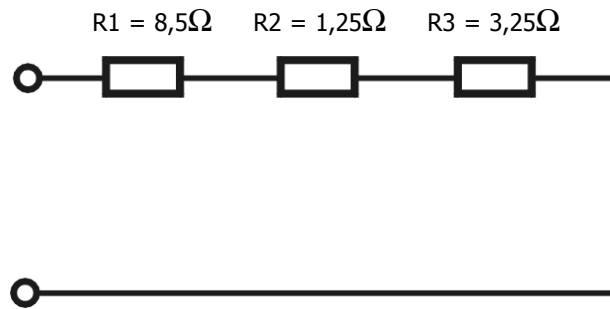
### Observação

*O resistor equivalente no circuito paralelo é sempre menor que o resistor de menor valor.*

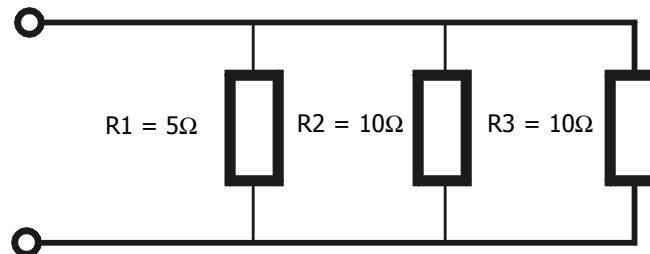


## Praticando

1) Determine no circuito a seguir o valor da resistência total.



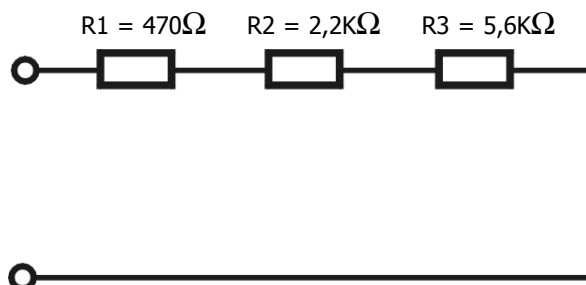
2) Determine no circuito a seguir o valor do resistor equivalente.



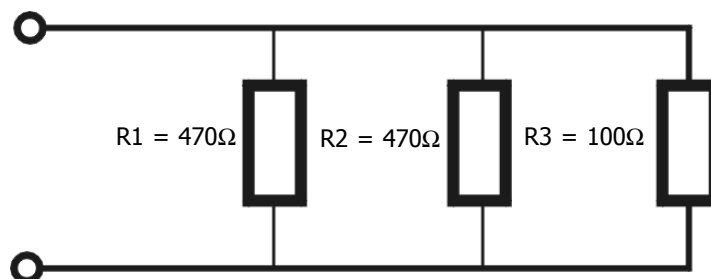


## Ensaio

1) Monte na placa de contatos o circuito a seguir e confirme o valor da resistência equivalente.



2) Monte na placa de contatos o circuito a seguir e confirme o valor do resistor equivalente.







# Capacitores

## Nesta Seção...

Conceito ◀

Tipos de capacitor ◀





## Conceito

O capacitor é um componente que armazena energia elétrica, sendo constituído basicamente de dois condutores (placas paralelas ou armaduras) separados por um material isolante (dielétrico, extremamente isolado e encapsulado).

A quantidade de carga que um capacitor pode armazenar é denominada capacitância. A unidade de medida da capacitância é o farad. A capacitância é simbolizada pela letra C, e o farad, pela letra F. Geralmente, os capacitores são medidos em submúltiplos dessa unidade.

$$\mu\text{F} - \text{microfarads} = 10^{-6} \text{ farads} = 0,000001\text{F}$$

$$\text{nF} - \text{nanofarads} = 10^{-9} \text{ farads} = 0,000000001\text{F}$$

$$\text{pF} - \text{picofarads} = 10^{-12} \text{ farads} = 0,000000000001\text{F}$$

## Características

Além do valor da capacitância, deve-se observar a máxima tensão que o capacitor suporta. Esses dados vêm impressos na maioria dos capacitores, podendo ser encontrado também, como nos resistores, um código de cores para a leitura dos capacitores.

Os capacitores variam de acordo com o tipo de dielétrico e a forma como são encapsulados. Os mais conhecidos são os capacitores cerâmicos, de poliéster, de mica, eletrolítico e de tântalo, apresentando os capacitores eletrolíticos polaridade específica, e não podendo ser ligados invertidos.



# Tipos de capacitor

## Capacitores fixos ou constantes

São os capacitores que não mudam sua capacitância, permanecendo sempre invariáveis. As representações de capacitores fixos são mostradas como se segue.



sem polaridade

Fig. 1



com polaridade

Fig. 2

## Capacitores ajustáveis

Os capacitores ajustáveis podem assumir uma série de valores de capacitância dentro dos limites do seu valor total. Este tipo de capacitor não é projetado para ser variado continuamente, sendo bastante utilizado para a calibração de circuito de radiofrequência como transmissor e receptor. É comumente conhecido como *trimmer*. A representação, em circuitos eletroeletrônicos, de capacitores ajustáveis é mostrada a seguir.



Fig. 3

## Capacitores variáveis

São constituídos, fundamentalmente, de duas séries de placas isoladas entre si. Uma série de placas pode ser girada, e a outra é fixa, sendo o dielétrico, no caso, o próprio ar. Através da rotação da parte móvel, a capacitância é variada, tornando-se maior, à medida que a série de placas móveis



penetra entre as placas fixas. É projetado para poder ser variado continuamente, sem ocorrer desgaste prematuro. Muito utilizado no circuito de sintonia de rádios e receptores.



**Fig. 4**



# Magnetismo

## Nesta Seção...

Conceito ◀

Eletromagnetismo ◀







## Conceito

O magnetismo é uma propriedade que certos materiais possuem, a qual faz com que estes materiais exerçam uma atração sobre os materiais ferrosos.

As propriedades dos corpos magnéticos são grandemente utilizadas em eletricidade (motores, geradores) e eletrônica (instrumentos de medida, transmissão de sinais, etc.).

## Magnetismo natural – ímãs

Alguns materiais encontrados na natureza apresentam propriedades magnéticas naturais, sendo denominados de *ímãs naturais*. A magnetita é um minério de ferro naturalmente magnético, ou seja, um ímã natural.

## Ímãs artificiais

Os ímãs artificiais são barras de materiais ferrosos que o homem magnetiza por processos artificiais.

São muito empregados, porque podem ser fabricados com os mais diversos formatos, de forma a atender às necessidades práticas. Os ímãs artificiais geralmente têm propriedades magnéticas mais intensas que os naturais.

## Pólos magnéticos de um ímã

Externamente, as forças de atração magnéticas de um ímã manifestam-se com maior intensidade nas suas extremidades. Por esta razão, as extremidades são denominadas de *pólos magnéticos do ímã*. Cada um dos pólos apresenta propriedades magnéticas específicas, sendo chamados de *pólo sul* e *pólo norte*.



Como as forças de atração magnéticas dos ímãs são mais concentradas nos pólos, conclui-se que a intensidade destas propriedades decresce para o centro do ímã. Na região central do ímã, estabelece-se uma linha onde as forças de tração magnéticas do pólo sul e do pólo norte são iguais e se anulam. Esta linha é denominada de linha neutra, sendo, portanto, a linha divisória entre os pólos do ímã.

O magnetismo tem a sua origem na organização atômica dos materiais. Cada molécula de um material é um pequeno ímã natural, que se chama ímã molecular ou domínio.

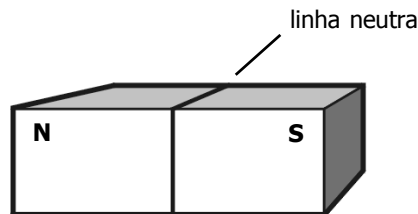


Fig. 1

## Inseparabilidade dos pólos

Os ímãs têm uma propriedade característica: por mais que sejam divididos em partes menores, elas sempre têm um pólo norte e um pólo sul.

## Interação entre ímãs

Quando os pólos magnéticos de dois ímãs estão próximos, as forças magnéticas dos dois ímãs reagem entre si de forma singular.

Se os dois pólos magnéticos próximos forem diferentes (norte de um com sul do outro), haverá uma atração entre os dois ímãs.

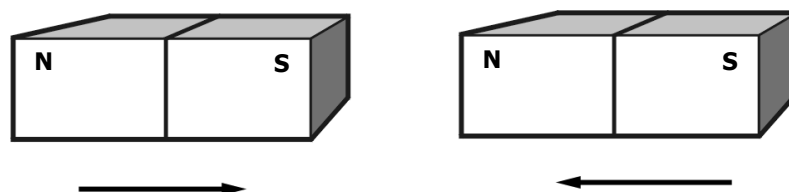


Fig. 2



Se os dois pólos forem iguais (norte de um próximo ao norte de outro), ocorrerá uma repulsão entre os dois ímãs.

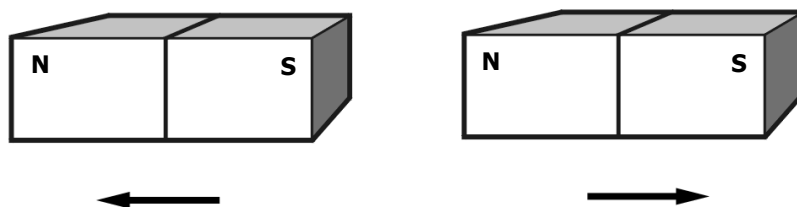


Fig. 3

## Campo magnético – linhas de força

Os efeitos de tração ou repulsão entre dois ímãs ou de atração de um ímã sobre os materiais ferrosos devem-se à existência de um campo magnético que provém do ímã. O espaço ao redor do ímã, em que existe atuação das forças magnéticas, é denominado de campo magnético.

Como artifício para estudar este campo magnético, admite-se a existência de linhas de força magnéticas ao redor do ímã.

Com o objetivo de padronizar os estudos relativos ao magnetismo e às linhas de força estabeleceu-se, como convenção, que as linhas de força de um campo magnético se dirigem do pólo norte em direção ao pólo sul. Esta convenção aplica-se às linhas de força externas ao ímã.

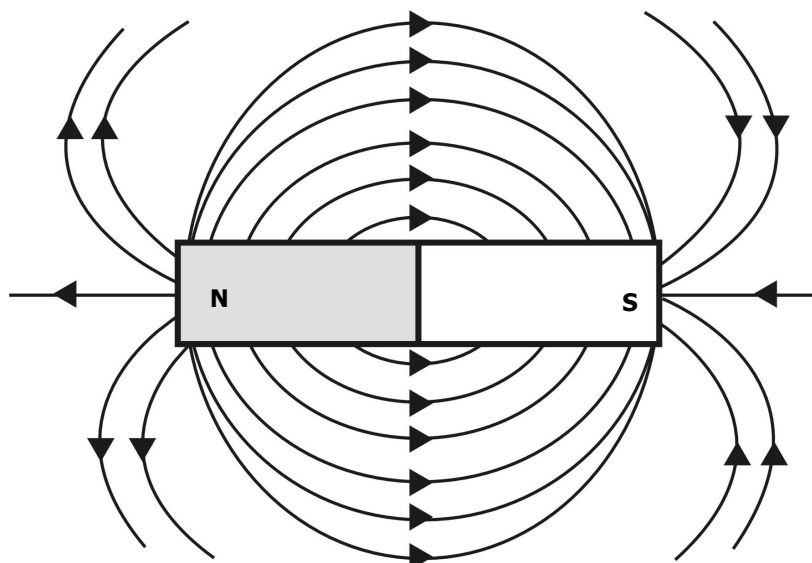


Fig. 4



# Eletromagnetismo

A denominação eletromagnetismo aplica-se a todo fenômeno magnético que tenha origem em corrente elétrica.

Quando um condutor é percorrido por uma corrente elétrica, ocorre orientação no movimento das partículas no seu interior, a qual tem um efeito semelhante à orientação dos ímãs moleculares. Como consequência desta orientação, verifica-se o surgimento de um campo magnético ao redor do condutor.

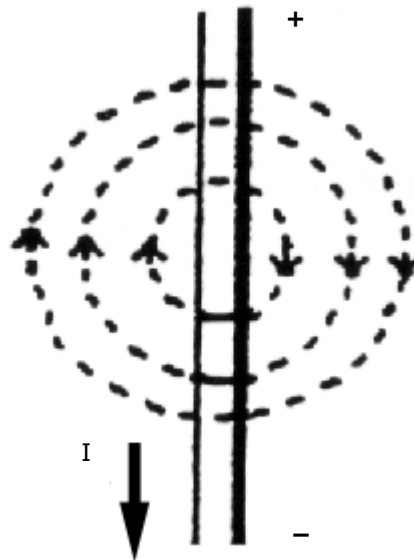


Fig. 5

As linhas de força deste campo magnético, criado pela corrente elétrica que passa por um condutor, são circunferências concêntricas num plano perpendicular ao condutor.

## Campo magnético em uma bobina

Para obter campos magnéticos de maior intensidade a partir da corrente elétrica, usa-se enrolar o condutor em forma de espiras, constituindo uma bobina.

As bobinas permitem uma soma dos efeitos magnéticos gerados em cada uma das *espiras*. Os pólos magnéticos formados pelo campo magnético têm características semelhantes aos pólos de um ímã natural.

A intensidade do campo magnético em uma bobina depende diretamente da intensidade da corrente e do número de espiras.

# **Unidade II**

## **Instrumentos de medição elétrica**



# Multímetro

## Nesta Seção...

Conceito ◀

Classificação ◀

Medição com multímetro ◀







## Conceito

Em eletrônica, é muito comum a medição de tensões em diversos pontos dentro de um circuito. Assim, há necessidade de um instrumento versátil, capaz de realizar tal medição. Esse instrumento é o *multímetro*, também chamado de *multiteste* ou *méter*.

O multímetro é um instrumento de medição eletrônica por contato elétrico, com escalas de medição analógica ou digital, capaz de fazer a medição das principais grandezas, como tensão, corrente e resistência.

## Classificação

Os multímetros podem ser classificados, quanto à complexidade do seu circuito interno, em:

- multímetro Vom (simples);
- multímetro eletrônico.

### Multímetro Vom

O multímetro Vom é constituído de circuito de pouca complexidade, basicamente um galvanômetro bem como divisores de tensão e corrente.

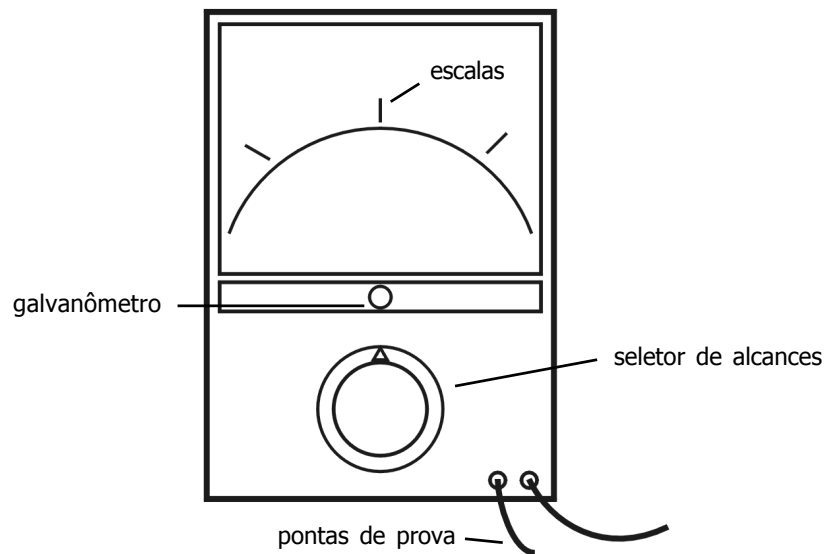


Fig. 1

O galvanômetro é um dispositivo eletromecânico de medida com indicação analógica. A sensibilidade do galvanômetro é a principal responsável pela precisão do Vom.

## Multímetro eletrônico

O multímetro eletrônico é constituído de circuito mais complexo, proporcionando maior precisão de medida com indicação analógica ou digital.

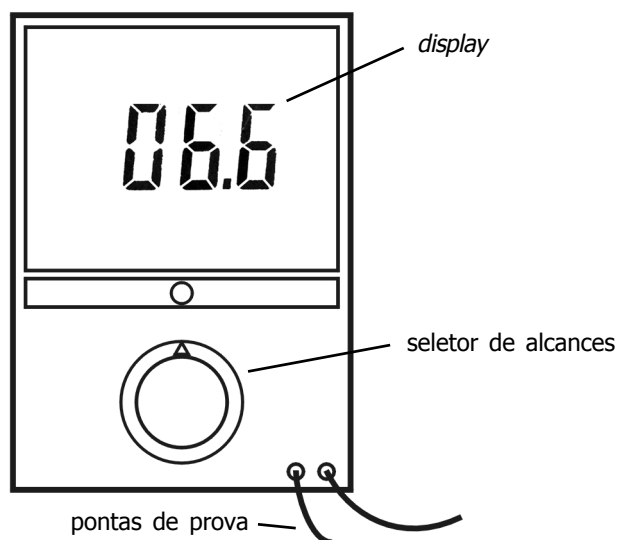


Fig. 2



# Medição com multímetro

Em eletroeletrônica, são feitas calibrações e manutenções de circuitos, nas quais a correta utilização do multímetro é fundamental à precisão das medidas e conservação do instrumento.

A medição com multímetro é o processo para obter medidas das principais grandezas elétricas, como tensão, corrente e resistência, através de um multímetro.

Tal medição é classificada, quanto à grandeza a ser medida, em:

- medição de tensão;
- medição de corrente;
- medição de resistência.

## Medição de tensão

1. Ajustar o multímetro, para medir a tensão em CC ou CA.

2. Selecionar a faixa de tensão adequada através do seletor de alcances, de forma que a tensão a ser medida nunca seja maior que a tensão do fundo de escala.

Se o valor da tensão a ser medida for totalmente desconhecido, ajustar o seletor de alcances para medição de máxima tensão.

3. Conectar as pontas de prova em paralelo com o circuito ou componente no qual deve ser medida a tensão, respeitando as polaridades (+ e -) no caso de CC.

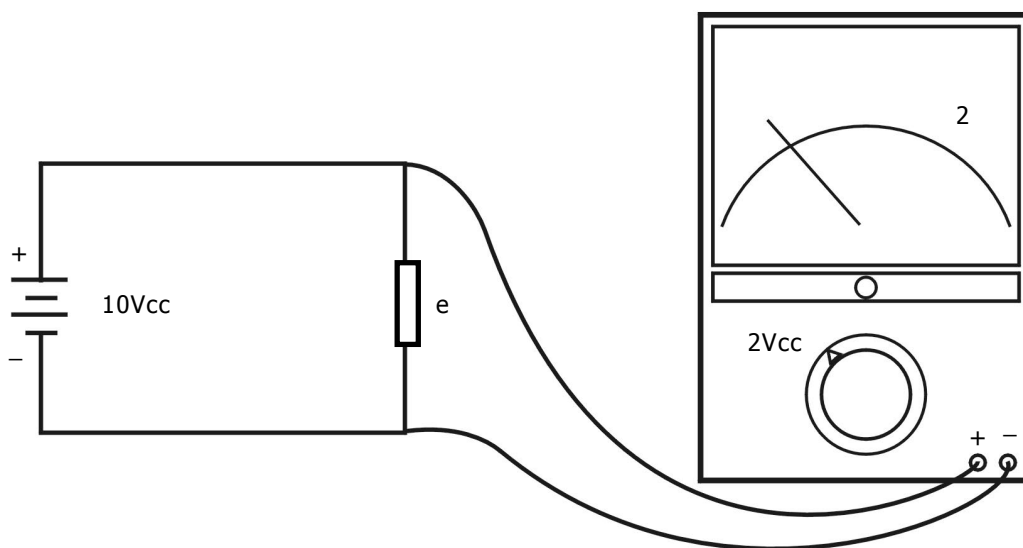


Fig. 3



4. Ler no mostrador o valor da medida e, se necessário, selecionar outro alcance de escala para maior precisão.

## Medição de corrente

1. Ajustar o multímetro, para medir a CC ou CA.

2. Selecionar a faixa de tensão adequada através do seletor de alcances, de modo que a corrente a ser medida nunca seja maior que a corrente do fundo de escala.

Se a intensidade da corrente a ser medida for totalmente desconhecida, ajustar o seletor de alcance para medição de máxima tensão.

3. Conectar as pontas de prova em paralelo com o circuito ou componente no qual deverá ser medida a corrente, respeitando as polaridades (+ e -) no caso de CC.

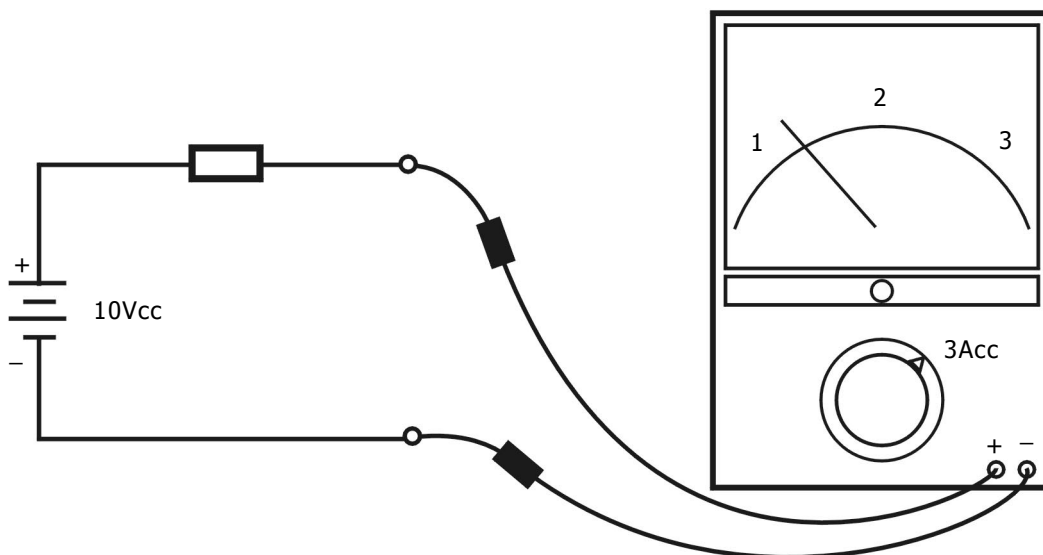


Fig. 3

4. Ler no mostrador o valor da medida e, se necessário, selecionar outro alcance de escala para maior precisão.

## Medição de resistência

1. Desenergizar o circuito ou componente em teste.

2. Ajustar o multímetro para medição de resistência.

3. Selecionar uma faixa de resistência adequada através do seletor de alcances.



4. Curto-circuitar as pontas de prova e verificar no mostrador se a leitura é de 0 amperes. Caso contrário, fazer o ajuste de 0 amperes, se houver um controle para este fim.

5. Conectar as pontas de prova em paralelo com o circuito ou componente.

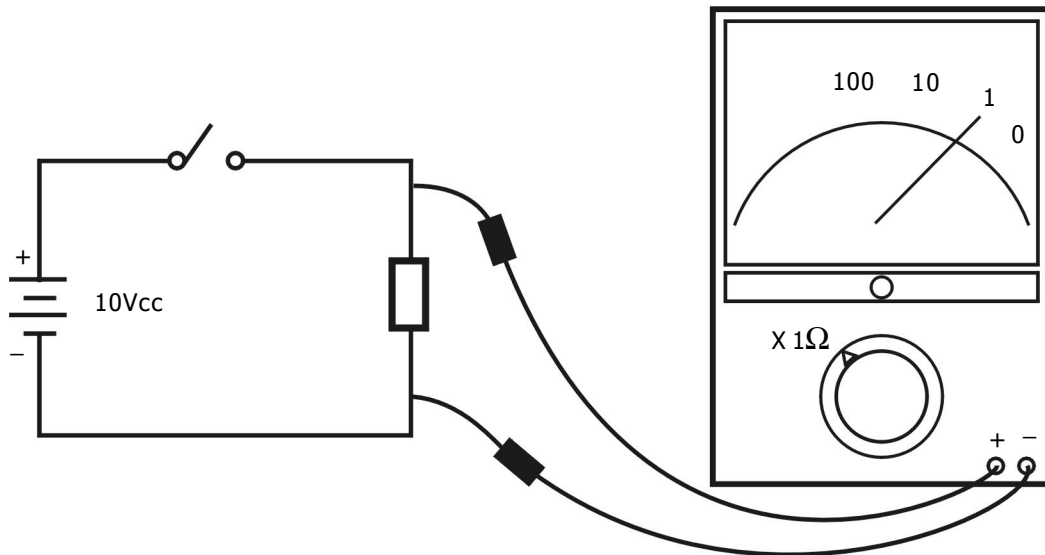


Fig. 3

4. Ler no mostrador o valor da medida e, se necessário, selecionar outro alcance de escala para maior precisão.



# **Unidade III**

## **O que é eletrônica?**





# Componentes eletrônicos

## Nesta Seção...

Resistores ◀

Potenciômetros ◀

Capacitores ◀

Praticando ◀





# Resistores

Os resistores são componentes que aumentam a resistência elétrica de um circuito ou trecho de circuito. A presença de um resistor está sempre relacionada com o controle da intensidade da corrente elétrica, já que o aumento da resistência em um circuito faz com que a corrente elétrica diminua. Os resistores também podem ser utilizados para alterar a tensão elétrica (voltagem) aplicada em outros componentes do circuito. Neste caso, dizemos que o resistor provoca queda de tensão.

Podem os resistores ser construídos com metais, cerâmica ou película de carbono. A quantidade de resistência que um resistor oferece à passagem da corrente elétrica é medida em ohms. Existem resistores desde 0,1 ampere até mais de 20.000.000 amperes. Usam-se, também, múltiplos do ohm, como o quilohm que vale mil ohms, o megaohm que vale um milhão de ohms. Assim, por exemplo, um resistor de 5 possui uma resistência de 5.000 ohms; já um resistor de 1,5 possui uma resistência de 1.500.000 ohms.

Além da resistência elétrica, os resistores caracterizam-se, também, pela potência com que podem transferir calor para o ambiente. Quanto maior for o tamanho de um resistor, maior será a sua potência, ou seja, mais calor ele conseguirá dissipar, sem ser destruído. Os menores resistores que existem possuem potência de um oitavo ou um quarto de watt; os maiores resistores chegam a uma potência de 20 watts.

## Identificação de um resistor

Para sabermos o valor da resistência elétrica de um resistor, podemos utilizar duas formas: leitura direta ou código de cores.

Na leitura direta, o valor da resistência vem anotado no próprio resistor. Por exemplo: se num resistor estiver gravado 4,7K ou 4K7, isso significa que sua resistência é de 4.700 amperes; sendo 2,5M ou 2M5, a resistência será de 2.500.000 amperes.

O código de cores, utilizado na identificação dos resistores, funciona da seguinte maneira: o valor da resistência é marcado através de anéis coloridos pintados no corpo do resistor.

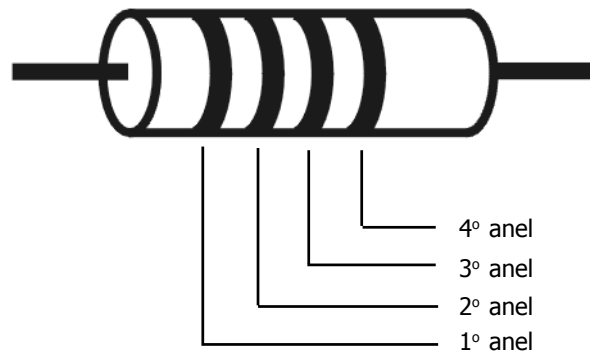


Fig. 1

O primeiro e segundo anéis indicam dois algarismos; o terceiro anel indica um fator de multiplicação, ou seja, o número de zeros que se seguem aos dois primeiros algarismos; o quarto anel indica a tolerância do resistor, a qual corresponde à diferença entre o valor nominal (gravado no resistor) e o valor real da resistência. Quando o quarto anel não é gravado, isso indica tolerância de 20%.

A tabela a seguir mostra o significado de cada anel.

Cor	1º anel	2º anel	3º anel	4º anel
Preto	–	0	× 1	–
Marrom	1	1	× 10	1%
Vermelho	2	2	× 100	2%
Laranja	3	3	× 1.000	3%
Amarelo	4	4	× 10.000	4%
Verde	5	5	× 100.000	–
Azul	6	6	× 1.000.000	–
Violeta	7	7	–	–
Cinza	8	8	–	–
Branco	9	9	–	–
Prata	–	–	× 0,01	10%
Dourado	–	–	× 0,1	5%



Vamos imaginar que temos em mãos um resistor como o da fig. 2, com o primeiro anel vermelho, o segundo anel amarelo, o terceiro anel laranja e o quarto anel dourado. Quais são o valor da resistência desse componente e a sua tolerância?

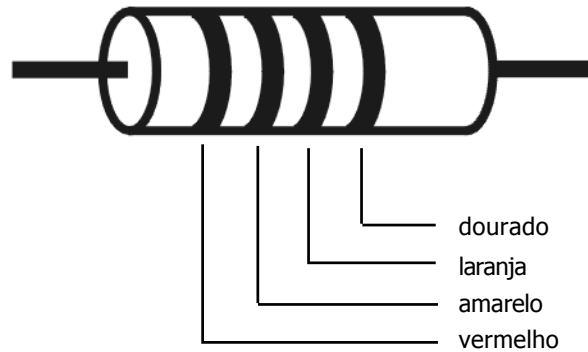


Fig. 2

O primeiro e o segundo anéis fornecem os dois algarismos da resistência: vermelho 2 e amarelo 4. Formamos, por enquanto, 24.

O terceiro anel fornece o fator de multiplicação: laranja  $\times 1.000$ . Portanto, o valor da resistência é de  $24 \times 1.000$  ou 24.000.

O quarto anel define a tolerância: dourado, 5%. Portanto, a diferença entre o valor real do resistor e o valor marcado de 24.000 ohms pode chegar até 5% desse mesmo valor, para mais ou para menos.

## Potenciômetros

Potenciômetros são resistores variáveis, isto é, nos quais o valor da resistência elétrica pode mudar. Os potenciômetros possuem uma lingüeta metálica (cujo nome é cursor) ligada a um eixo que pode movimentá-la. Conforme a posição do cursor, o valor da resistência do potenciômetro varia.

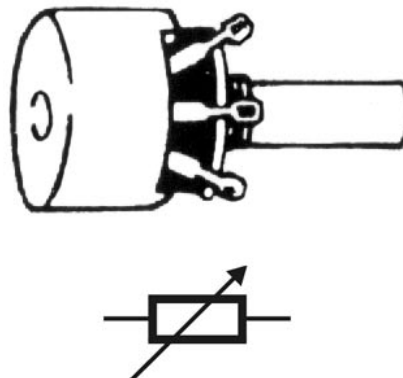


Fig. 3



# Capacitores

Os capacitores (também chamados condensadores) são componentes eletrônicos formados por placas de metal separadas por um isolante. O material isolante, também denominado dielétrico, define o tipo de capacitor. Pode ser mica, poliéster (um plástico), vidro, etc. Por exemplo: um capacitor cujo isolante é poliéster chama-se capacitor de poliéster.

Placas metálicas separadas por dielétrico adquirem a capacidade de armazenar cargas elétricas e, conseqüentemente, energia elétrica.

A capacidade de um capacitor armazenar cargas elétricas é chamada capacitância, medida em farads, cuja abreviatura é F.

Como a unidade farad é muito grande, costuma-se usar seus submúltiplos. O microfarad corresponde à milionésima parte do farad; o nanofarad, à milésima parte do micrifarad. Utiliza-se, também, o picofarad, que corresponde à milésima parte do nanofarad.

Existem capacitores de muitas formas diferentes. Os tubulares são utilizados nos motores a gasolina ou a álcool, no circuito que produz faíscas nas velas. Esses capacitores são formados por folhas de condutores e isolantes enrolados.

Os capacitores eletrolíticos são os que utilizam uma substância quimicamente ativa como dielétrico. A vantagem desses capacitores é que eles permitem a obtenção de capacitâncias muito altas com componentes relativamente pequenos. Os capacitores eletrolíticos são componentes polarizados, ou seja, o terminal positivo é sempre o mesmo, não podendo ser carregado negativamente, pois, fazendo isso, o capacitor é destruído.

Além da capacitância, os capacitores são identificados também pela sua tensão de trabalho. Se um capacitor for submetido a uma tensão elétrica muito grande, uma faísca poderá saltar entre suas placas condutoras e destruí-lo. A tensão de trabalho, ou tensão de isolamento, determina a tensão máxima em que se pode ligar o capacitor sem perigo de destruição.

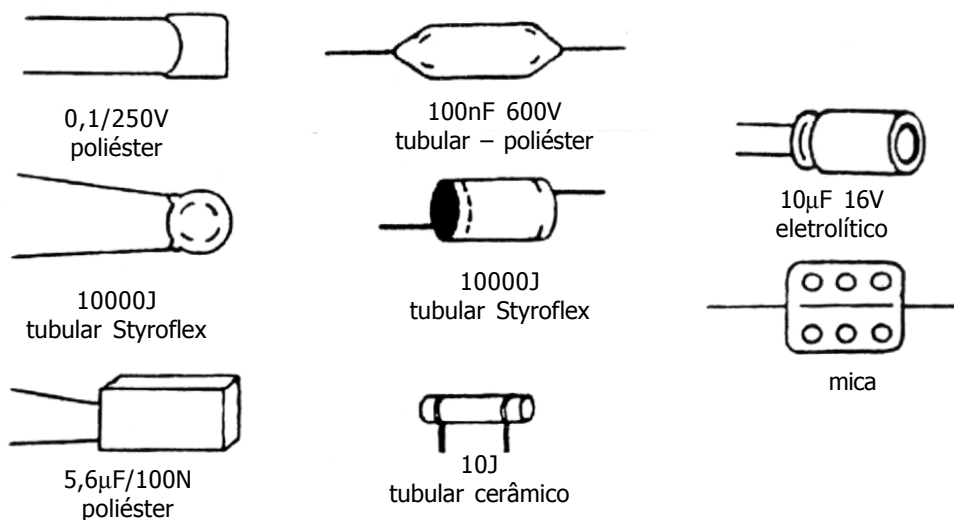


Fig. 4



# Praticando

Antes de prosseguir, responda às questões do teste. A seguir, releia o texto, certificando-se de que suas respostas estão corretas. Caso não esteja seguro das respostas, volte ao texto, até eliminar todas as dúvidas. Somente então passe ao item seguinte.

## Teste I

1. Resistores são componentes que aumentam a \_\_\_\_\_ de um circuito.

2. A unidade de medida de potência é o \_\_\_\_\_, cujo símbolo é \_\_\_\_\_.

3. O primeiro e o segundo anéis indicam 2 \_\_\_\_\_, e o terceiro anel é um \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

4. Os resistores de resistência elétrica variável são chamados \_\_\_\_\_.

5. Os capacitores são componentes eletrônicos formados por placas de \_\_\_\_\_ separadas por um \_\_\_\_\_.

6. A principal característica de um capacitor é sua capacidade de armazenar \_\_\_\_\_.

7. Os capacitores têm muitas formas: os utilizados em motores de automóveis são \_\_\_\_\_.





# Semicondutores – junções e diodos

## Nesta Seção...

Materiais semicondutores ◀

Junções ◀

Praticando ◀





## Semicondutores – junções e diodos

Os resistores e capacitores são componentes passivos de um circuito, pois não amplificam nem geram sinais ou correntes. Os componentes ativos de um circuito são, por exemplo, os transistores e circuitos integrados.

Os semicondutores são materiais empregados na fabricação dos transistores. Estes são montados a partir de outro componente passivo, que é o diodo, feito com materiais semicondutores.

## Materiais semicondutores

Como já vimos anteriormente, existem materiais bons condutores, como o alumínio, o ouro e o cobre; e há materiais isolantes, como o papel, a borracha e os plásticos. Os materiais semicondutores não são bons condutores de eletricidade, mas não chegam a ser bons isolantes, ficando numa faixa intermediária. Os elementos químicos que formam materiais semicondutores muito utilizados em eletrônica são o germânio (Ge) e o silício (Si).

O germânio ou silício puros não têm utilidade em eletrônica, pois seus átomos não apresentam elétrons livres necessários à formação de corrente elétrica. Mas, se adicionarmos algumas “impurezas” a esses materiais, eles poderão se transformar em um condutor especial.

Adicionando pequenas quantidades de arsênio (As) ao germânio (Ge), surgem, nesse material, elétrons livres que podem conduzir energia elétrica. Em tal caso, como o transporte de cargas é feito pelos elétrons, dizemos que o material produzido é um semicondutor do tipo N (N de negativo).

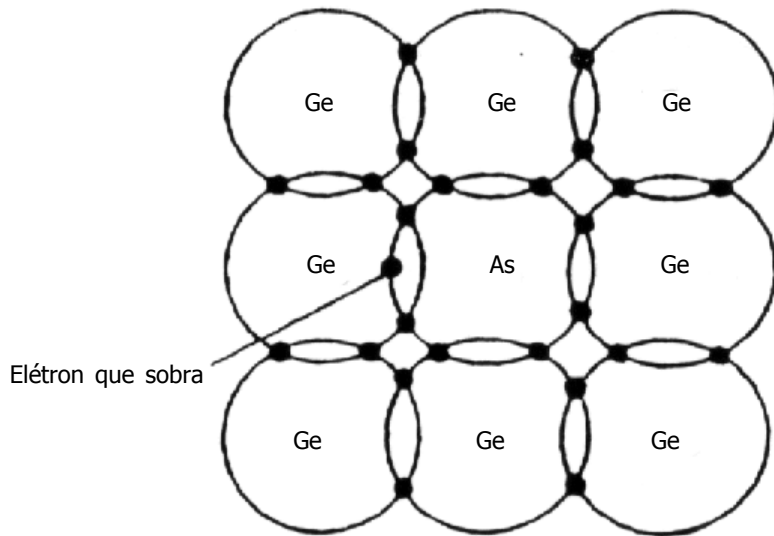


Fig. 1

Se adicionarmos pequenas quantidades de índio (In) ao silício (Si) no local onde os átomos de índio se fixam, ficará faltando um elétron, para neutralizar a carga naquele lugar. Essa falta de um elétron é chamada lacuna e corresponde, na prática, a uma carga positiva. Em tal caso, como o transporte de cargas é feito por lacunas, o semicondutor é do tipo P (P de positivo).

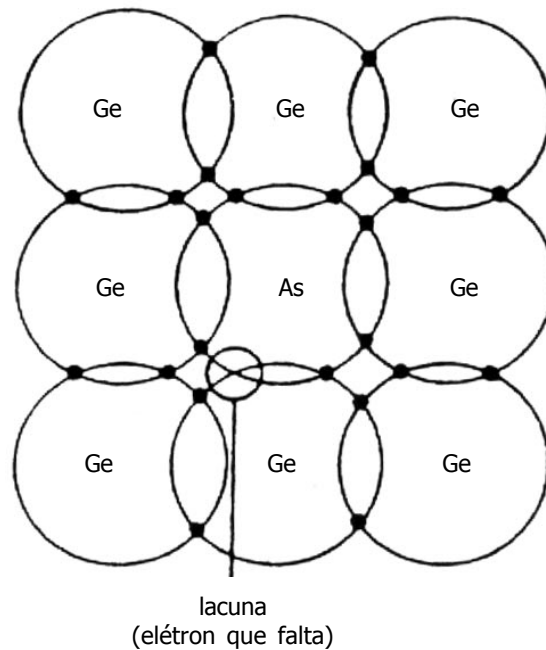


Fig. 2



Materiais semicondutores do tipo P e N podem ser fabricados a partir do silício, germânio, selênio, gálio e outros elementos químicos.

## Junções

Um dispositivo eletrônico muito importante é obtido, quando juntamos dois materiais semicondutores, um tipo P e um tipo N. Esse dispositivo é conhecido como junção semicondutora. Diversos componentes eletrônicos são fabricados de junções semicondutoras, como, por exemplo, os diodos e os transistores.

Quando uma junção tipo PN é produzida, um fenômeno importante ocorre na própria junção entre os materiais. No local onde o semicondutor tipo P faz contato com o semicondutor tipo N, alguns elétrons do material N passam para o material P, neutralizando as lacunas ali existentes. Dessa forma, a região da junção torna-se neutra.

A região neutra cria uma barreira à passagem de cargas elétricas, sendo necessário aplicar uma tensão elétrica, para vencê-la e fazer circular corrente elétrica através da junção. O valor da tensão elétrica necessária para vencer a barreira do potencial de uma junção semicondutora depende somente do material utilizado na fabricação do semicondutor.

O semicondutor de germânio tem barreira de potencial de 0,6 volt, e o de silício, barreira de 0,2 volt.

## Diodos semicondutores

Uma junção tipo PN é utilizada para produzir um componente eletrônico conhecido como diodo semicondutor. O lado da junção onde está o material tipo P torna-se o pólo positivo do diodo, também chamado anodo. Já o lado onde se encontra o material tipo N torna-se o pólo negativo, também chamado catodo.



Fig. 1

Quando ligamos um diodo a uma bateria com a polarização direta (isto é, o pólo positivo do diodo no pólo positivo da bateria; o pólo negativo do diodo no pólo negativo da bateria), o diodo permite a passagem de corrente elétrica. Mas, se a ligação for invertida, não haverá passagem de corrente elétrica.

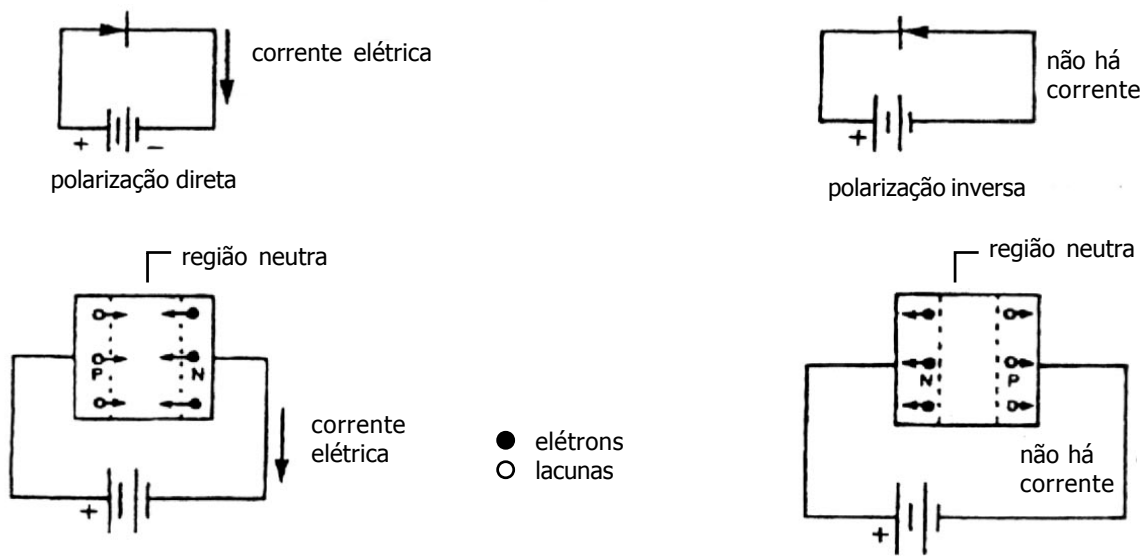


Fig. 4

Devido a essa propriedade de somente permitir a passagem de corrente elétrica em um sentido determinado, os diodos são comparados a válvulas hidráulicas de retenção, as quais só permitem a passagem de água em um sentido, impedindo a passagem em sentido contrário.

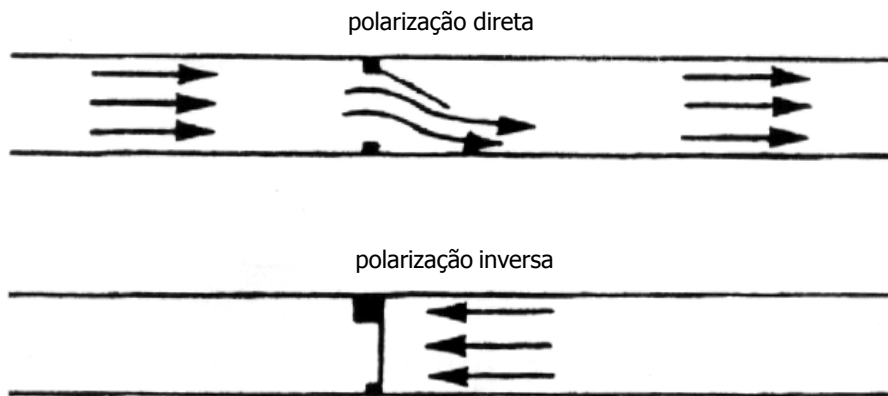


Fig. 5

A principal aplicação dos diodos é a retificação de correntes elétricas, transformando uma corrente alternada em corrente que flui num único sentido.

Podemos testar um diodo utilizando um ohmímetro. Quando os diodos estão em condições normais, a resistência elétrica do componente é elevada em um sentido e baixa no outro. Se o diodo estiver danificado, sua resistência elétrica será alta nos dois sentidos (diodo com circuito aberto) ou baixa nos dois sentidos (diodo em curto). Esse teste deve ser feito com o circuito desligado.



## O diodo Zener

Quando um diodo comum está ligado com a polarização inversa, ele não permite a passagem de corrente elétrica. Porém, se aumentarmos em demasia a tensão inversa aplicada no diodo, uma corrente poderá fluir pelo componente, rompendo a junção e danificando-o.

Mas existem diodos fabricados para operar também com a tensão inversa máxima, os diodos Zener.

A principal propriedade de um diodo Zener é que a tensão máxima, uma vez atingida, não se torna maior com o aumento da corrente elétrica que o atravessa. Dessa forma, os diodos Zener podem ser utilizados como reguladores de tensão.

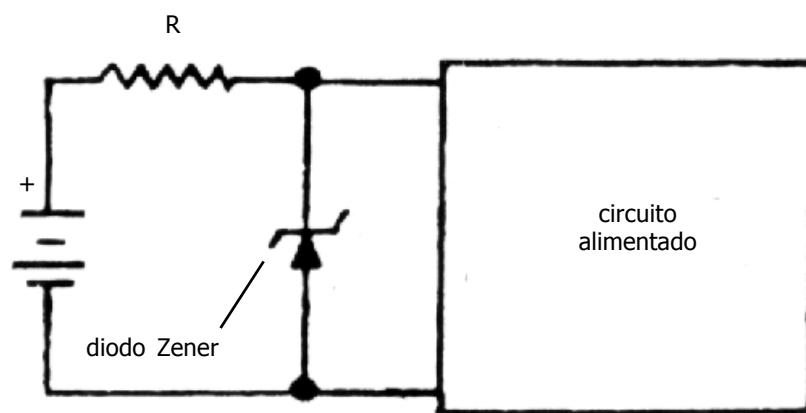


Fig. 6

## Fotodiodos

Quando um diodo está ligado com polarização em sentido inverso, não há corrente elétrica atravessando-o. Existem, porém, diodos em que, mesmo ligados com polarização inversa, quando incide luz sobre eles, aparece uma corrente elétrica (que depende da intensidade da luz que está iluminando o diodo). A corrente elétrica surge devido a alguns portadores de carga da junção liberados pela incidência da luz. Por isso, tais componentes são chamados fotodiodos.

Os fotodiodos são utilizados como sensores, podendo indicar queda ou aumento na iluminação de um lugar, ou, ainda, permitir a leitura de códigos de barras e cartões perfurados.

## Diodos emissores de luz (leds)

Alguns diodos são feitos com materiais que emitem luz, quando há passagem de corrente elétrica por eles. Essa luz é produzida na junção. Alguns leds emitem luz laranja; outros, vermelha ou amarela. A cor de luz é uma característica do led e depende do material de que o diodo é feito.



Num led vermelho, por exemplo, a barreira de potencial é de 1,8 volt, o que significa que a tensão deve ser, no mínimo, essa, para que o led acenda. No entanto, a tensão máxima que um diodo de tal tipo suporta é de 5 volts. Por isso, não devemos sujeitar um led a uma tensão superior a essa, pois ele se danificará. Por exemplo: nunca devemos ligar um led diretamente nos bornes de uma bateria, uma vez que isso o danifica.

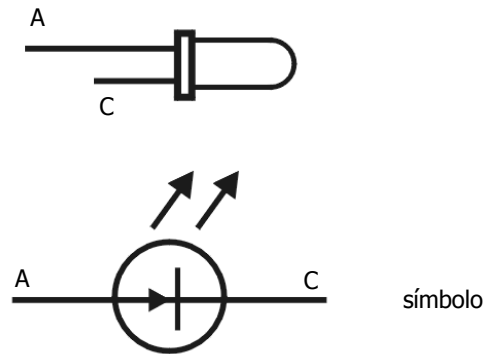


Fig. 6





# Praticando

Antes de prosseguir, pegue uma folha de papel e responda às questões do teste. A seguir, releia o texto, certificando-se de que suas respostas estão corretas. Caso não esteja seguro das respostas, volte ao texto, até eliminar todas as dúvidas. Somente então passe ao item seguinte.

## Teste II

1. Transistores e circuitos integrados são exemplos de componentes \_\_\_\_\_ de um circuito eletrônico.
2. Os elementos químicos que formam os materiais semicondutores mais utilizados são o \_\_\_\_\_ e o \_\_\_\_\_.
3. Acrescentando arsênio ao germânio, este último passa a ter \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_, que podem conduzir energia elétrica. Neste caso, temos um semicondutor do tipo \_\_\_\_\_.
4. Quando dois materiais semicondutores de tipos diferentes, um N e um P, são associados, forma-se uma \_\_\_\_\_.
5. O pólo positivo de um diodo é também chamado \_\_\_\_\_, e o pólo negativo chama-se \_\_\_\_\_.
6. Os diodos feitos com materiais que emitem luz denominam-se \_\_\_\_\_.
7. Um led vermelho apresenta barreira de potencial de \_\_\_\_\_ volt e suporta uma tensão máxima de \_\_\_\_\_ volts.



# Transistores

## Nesta Seção...

- Transistores PNP e NPN ◀
- Transistores como chave ◀
- Transistores amplificadores (circuitos analógicos) ◀
- Retificador controlado de silício (RCS) ◀





# Transistores

Os diodos são os componentes semicondutores mais simples que existem, pois neles há só uma junção. Com duas junções semicondutoras, pode-se produzir um transistor. Os transistores são componentes ativos dos circuitos eletrônicos que têm diversas aplicações na produção e amplificação de sinais, bem como no controle de diversos dispositivos, através de chaves eletrônicas.

## Transistores PNP e NPN

Para obter um transistor, devemos unir três regiões semicondutoras, formando, assim, duas junções. Quando o transistor é feito com duas regiões de material semicondutor tipo P e uma região com material semicondutor tipo N, temos um transistor tipo PNP. Sendo o transistor feito de duas regiões tipo N e uma tipo P, ele é tipo NPN.

Cada uma das regiões semicondutoras que formam o transistor, assim como seus três terminais, recebe as denominações de emissor (E), base (B) e coletor (C).

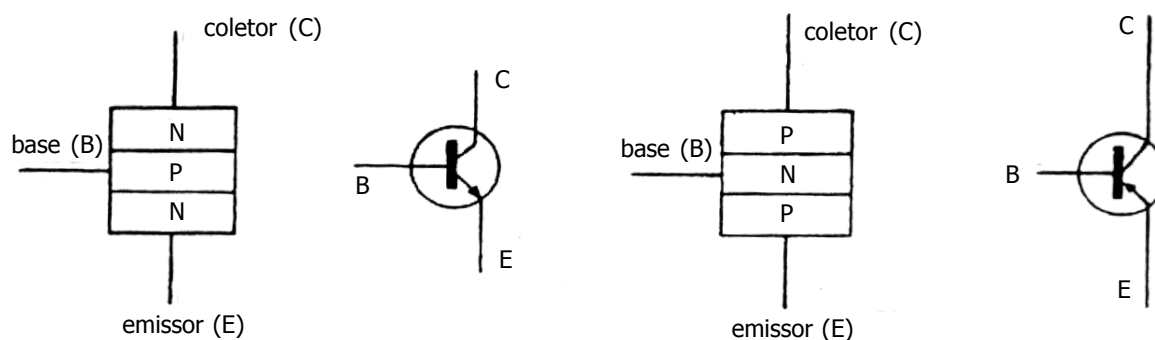


Fig. 1



Uma das principais aplicações dos transistores é a multiplicação de sinais. Um exemplo dessa aplicação encontra-se no módulo de ignição eletrônica dos automóveis. A corrente elétrica, vinda do distribuidor, aciona um circuito com transistores. Esse circuito, além de amplificar o sinal vindo do distribuidor, controla o contato para a produção da centelha na câmara de explosão (ângulo de permanência).

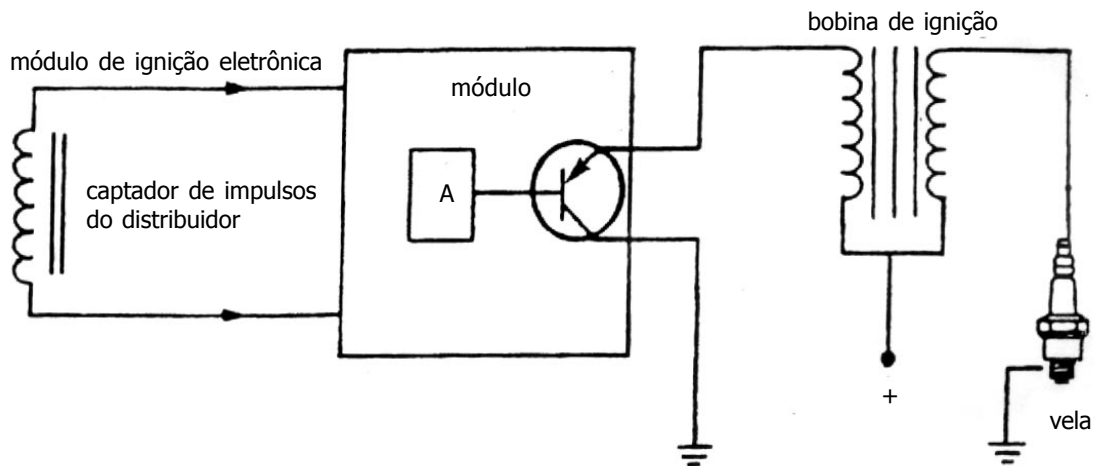


Fig. 2

## Transistores como chave (circuitos digitais)

O controle do contato, ou a utilização do transistor como uma chave que abre e fecha um circuito, é outra aplicação dos transistores. Neste caso, o transistor opera apenas em duas condições: a condição de corte, em que o circuito permanece aberto; a condição de saturação (ou contato), em que o circuito permanece fechado. O controle de corte e contato é feito por uma tensão aplicada na base, muito menor que a tensão produzida pelo transistor entre o coletor e o emissor. Essa é a vantagem do uso de um transistor como chave: com ele, podemos utilizar pequena tensão, para abrir e fechar um circuito no qual a tensão é muito alta, como é o caso do módulo de ignição eletrônica. Outros dispositivos que podem ser controlados dessa forma são os motores, lâmpadas, relés, etc.

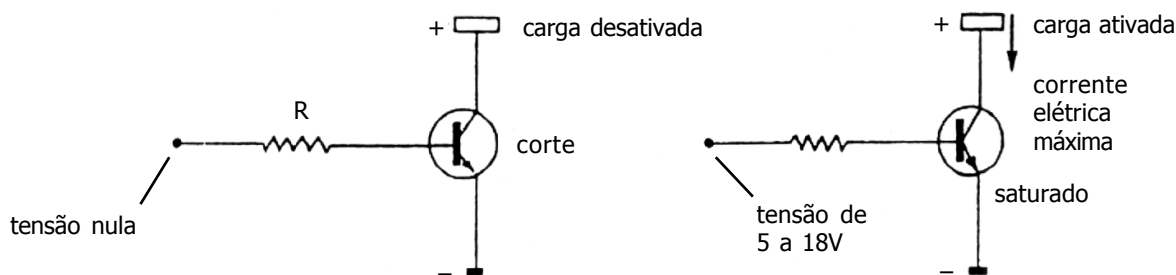


Fig. 3

Quando um transistor é utilizado como chave, o circuito em que ele se encontra só pode ser encontrado em duas situações: aberto ou fechado. Neste caso, dizemos que o transistor está sendo utilizado num circuito digital, pois o referido circuito só possui duas posições possíveis.

Note que esse tipo de circuito funciona como um relé, já que tal dispositivo também é usado para abrir e fechar circuitos, como, por exemplo, no caso do pisca-alerta.

Quando um circuito digital é utilizado em microprocessadores, a posição “fechado” corresponde ao número zero e a posição “aberto”, ao número um.

## Transistores amplificadores (circuitos analógicos)

Os amplificadores utilizados em rádios e toca-discos também funcionam com base nas propriedades amplificadoras dos transistores que, neste caso, são chamados transistores amplificadores ou transistores de potência.

Quando um transistor é utilizado como amplificador, temos um circuito analógico, pois agora o transistor opera em uma faixa de tensões e correntes, e não somente em duas condições distintas. Neste caso, quanto maior for a corrente de base, maior será a corrente entre emissor e coletor. A corrente entre emissor e coletor é proporcionalmente maior que a corrente de base. A proporção de amplificação é uma característica do transistor de potência. Se, por exemplo, essa proporção for 100, para uma corrente de base de 0,1mA, teremos uma corrente do coletor de 10mA (100 vezes maior que a corrente de base).

O controle das luzes do painel de um automóvel pode ser feito através de um transistor amplificador. Aplicando uma pequena tensão na base do transistor, o emissor aplica uma tensão amplificada que acende as luzes. Quanto maior for a tensão na base, maior será a tensão no coletor e maior a iluminação do painel.

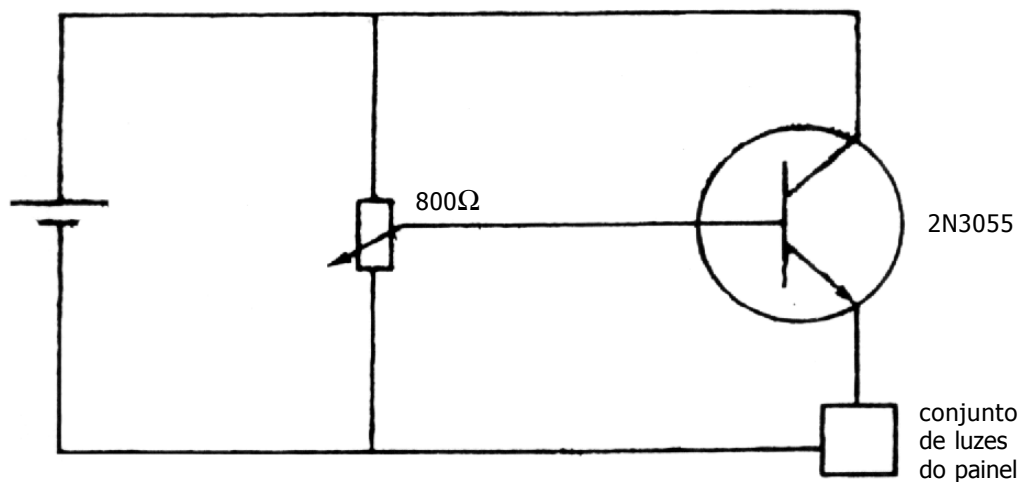


Fig. 4

Com esse circuito, controlamos a iluminação total do painel, que requer corrente alta, manipulando corrente muito menor através de potenciômetro de baixa potência. Se as lâmpadas fossem controladas diretamente pelo potenciômetro, a corrente total que acende as lâmpadas teria de atravessar o potenciômetro, o que, além de menor segurança, provocaria muitas perdas de energia por dissipação (produção de calor no potenciômetro).

## Retificador controlado de silício (RCS)

Os dispositivos chamados RCS são os retificadores controlados de silício, isto é, são retificadores de corrente (como os diodos) que também controlam a passagem de corrente elétrica. Além do anodo e do catodo, presentes no diodo, o RCS tem um terceiro terminal, chamado *gate* (lê-se “gueite”) ou porta. Esse terminal é o controle que abre o circuito, bastando, para tanto, estabelecer o contato do *gate* com o anodo. Para abrir o circuito, podemos colocar o anodo em contato com o catodo ou cortar a corrente da bateria.

Um RCS é montado a partir de dois transistores, formando-se, assim, três junções. O anodo é ligado ao material tipo P, o catodo ao material tipo N e o *gate* ligado como base num material tipo P, conforme mostra a figura a seguir.



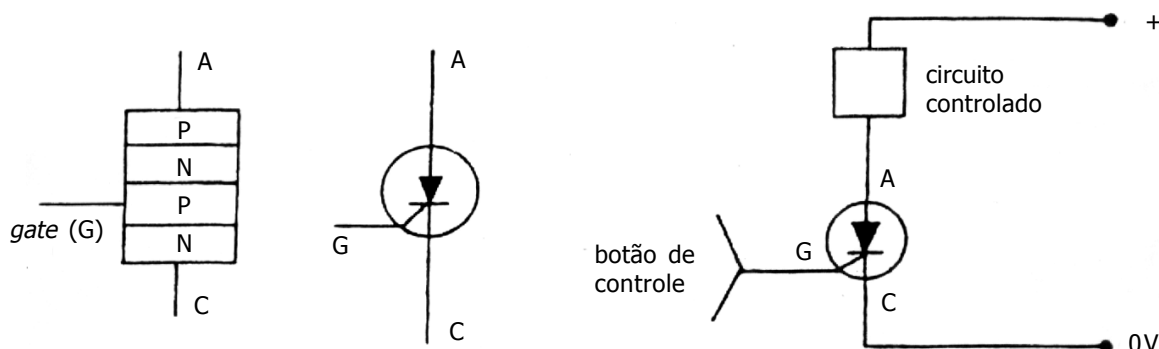


Fig. 5

## Triac

Os triacs são outro componente da família dos trístores, à qual pertencem, também, os RCS. A diferença entre um triac e um RCS é que este retifica a corrente, não sendo útil em circuitos de corrente alternada. Os triacs têm, portanto, a função de abrir e fechar os circuitos de corrente alternada, realizando retificações de corrente.

Um triac é formado pela combinação de dois RCS, ligados em oposição e tendo um *gate* comum. Os terminais do triac não têm polaridade, já que operam com corrente alternada, sendo identificados como T1 e T2.

O funcionamento dos triacs é igual ao dos RCS, nos quais pequena corrente aplicada ao *gate* pode provocar o contato, abrindo um circuito onde a corrente é muito mais intensa.

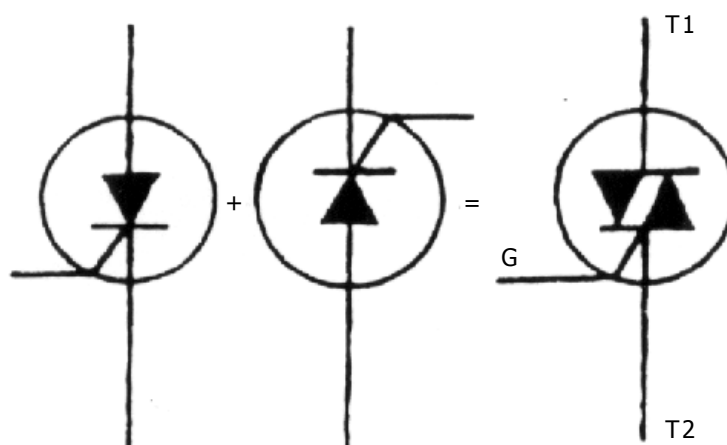


Fig. 6



# Circuitos integrados

## Nesta Seção...

Conceito ◀

Microprocessador e memórias ◀





## Conceito

Vimos, até agora, uma série de componentes eletrônicos (como os resistores, capacitores, diodos e transistores) utilizados, de forma individual, nos circuitos dos quais fazem parte. Com a grande miniaturização dos componentes eletrônicos, foi possível construir circuitos nos quais cada componente não é usado com sua cápsula individual, mas sem tal cápsula. Dessa forma, as ligações entre componentes podem ocupar menor espaço, permitindo o uso de centenas e até milhares de componentes em pequena pastilha. Os circuitos assim fabricados, nos quais a cápsula é única para todos os componentes interligados, são chamados circuitos integrados (CI).

Desse modo, os circuitos mais utilizados (como os amplificadores, controladores de voltagem e outros) são montados em um único chassi, no qual são feitas as ligações entre os componentes e, depois, todo o circuito é coberto com resina plástica. Conforme a função à qual se destina, o CI pode ter três ou mais terminais, podendo possuir até dezenas de terminais.

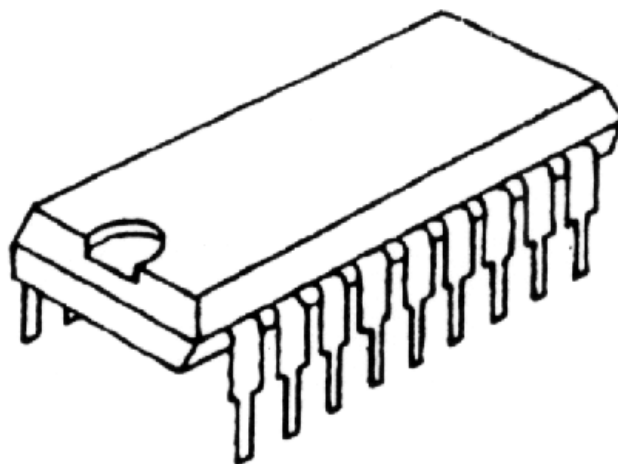


Fig. 1 – Circuito integrado ampliado



Para se ter uma idéia do avanço tecnológico que a miniaturização dos CI possibilitou, o primeiro computador fabricado nos Estados Unidos, no início dos anos 50 do século XX, ocupava dois andares inteiros de um edifício e possuía uma velocidade de cálculo centena de vezes menor que a dos microcomputadores atuais, que podem ser do tamanho de um livro.

Os testes de CI dependem da função para a qual são fabricados. Um circuito integrado simples é o utilizado como controlador de voltagem em automóveis. Tal CI possui apenas três terminais. Pode-se verificar o bom funcionamento desse tipo de CI conhecendo a tensão de saída, que deve ser constante, já que ele é um regulador de voltagem.

Com um voltímetro, podemos medir a tensão de saída, verificando se ela se encontra dentro das especificações do componente. Caso isso não ocorra, o CI estará, provavelmente, danificado.

## Microprocessador e memórias

Os CI têm grande aplicação como componentes de microprocessadores e de computadores, que podem captar e analisar sinais, providenciando operações necessárias ao controle de alguma função. Por exemplo: no caso da injeção eletrônica de combustível, os microprocessadores são utilizados para controlar a mistura ideal de ar e combustível, a fim de que o motor funcione com a maior eficiência possível em quaisquer condições.

No caso do controlador de partida a frio, o microprocessador deve analisar, entre outros fatores, a temperatura do motor e, em função dessa temperatura, controlar a melhor mistura ar/combustível.

Os CI são particularmente utilizados para construir as memórias dos microprocessadores. As memórias são dispositivos que armazenam informações necessárias ao desempenho das funções do microprocessador. Existem três tipos de memória utilizados em microprocessadores e computadores: memória ROM, memória RAM e memória EPROM.

A memória ROM, não acessível ao usuário, é aquela onde ficam armazenadas as informações necessárias aos cálculos, à linguagem e aos controles que o microprocessador deve realizar. Essa memória permanece intacta mesmo quando o computador é desligado.

A memória RAM armazena os dados com os quais o usuário trabalha num dado momento. É uma memória que pode ser acessada a qualquer momento, não sendo permanente. Quando o computador é desligado, seu conteúdo se apaga.

A memória EPROM consiste num tipo de memória ROM que pode ser modificada por meio de processos especiais que permitem alterar o conteúdo das informações nela armazenadas. Se permanecer intocada, a memória EPROM comportar-se-á como a memória ROM; mas pode ser apagada, por exemplo, com o uso de luz ultravioleta, podendo ser reprogramada para outros usos.

# **Unidade IV**

## **Conceitos básicos de eletrônica analógica**





# Semicondutores

## Nesta Seção...

Características ◀

Classificação ◀

Dopagem de material semicondutor ◀





## Características

A matéria, segundo o modelo de Rutherford-Bohr, é constituída por átomos, que, por sua vez, são formados por um núcleo (prótons e nêutrons) e uma eletrosfera (elétrons).

Os vários elementos conhecidos na natureza possuem características próprias quanto à formação da eletrosfera.

A última camada da eletrosfera, chamada de valência, define grande parte das características do elemento, determinando, inclusive, sua condição de isolante condutor ou semicondutor.

Os semicondutores são materiais caracterizados basicamente por apresentar propriedades elétricas situadas entre os materiais condutores e os materiais isolantes. A resistividade característica situa-se entre 10 e 1 ohms/cm.

## Classificação

Os materiais semicondutores classificam-se, quanto ao tipo de cristal, em:

- germânio (Ge);
- silício (Si).

Os materiais semicondutores utilizados na fabricação de componentes (Ge e Si) possuem quatro elétrons na camada de valência. Para que a estabilidade seja alcançada (oito elétrons na última camada), há necessidade de formação da estrutura cristalina.

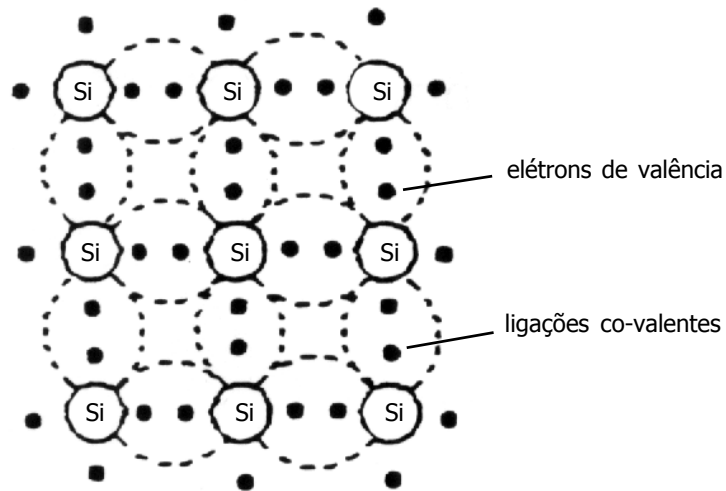


Fig. 1

A estrutura cristalina só é absolutamente estável na temperatura de zero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), em que não existe o fenômeno da agitação térmica.

Na temperatura ambiente, devido à ocorrência do fenômeno da agitação térmica, ocorre a libertação de elétrons de algumas ligações co-valentes. Esses elétrons livres circulam de forma desordenada, na estrutura cristalina. A falha na ligação co-valente, provocada pelo escape do elétron, comporta-se de forma semelhante ao elétron livre, porém com carga elétrica contrária.

Essa pseudopartícula é chamada de lacuna ou buraco. Frequentemente, no interior da estrutura cristalina um elétron livre ocupa uma lacuna, reconstituindo a ligação co-valente. A este fato, dá-se o nome de recombinação.

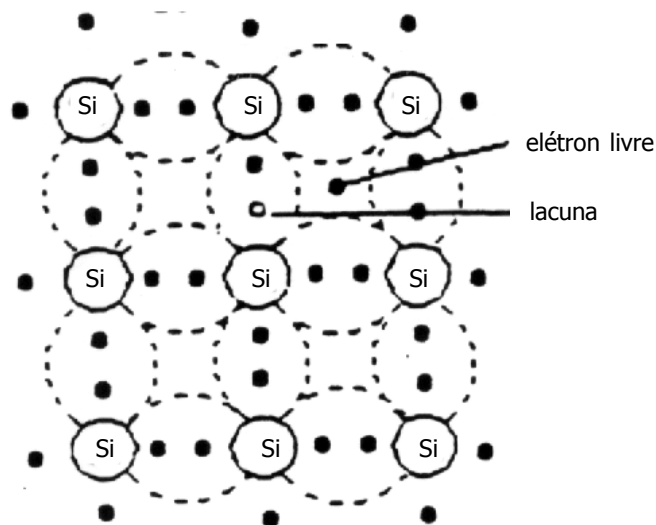


Fig. 2



O material semicondutor, mesmo com elétrons livres e lacunas, é eletricamente neutro (cargas positivas = cargas negativas), o que ocorre porque, para cada ligação co-valente quebrada, surgem um elétron livre e uma lacuna, mantendo-se, assim, o equilíbrio.

## Dopagem de material semicondutor

O material semicondutor, na sua forma intrínseca, não possui materiais estranhos que façam parte da sua estrutura cristalina. As propriedades físicas do material semicondutor puro não atendem às necessidades de fabricação da grande maioria dos componentes eletrônicos. Dessa forma, conforme a necessidade tecnológica, são introduzidas alterações na estrutura cristalina do semicondutor.

A dopagem de material semicondutor é a inserção de elementos estranhos, chamados de impurezas, no interior da estrutura cristalina, de forma a provocar alterações nas suas características físicas. A dopagem pode ser classificada segundo o tipo de impureza.

Tipo	Descrição	Exemplo
N	Caracteriza-se por elementos que possuem cinco elétrons na sua camada de valência	Fósforo (P) Antimônio (Sb) Arsênio (As)
P	Caracterizada por elementos que possuem três elétrons na sua camada de valência	Alumínio Índio Gálio Boro

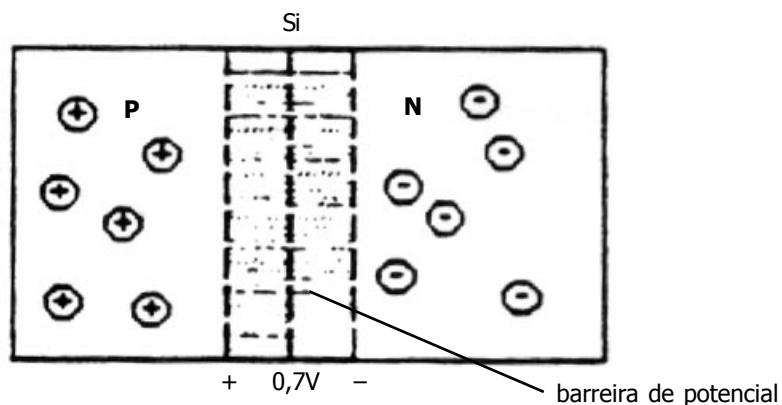


Fig. 3



# Diodos

## Nesta Seção...

Diodo semicondutor ◀

Diodo retificador ◀

Diodo emissor de luz (LED – *light emitting diode*) ◀







# Diodo semicondutor

O diodo semicondutor é um componente eletrônico que possui a característica de conduzir corrente elétrica somente em um sentido.

## Simbologia

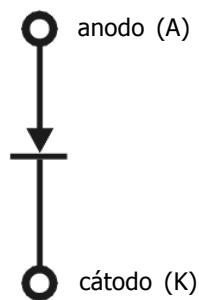


Fig. 1

O diodo semicondutor é formado por uma junção PN, onde foram conectados dois terminais de acesso.



Fig. 2



## Processo de funcionamento de um diodo semicondutor

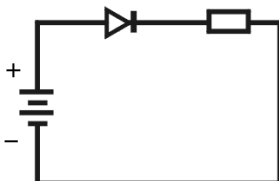
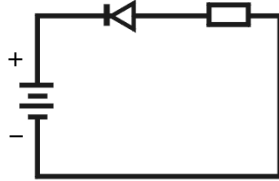
Polarização	Corrente elétrica
Direta 	Conduz
Reversa 	Não conduz

Fig. 3

## Principais características do diodo semicondutor

- Corrente direta máxima ( $I_{max}$ )

É a corrente que o diodo pode suportar na condução direta, sem danificar-se e sem reduzir apreciavelmente sua vida útil.

- Tensão de pico inversa ( $V_{pi}$ )







É a máxima tensão inversa que o diodo pode suportar sem danos ou redução de sua vida útil. É sempre menor que a tensão Zener.

- Tensão Zener ( $V_z$ )

É a tensão inversa a partir da qual a corrente inversa cresce rapidamente (efeito Zener ou avalanche).



O diodo semicondutor normal não deve ser utilizado na região da tensão Zener porque ocorrerá a sua danificação. A tensão Zener nos diodos semicondutores é conhecida como tensão de ruptura (*break down*). Os diodos semicondutores podem utilizar cristal de silício ou de germânio, sendo classificados quanto às características especiais.

Tipo	Simbologia	Aplicação
Retificador		Fontes de alimentação
Zener		Regulador de tensão
Led		Sinalização
Vericap		Sistemas de comunicação
Fotodiodo		Detector de luminosidade
Túnel		Microondas

## Diodo retificador

O retificador é o componente eletrônico que conduz corrente elétrica, quando polarizado diretamente, e não conduz, quando polarizado reversamente, sendo construído para o aproveitamento da característica de retificação da junção PN.



Fig. 1

Um diodo retificador é constituído basicamente de:

- junção PN;
- invólucro de proteção e dissipação de calor;
- dois terminais de ligação (anodo e cátodo).



Os diodos retificadores podem ser danificados durante a operação pela destruição do material semicondutor. As principais causas de danos são:

- ultrapassagem da corrente direta máxima;
- ultrapassagem da tensão de pico inversa máxima.

Verifica-se o estado de um diodo utilizando dois processos: o diodo pode ficar fora ou inserido no circuito.

## Diodo fora do circuito

Utilizando um multímetro na escala de medição de resistências ( $R \times 1$ ), verificam-se as resistências: se estiver com polarização direta, o valor encontrado deverá ser da ordem de alguns ohms; com polarização reversa, o valor deve ser superior a 100 kohms.

Com o uso de simuladores especiais, levantam-se as principais características do diodo.

## Diodo inserido no circuito

Mediante um voltímetro, compara-se a tensão entre o anodo e o cátodo com a tensão esperada teoricamente, e mede-se a queda de tensão sobre o diodo, verificando se a leitura mínima aceitável é para diodos de silício de 0,6 volt; para de germânio de 0,2 volt.

Por meio do osciloscópio, verificam-se as formas de onda no anodo e cátodo, comparando com as esperadas teoricamente.

## Retificação de onda completa em ponte

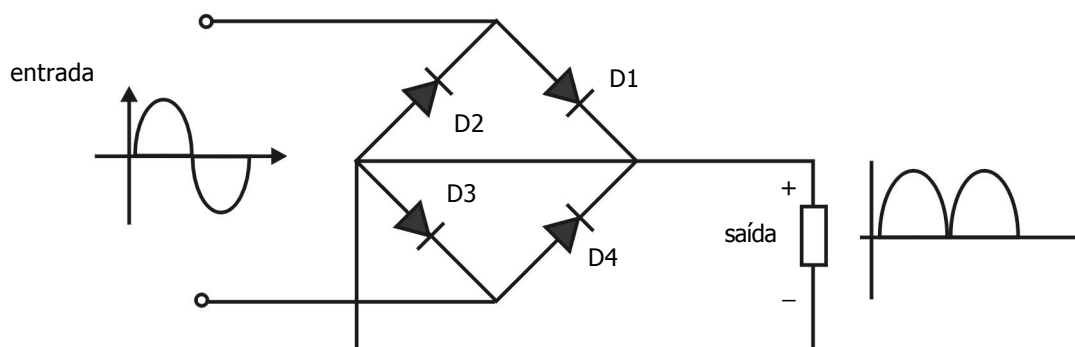


Fig. 2



## Diodo emissor de luz (LED – *light emitting diode*)

Os diodos emissores de luz, led, têm seu funcionamento baseado na luminescência, ou seja, irradiação da luz devido à execução dos átomos por uma fonte externa de energia.

O led é uma junção PN especialmente dopada e alojada em uma lente que, quando submetida a uma ddp na polarização direta, emite luz. As características de um diodo emissor de luz são semelhantes às de um diodo retificador comum, que obedece às mesmas regras de polarização.

### Simbologia



Fig. 3

O diodo emissor possui uma junção PN, que, polarizada diretamente, dá origem à irradiação de energia devido à recombinação de elétrons-lacunas. As características de dopagem do material determinam o comprimento da onda de irradiação, podendo aparecer sob a forma de luz ultravioleta, luz infravermelha ou luz visível, que pode ser vermelha, amarela, verde e bicolor (vermelha e verde). Seu invólucro pode ser colorido ou cristalino incolor.



# **Transistores**

**3**







## Origem

O transistor foi desenvolvido nos laboratórios da Bell Telephone pelos cientistas John Bardeen, William Shockley e W. H. Brattain por volta de 1948, modificando a sociedade moderna, pois as características de amplificação da corrente elétrica do transistor, aliadas ao pequeno tamanho, alto rendimento e confiabilidade, revolucionaram a eletrônica. Muitas aplicações impossíveis de serem implementadas com as válvulas eletrônicas, tornaram-se viáveis técnica e economicamente.

O nome transistor vem da capacidade que ele tem de transferir corrente de uma região de baixa resistência para uma de alta resistência. O transistor pode ser definido como um componente semiconductor que promove a amplificação de sinais.

Os transistores bipolares podem ser classificados segundo:

- a estrutura PNP e NPN;
- a técnica de fabricação – crescimento, liga difusão e epitaxial.

## Simbologia

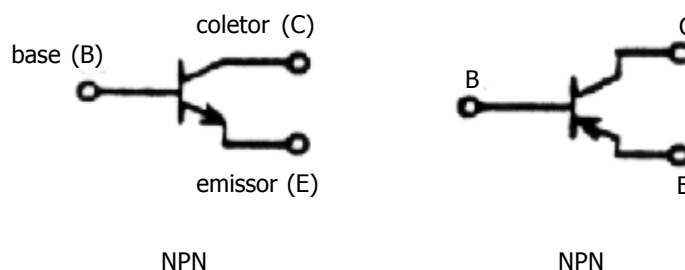


Fig. 1



O transistor é constituído de pastilha monocristalina de material semiconductor (germânio ou silício) que tem regiões dopadas com impurezas tipos N e P.

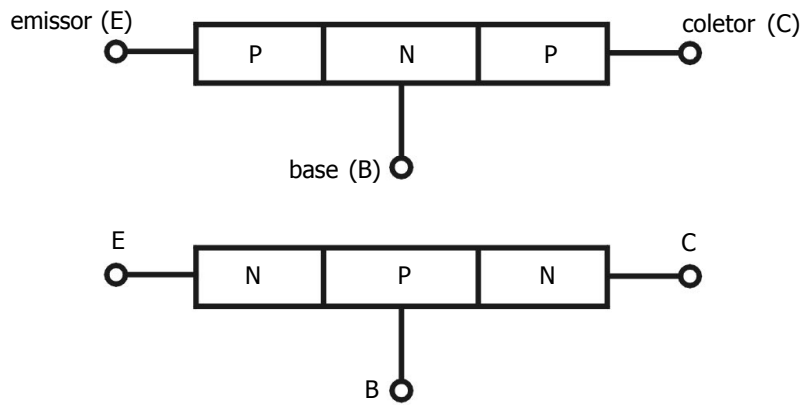


Fig. 2

Existem duas junções polarizadas conforme a fig. 3.

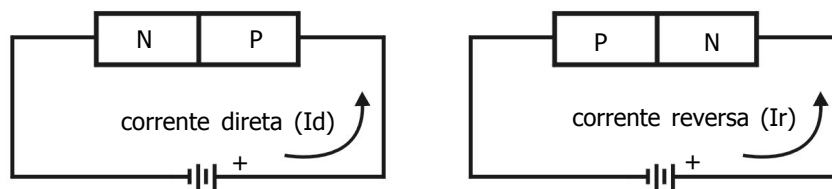


Fig. 3

A junção da esquerda é polarizada diretamente e a da direita reversamente. Unindo as suas junções, obtêm-se o transistor NPN e o transistor PNP.

Para que as características próprias do transistor possam ser obtidas, a região intermediária deve ser a mais estreita possível.

Polarizando o transistor NPN, tem-se:

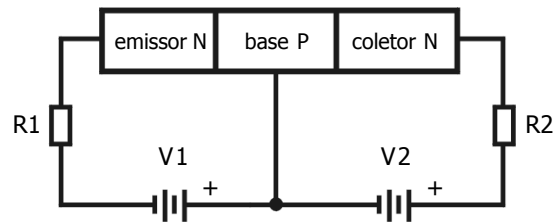


Fig. 4

Se...

...Então...

...a junção emissor-base é polarizada diretamente...

...circula uma corrente  $I_d$ , limitada pela resistência  $R_1$ .

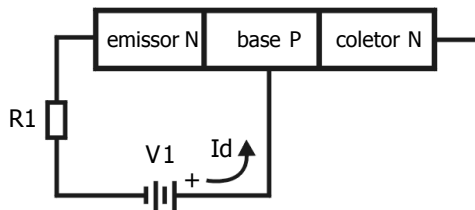


Fig. 5

...a junção coletor-base é polarizada reversamente...

...circula uma pequena corrente  $I_r$ .

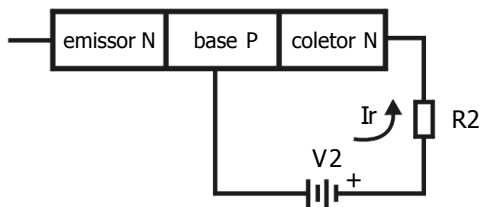


Fig. 6

...forem unidos os dois passos anteriores...

...ocorre o efeito transistor, circulando a corrente  $I_c$  (corrente reversa bastante aumentada). A corrente que circula pela junção coletor-base depende da intensidade da corrente  $I_b$ .

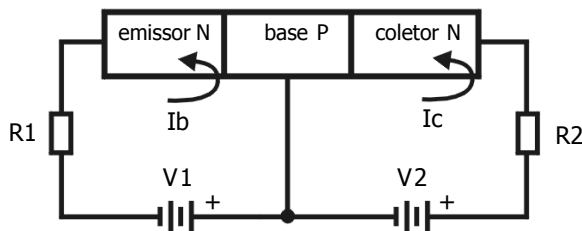


Fig. 7

A análise anterior, efetuada para o transistor NPN, é análoga para o transistor PNP com polarização adequada.



# Sensores

## Nesta Seção...

Características ◀

Exemplos de sensor ◀





## Características

A automatização (operação sem interferência humana) de equipamentos ou processos só foi atingida a partir do desenvolvimento de sensores, componentes que transformam as variações ou valores das grandezas elétricas em variações de grandezas elétricas, sendo responsáveis pela operação automática de equipamentos ou processos.

## Exemplos de sensor

São exemplos de sensor os que se seguem.

### **LDR (*light dependent resistor*)**

O LDR ou resistor dependente da luz é um componente à base de material semicondutor que se caracteriza por apresentar resistência inversamente proporcional ao aumento da luz incidente.

### **Símbolo**

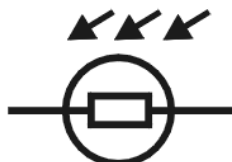


Fig. 1



## Fotodiodo

É um diodo fabricado com encapsulamento especial que permite a incidência de luz sobre a junção PN.

O fotodiodo é utilizado normalmente em polarização inversa, e a sua corrente é proporcional à intensidade luminosa incidente.

### Símbolo

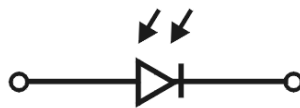


Fig. 2

## Termistores

São componentes cuja resistência elétrica varia de acordo com a temperatura. Os termistores podem ser do tipo PTC (*positive temperature coefficient*) e NTC (*negative temperature coefficient*). No PTC, a resistência torna-se maior com o aumento da temperatura; no NTC, diminui com o aumento da temperatura.

### Símbolo



Fig. 3

## Sensores indutivos

Alterando o material do circuito magnético de uma bobina, modificamos sua indutância. Existem circuitos osciladores que alteram a sua frequência de saída em função das variações do circuito magnético. Essas alterações de frequência podem mudar o estado de um relé.



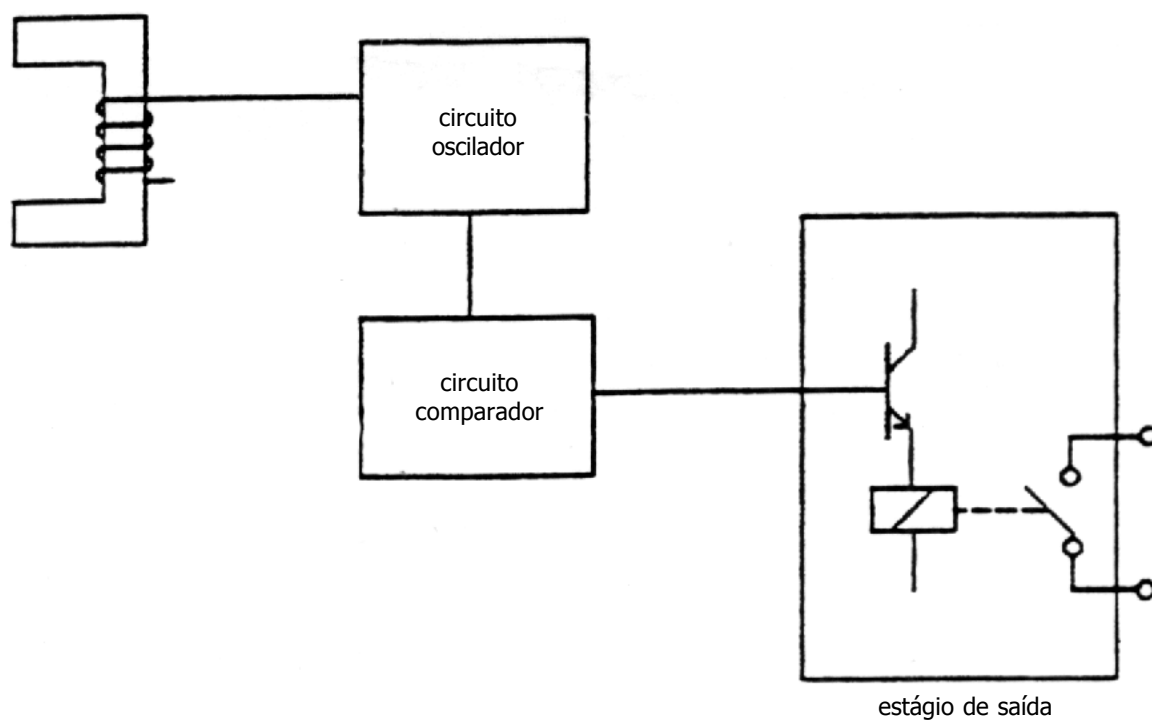


Fig. 4



# Fusíveis

## Nesta Seção...

Características ◀

Características elétricas dos fusíveis ◀

Noções básicas dos esquemas elétricos ◀

Praticando ◀





## Características

De saída, é importante observar que os fusíveis são elementos mais fracos (de seção reduzida) propositadamente intercalados no circuito, para interrompê-lo sob condições componentes, o que pode levá-los, inclusive, à queima, caso não haja um desligamento rápido e seguro. O fusível compõe-se de um corpo de material isolante, de suficiente resistência, dentro do qual encontramos o elemento de fusão (ou elo de fusão), que interrompe o circuito sob condições anormais.

Considerando que todo circuito elétrico, com sua fiação, elementos de proteção e de manobras, é dimensionado para determinada corrente nominal, dada pela carga que se pretende ligar, é imediata a conclusão de que os fusíveis dimensionados para o circuito jamais devem ser substituídos por outros de maior corrente nominal.

## Características elétricas dos fusíveis

### Corrente nominal

A corrente nominal é a corrente máxima que o fusível suporta continuamente, sem provocar a sua interrupção.

### Corrente de curto-circuito

A corrente de curto-circuito é a corrente máxima que pode circular no circuito e que deve ser interrompida instantaneamente.

### Substituição

Não é permitido o recondicionamento dos fusíveis em virtude de geralmente não haver substituição adequada do elo de fusão.



# Noções básicas dos esquemas elétricos

Os diagramas elétricos têm por finalidade representar claramente os circuitos elétricos sob vários aspectos, de acordo com os seguintes objetivos:

- 1) funcionamento seqüencial dos elementos, suas funções e as interligações conforme as normas estabelecidas;
- 2) representação dos elementos, suas funções e as interligações conforme as normas estabelecidas;
- 3) permitir uma visão analítica das partes ou do conjunto;
- 4) permitir a rápida localização física dos elementos.

Para a interpretação dos circuitos elétricos, três aspectos básicos são os mais importantes, quais sejam:

- a) os caminhos da corrente ou os circuitos que se estabelecem desde o início até o fim do processo de funcionamento;
- b) a função de cada elemento no conjunto, sua dependência e interdependência em relação a outro elemento;
- c) a localização física dos elementos.



# Praticando

1) Dados vários resistores, faça a correta leitura deles.

Recursos:

- resistores = 1k amperes – 2,2k amperes, 3,3k amperes, 4,7k amperes;
- multímetro digital e analógico.



*Verifique a escala correta do instrumento.*

2) Nos circuitos a seguir, determine os valores corretos da tensão em cada resistor e da corrente total.



*Antes de ligar a fonte, verifique as ligações.*

*Verifique a escala do multíteste.*

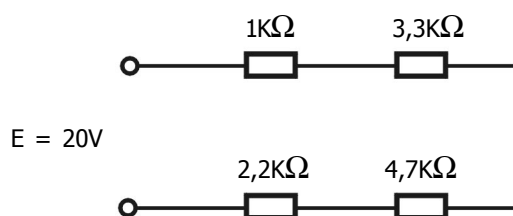


Fig. 1

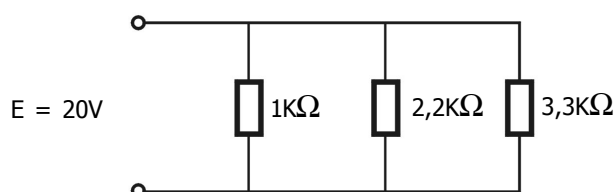


Fig. 2



Recursos:

- placas de contatos – 1;
- componentes – 1kW, 2,2kW, 3,3kW, 4,7kW;
- instrumentos – multímetro digital;
- fonte de alimentação – 0 a 30Vcc;
- cabos para ligação.

3) Dado um diodo semicondutor, identifique qual ponta é o anodo e qual o cátodo.

Recursos:

- diodo 1N4004;
- multímetro digital e analógico.

4) Monte o circuito a seguir e verifique a função do diodo retificador.

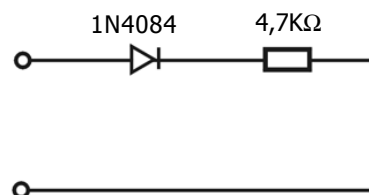


Fig. 3



- *Antes de ligar a fonte, verifique as ligações.*
- *Verifique a escala do multímetro.*

Recursos:

- diodo 1N4004;
- resistor 4k7W;
- multímetro digital;
- fonte de alimentação – rede de 110Vcc;
- placa de contatos (*proto-board*);
- cabos para ligação.





5)

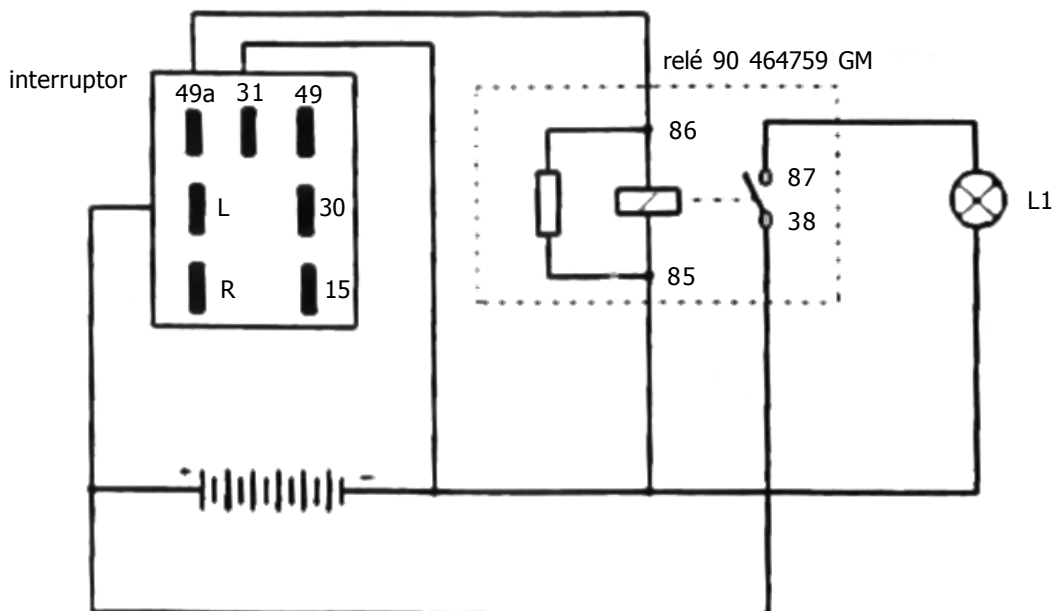


Fig. 4

6)

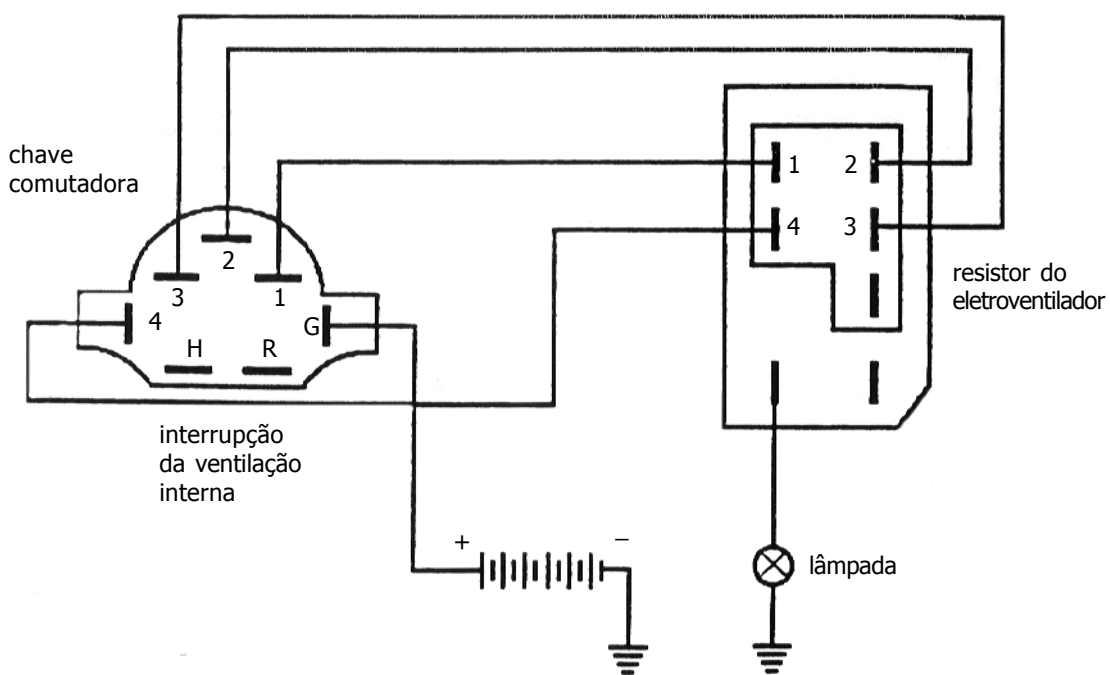


Fig. 5



7)

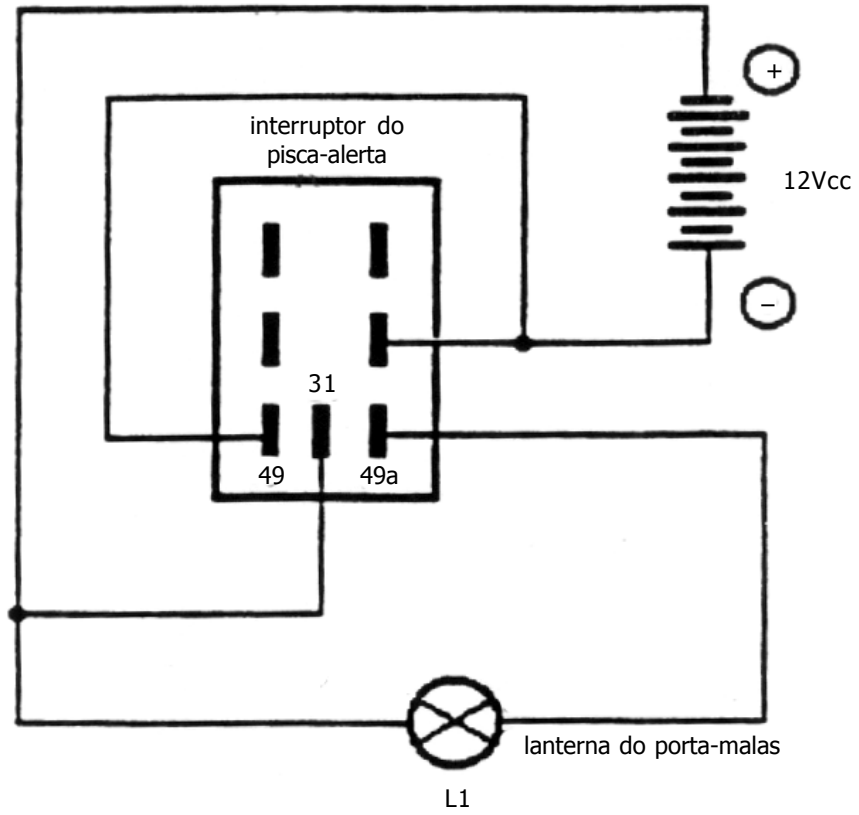


Fig. 6

# **Anexos**





## Amperímetro (A<sub>dc</sub>, dCA, Acc, cCA)

a) Instalação – O amperímetro deve ser instalado em série com o consumidor para o qual deseja-se conhecer a corrente (i).

b) Característica – O amperímetro deve possuir resistência interna desprezível, para que não modifique o valor da corrente presente antes da sua introdução no circuito.

c) Cuidado – O amperímetro jamais deve ser ligado em paralelo com o gerador (bateria) sob pena de danos ou perda do instrumento.

d) Polaridade – Nos instrumentos analógicos (com ponteiro), devemos atentar para a polaridade das ponteiros de prova durante a sua instalação no circuito.

Tal cuidado objetiva impedir que o ponteiro se desloque em sentido oposto ao fundo de escala, danificando-o.

Em instrumentos digitais, a inversão das ponteiros de prova no circuito é sinalizada com (–) negativo à frente do valor inscrito do *display*.

e) Seleção de escala – Nela, assume-se um compromisso entre a segurança do instrumento e a resolução na leitura.

Inicia-se pela seleção da escala mais alta, garantindo, assim, que na leitura o valor máximo da escala não seja alcançado (ou ultrapassado).

Progressivamente, reduz-se a escala (se necessário), para que seja obtida maior resolução de leitura.



### Observação

*Para efetuar mudança de escala, sempre devemos desconectar o instrumento do circuito.*

## Voltímetro (dcV, Vdc, Vcc, ccV)

a) Instalação – O voltímetro deve ser instalado em paralelo com o consumidor (ou gerador) para o qual se deseja conhecer o ddp (voltagem).

b) Característica – O voltímetro deve possuir resistência interna (impedância ou sensibilidade) extremamente elevada, para que não modifique o valor da tensão presente antes da sua introdução no circuito.

c) Polaridade e seleção de escala – São válidas as observações *d* e *e* do item precedente (polaridade e seleção de escala, respectivamente).

## Ohmímetro

a) Instalação – Para a realização da medida de resistência em um circuito, deve-se, primeiramente, assegurar-se de que nenhuma alimentação (voltagem) é fornecida a ele.

b) Característica – Na medida dos resistores, são desnecessárias observações quanto à polaridade das ponteiros.

c) Interpretação de leitura e ajuste – nos instrumentos analógicos, o valor deve ser multiplicado pelo fator de escala. É necessário, também, o ajuste de zero para cada escala selecionada. Nos instrumentos digitais, a leitura é direta e dispensa ajustes.

d) Cuidado – Durante o procedimento de medida, o contato simultâneo entre cada uma das mãos e os terminais das ponteiros deve ser evitado sob pena de introdução de erro na leitura.



## Escala de Continuidade

Quando selecionada, o instrumento passa a emitir um sinal sonoro, sempre que o valor da resistência elétrica – compreendido entre as fronteiras – for relativamente baixo (tipicamente inferior a 100 amperes).

Tal função isenta o operador da necessidade de visualizar o *display*, quando procedendo à identificação das extremidades de um mesmo condutor (fio).

## Check Diode (Teste de Diodos)

Quando polarizado diretamente, o diodo só começa a conduzir corrente, quando o potencial em seu anodo é superior ao seu cátodo em 0,7V (700mV) para o diodo de silício e 0,3V (300mV), se o diodo é de germânio.

Os instrumentos digitais que dispõem de tal recurso exibem em seu *display* o valor de tensão de ligamento (em mV) para o componente diretamente polarizado.

Nos instrumentos analógicos, o teste de diodos é realizado pela função do ohmímetro através da seleção da escala mais baixa ( $\times 1$ ): ora a leitura resulta em um baixo valor (polarização direta), ora tende ao infinito (polarização inversa).

Convém observar que nos analógicos, na seleção da função do ohmímetro, a ponteira vermelha corresponde ao terminal negativo, e a preta, ao positivo.

## Voltímetro (acV, Vac, Vca, caV)

Os comentários referentes ao voltímetro dc (ver item 2) são válidos para o ac à exceção de um: é desnecessária atenção quanto à polaridade das ponteiras.

## Amperímetros (acA, Aac, Aca, caA)

Os comentários referentes ao amperímetro dc (ver item 2) são válidos para o ac à exceção de um: é desnecessária atenção quanto à polaridade das ponteiras.

## Bar Graph (Barra Gráfica)

Os instrumentos digitais tradicionais atualizam a informação exibida no *display* (LCD) a uma taxa tipicamente da ordem de três vezes por segundo. Com isso, se a grandeza elétrica medida (voltagem,



corrente ou resistência) varia rapidamente de valor, os valores assumidos pela grandeza entre duas amostragens (exibições) sucessivas não são visualizados. Tal inconveniente foi contornado com a introdução da barra gráfica, que consiste em uma graduação digital na parte inferior do *display*. Os segmentos dessa graduação (ou escala) vão sendo acesos em proporção à variação da grandeza lida.

Nos instrumentos analógicos, o ponteiro deflete continuamente, assumindo os valores entre zero e o fundo de escala, expressando, assim, os valores instantâneos da grandeza medida.

## Potências de dez

<b>Múltiplos</b>	T	Tera-	$10^{12}$	$\times 1.000.000.000.000$
	G	Giga-	$10^9$	$\times 1.000.000.000$
	M	Mega-	$10^6$	$\times 1.000.000$
	K	Kilo-	$10^3$	$\times 1.000$
	h	Hecto-	$10^2$	$\times 100$
	da	Deca-	$10^1$	$\times 10$
<b>Unidade Fundamental</b>				
<b>Submúltiplos</b>	d	Deci-	$10^{-1}$	$\div 10$
	c	Centi-	$10^{-2}$	$\div 100$
	m	Mili-	$10^{-3}$	$\div 1.000$
	$\mu$	Micro-	$10^{-6}$	$\div 1.000.000$
	n	Nano-	$10^{-9}$	$\div 1.000.000.000$
	p	Pico-	$10^{-12}$	$\div 1.000.000.000.000$
	f	Femto-	$10^{-15}$	$\div 1.000.000.000.000.000$
	a	Atto-	$10^{-18}$	$\div 1.000.000.000.000.000.000$





# Impedância de entrada (sensibilidade) de um voltímetro

O voltímetro (DC ou AC), até então considerado, dispunha de impedância (resistência interna dos circuitos do instrumento) infinita. Contudo, esse modelo idealizado afasta-se da realidade, e se, na prática, impedância infinita é algo hipotético, podemos, então, desejar que esta tenha um valor tão elevado quanto possível.

O valor da *impedância de entrada* nos voltímetros analógicos é função da escala selecionada e tipicamente obedece a um dos seguintes padrões:

$$10\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$$

$$20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$$

$$50\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$$

$$100\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$$

Sob o propósito de dar interpretação ao significado destes padrões, são considerados os valores da impedância de entrada assumidos por um voltímetro com características de  $20\text{k}\Omega/\text{V}$  para os respectivos fundos de escala.

Fundo de escala ( $\text{V}_{\text{dc}}$ )	Padrão ( $20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$ )	Impedância de entrada
0,1V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$2\text{k}\Omega$
0,5V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$10\text{k}\Omega$
2,5V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$50\text{k}\Omega$
10V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$200\text{k}\Omega$
50V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$1\text{M}\Omega$
250V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$5\text{M}\Omega$
1.000V	$\times 20\text{k}\Omega/\text{V}_{\text{dc}}$	$20\text{M}\Omega$



As demonstrações que se seguem propõem-se a apresentar a influência exercida pelo parâmetro *impedância de entrada* sobre os resultados, quando procedendo com medidas com voltímetro.

Para o divisor de tensão, podemos determinar a voltagem entre o ponto A e o terra (GND) através da fórmula:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{cc}$$

Se atribuirmos valores do circuito, de forma tal que  $R_1 = R_2 = 390k$  e  $V_{cc} = 12V_{dc}$ , teremos que  $V_2 = 6V_{dc}$ , e este valor pode ser verificado com o auxílio de um voltímetro instalado em paralelo com  $R_2$ .

Admitindo o emprego do instrumento cuja descrição confere com os dados da tabela anterior, selecionamos a escala de  $10V_{dc}$ , pois, conforme os resultados matemáticos, a tensão elétrica no ponto A ( $6V_{dc}$ ) é inferior a esse fundo de escala.

Note que escala do voltímetro se comporta como um resistor com valor de  $200k$  em paralelo com  $R_2$ , alternando o valor original de resistência elétrica compreendido entre o ponto A e o terra (GND), modificando, assim, a voltagem (ddp) entre esses dois pontos.

A leitura (em volts) resultante de tal arranjo pode ser determinada pela fórmula:

$$V_2 = \frac{\frac{R_2 \times Z_{in}}{R_2 + Z_{in}} \times V_{cc}}{R_1 + \left( \frac{R_2 \times Z_{in}}{R_2 + Z_{in}} \right)}$$

Onde  $Z_{in}$  representa a impedância do instrumento em ohms.

Para o circuito anterior, temos:

$$V_2 = \frac{\frac{(390k\Omega \times 200k\Omega)}{390k\Omega + 200k\Omega} \times 12V}{390k\Omega + \frac{(390k\Omega \times 200k\Omega)}{390k\Omega + 200k\Omega}}$$

Então,  $V_2 = 3V_{dc}$ .



Tal leitura não reflete, obviamente, o valor real da voltagem existente no circuito, tendo sido, evidentemente, a situação precedente intencionalmente elaborada, de forma a proporcionar a introdução de um erro acentuado pelo instrumento.

A distorção dos resultados é mais ampla na condição em que a resistência do sensor é elevada, e o ddp entre seus terminais é pequeno (freqüentemente isso é verdadeiro).

Nos voltímetros digitais, a impedância de entrada possui valor fixo e independente do fundo de escala selecionado, sendo o padrão comercial mais difundido aquele com 10M para escalas DC e 4M para AC.

Escala DC

Fundo de escala	Impedância
1.000V <sub>dc</sub>	10MΩ
200V <sub>dc</sub>	
20V <sub>dc</sub>	
2V <sub>dc</sub>	
200mV <sub>dc</sub>	

Escala AC

Fundo de escala	Impedância
750V <sub>ac</sub>	4MΩ
200V <sub>ac</sub>	
20V <sub>ac</sub>	
2V <sub>ac</sub>	
200mV <sub>ac</sub>	

Os números indicados anteriormente estão sujeitos a variações, sendo recomendada a consulta ao manual que acompanha o dispositivo.





**FIRJAN**  
**CIRJ**  
**SESI**  
**SENAI**  
**IEL**

---

**FIRJAN**  
*Federação  
das Indústrias  
do Estado do  
Rio de Janeiro*

**SENAI**  
*Serviço Nacional  
de Aprendizagem  
Industrial do  
Rio de Janeiro*

Av. Graça Aranha, 1  
Centro – CEP 20030-002  
Rio de Janeiro – RJ  
Tel.: (0xx21) 2563-4526  
Central de Atendimento:  
0800-231231