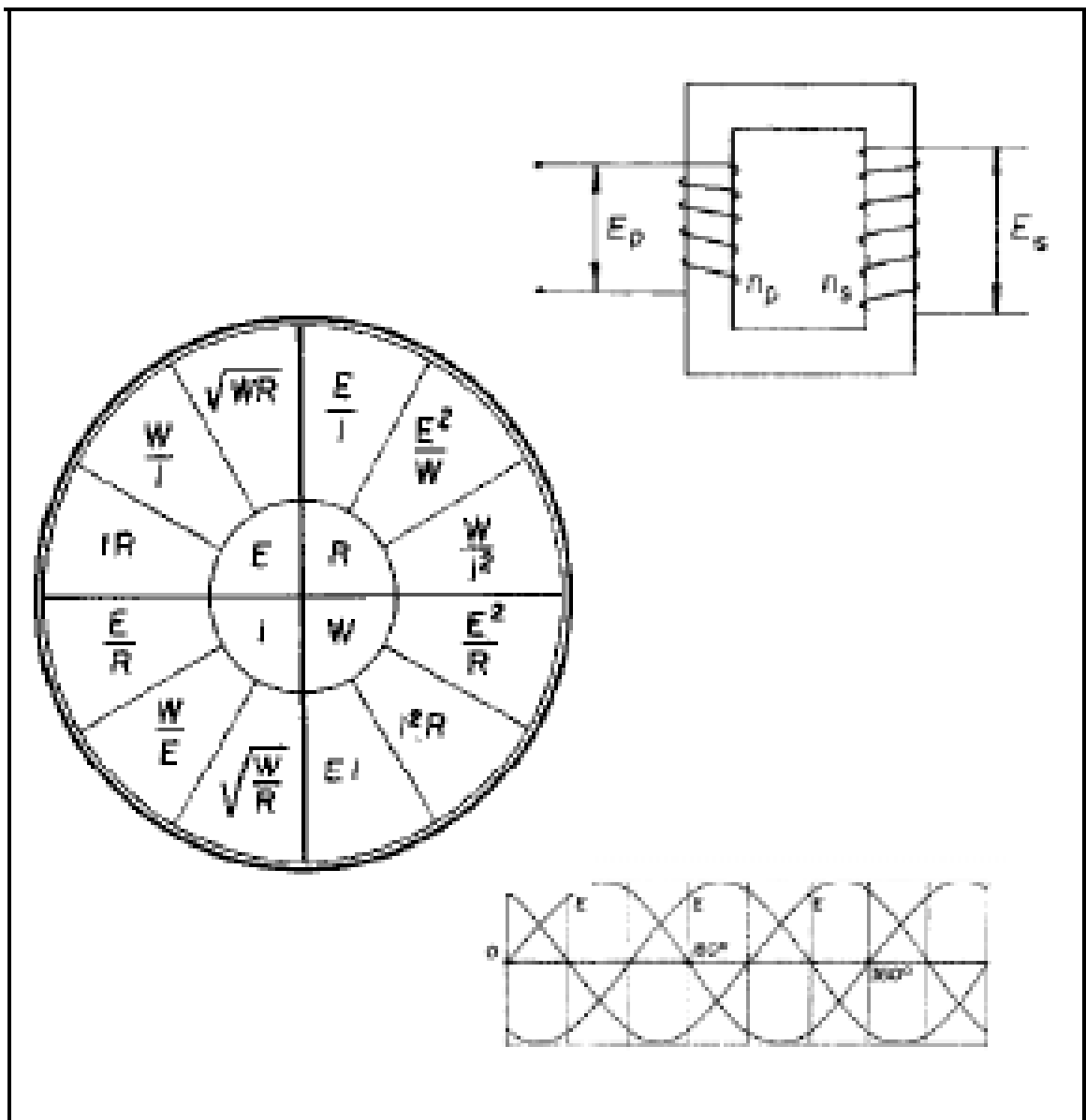


Eletroeletrônica Industrial



A IMPORTÂNCIA DA ELETRICIDADE

A eletricidade é uma das mais importantes formas de energia usada no mundo de hoje. Sem ela, não existiria: iluminação adequada, comunicações de rádio ou televisão, nem os serviços telefônicos; e as pessoas teriam que se conformar em viver sem os eletrodomésticos tão comuns hoje em dia. Além disso, sem a eletricidade o setor de transportes não seria como é atualmente, uma vez que a eletricidade é utilizada em todos os tipos de veículos. Uma análise rápida dos fatos leva a conclusão que a eletricidade está presente em todos os campos da atividade humana.

HISTÓRICO

Embora a eletricidade só viesse a ser utilizada nos tempos modernos, sua descoberta data de 2000 anos e foi atribuída aos gregos. Eles observaram que quando um material, agora conhecido como âmbar, era atritado com alguns materiais, ele se tornava *eletrizado* com uma força misteriosa. O âmbar eletrizado atraía certos materiais tais como folhas secas e serragem. Os gregos chamaram o âmbar de *elektron*, o que originou a palavra eletricidade.

Por volta de 1600, William Gilbert classificou os materiais que se comportavam como o âmbar de *elétricos* e os outros de *não-elétricos*.

Em 1733, o francês Charles DuFay, verificou que um pedaço de vidro eletrizado *atraía* alguns objetos eletrizados, mas *repelia* outros. Ele concluiu que existiam dois tipos de eletricidade.

O QUE É ELETRICIDADE

Os cientistas contemporâneos de Benjamin Franklin pensavam que a eletricidade era um fluido composto de cargas positivas e negativas. Atualmente, porém, os cientistas a definem como sendo produzida por partículas muito pequenas, denominadas *elétrons* e *prótons*. Estas partículas são pequenas demais para serem vistas, entretanto existem em todos os materiais. Para compreender sua existência, é necessário, primeiro, entender a estrutura da matéria.

Noções de Eletricidade

Energia e Energia Elétrica

Energia é a capacidade de produzir trabalho e apresenta-se sob várias formas.

- _ Energia Térmica;
- _ Energia Mecânica;
- _ Energia Elétrica;
- _ Energia Química;
- _ Energia Atômica, etc.

Uma das mais importantes características da energia é a possibilidade de sua transformação de uma forma para outra. Por exemplo, a energia térmica pode ser convertida em energia mecânica (motores de explosão), energia química em energia elétrica (pilhas) etc. Entretanto na maioria das formas em que a energia se apresenta, ela não pode ser transportada, ela tem que ser utilizada no mesmo local em que é produzida.

Energia Elétrica

A energia elétrica é uma forma de energia que pode ser transportada com facilidade. Para chegar à sua casa, às ruas, ao seu trabalho, ela percorre um longo caminho desde a usina. A energia elétrica passa pelas seguintes fases:

Geração: A energia elétrica é produzida a partir da energia mecânica de rotação de um eixo de uma turbina que movimenta um gerador. Esta rotação é causada por diferentes fontes primárias, como a força de água que cai (hidráulica), a força do vapor (térmica) que pode ter origem na queima do carvão, óleo combustível ou, ainda, na fissão do urânio (nuclear).

A CEMIG valendo-se das características do Estado de Minas-Gerais onde são inúmeras as quedas d'água tem, na força hidráulica, a sua fonte de energia primária. Portanto, as nossas usinas são hidroelétricas.

Transmissão: As usinas hidroelétricas nem sempre se situam próximas aos centros consumidores. Por isto é preciso transportar a energia elétrica produzida nas usinas até os locais de consumo: cidades, indústrias e fazendas. Para realizar este transporte é que são construídas as subestações e as linhas de transmissão.

Distribuição: Nos centros consumidores, são construídas as subestações transformadoras. Sua função é baixar a tensão do nível de transmissão (muito alto) para o nível de distribuição. A rede de distribuição recebe a energia em um nível de tensão adequado à sua distribuição por toda a cidade, porém inadequada para sua utilização imediata. Assim, os transformadores instalados nos postes das cidades fornecem a energia elétrica diretamente para as residências, para o comércio e outros locais de consumo no nível de tensão adequado a utilização.

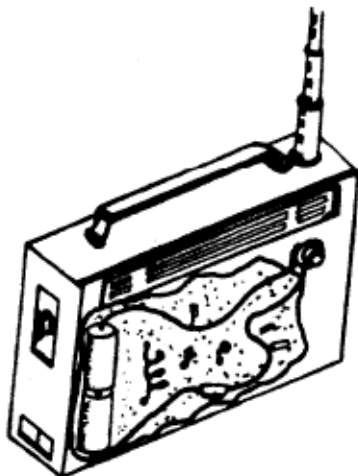
A energia gerada através da força da água nas turbinas é levada para as subestações e distribuída através de linhas de transmissão, composta de torres, postes e cabos de cobre e alumínio até as residências.

Circuito

É todo percurso que representa um caminho fechado.

Vamos acompanhar o percurso da corrente elétrica ao ligar um aparelho?

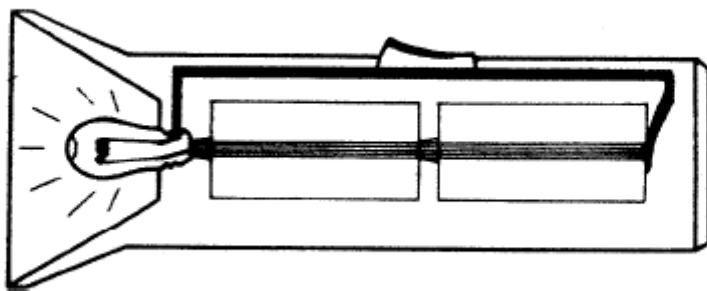
Para facilitar, vamos observar um "rádio de pilha" aberto, para você ver o caminho por onde passa a corrente.



A corrente elétrica:

- Sai da pilha;
- Passa pelo condutor de saída;
- Passa pelo interruptor;
- Caminha pelos componentes do rádio;
- Retorna à pilha pelo condutor de entrada; e;
- Continua o percurso, num processo contínuo.

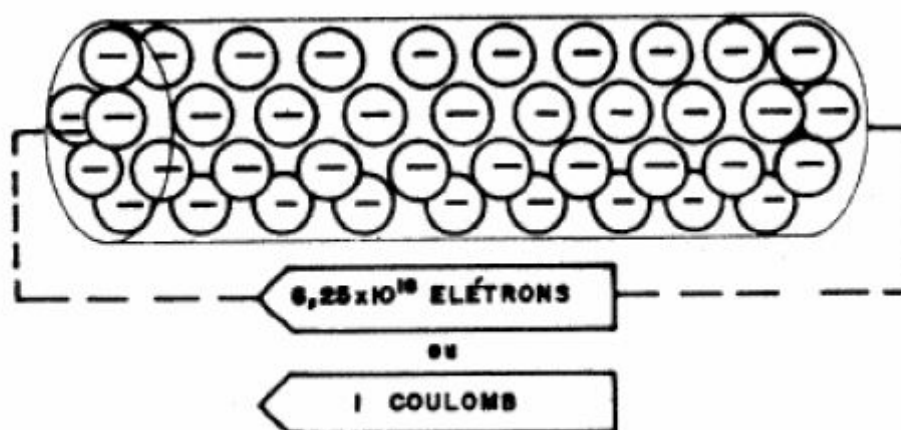
Observe, agora, o percurso da corrente numa lanterna:



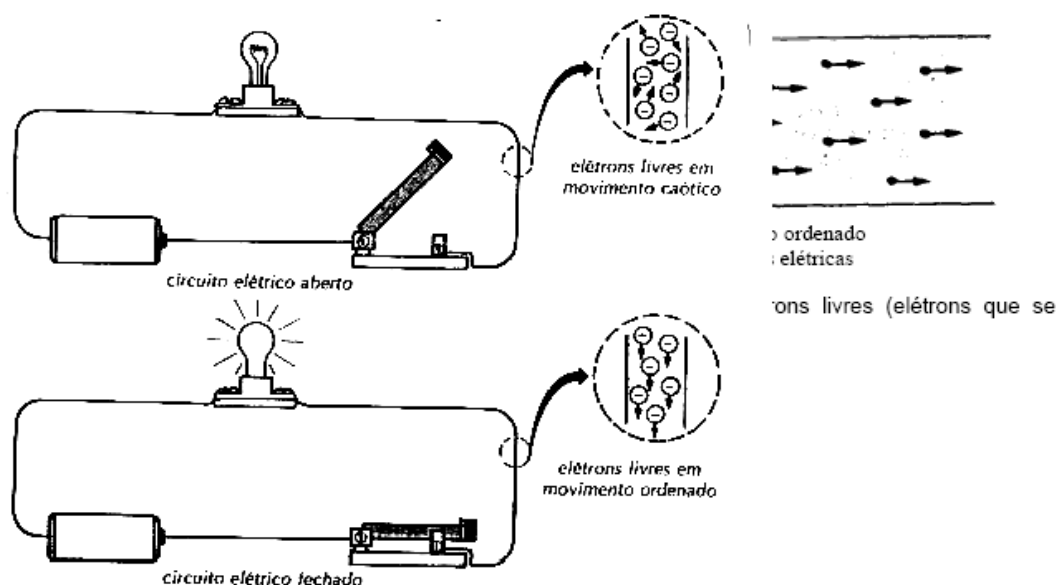
Note que a corrente tem que percorrer o mesmo caminho, continuamente. É um caminho fechado; é um circuito elétrico.

Corrente Elétrica

Chamamos de elétrons as partículas invisíveis existentes nos fios, que estão em constante movimento desordenado. Para que estes elétrons se movimentem de forma ordenada nos fios é necessário ter uma força que os empurre. A esta força chamamos de tensão elétrica (U).



Este movimento ordenado de elétrons, provocado pela tensão, forma então uma corrente de elétrons. A esta corrente de elétrons chamamos de corrente elétrica (I).



Para fazermos idéia do comportamento da corrente elétrica, podemos compará-la com uma instalação hidráulica. A pressão que a água faz depende da altura da caixa. A quantidade de água que flui pelo cano vai depender desta pressão, da grossura do cano, e da abertura da torneira.

Unidade de intensidade de corrente elétrica

Em homenagem ao físico francês André Marie Ampère (1775-1836), a intensidade da corrente elétrica, no SI, é medida em **ampère** (símbolo **A**).

Algumas intensidades de corrente elétrica:

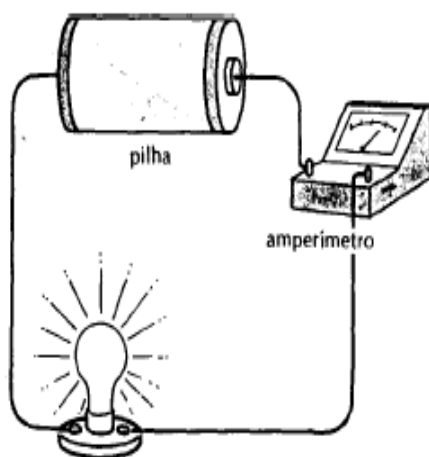
Lâmpada comum: 0,5 A a 2 A

ferro elétrico: 4 A a 8 A

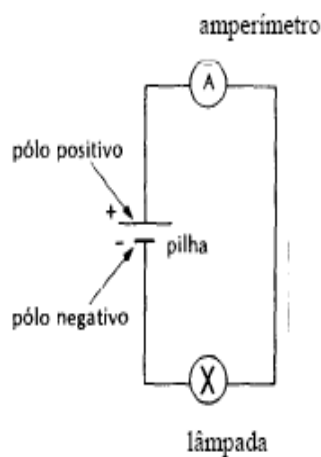
chuveiro e torneira elétrica: 10 A a 20 A

locomotiva elétrica: 1000 A

Na prática, a intensidade da corrente elétrica é medida por aparelhos chamados **amperímetros**. O amperímetro é intercalado em um circuito elétrico, de maneira a ser atravessado pela corrente elétrica cuja a intensidade se quer medir.



Amperímetro medindo a intensidade da corrente elétrica



Desenho esquemático da figura ao lado

Classificação da corrente elétrica

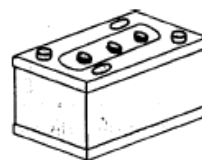
A corrente elétrica pode ser de dois tipos: **corrente contínua (CC)** e **corrente alternada (CA)**

Corrente Contínua

Quando os elétrons livres ou os íons se movem em um único sentido, temos a **corrente contínua**. Por exemplo, pilhas e baterias fornecem corrente contínua.



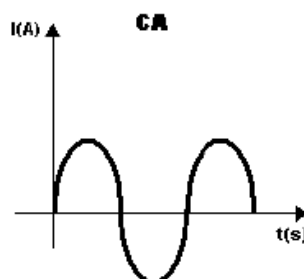
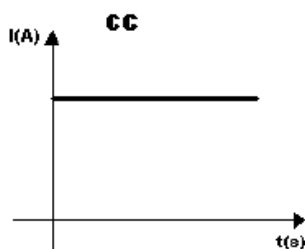
Pilha fornece CC.



Bateria (ou acumulador) fornece CC.

Corrente alternada

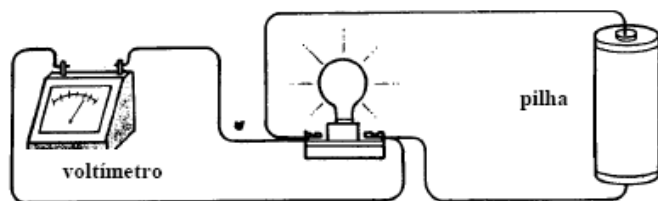
A corrente elétrica que muda de sentido em intervalos de tempo iguais denomina-se **corrente alternada**. Por exemplo: os geradores de usinas hidrelétricas em geral fornecem corrente alternada; as correntes das instalações elétricas de nossas casas são alternadas



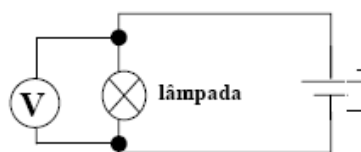
Diferença de potencial elétrico

A pilha fornece energia às cargas para que elas se movimentem, formando a corrente elétrica. Essa energia chama-se **energia potencial elétrica**; portanto, as cargas de uma corrente elétrica possuem energia potencial elétrica. A ddp é medida em V (Volts) e pode ser representada pela letra U.

Na prática, a ddp ou tensão elétrica é medida por aparelhos chamados **voltímetros**. O voltímetro é ligado em paralelo com o trecho do circuito (veja o esquema) cuja ddp quer se medir.

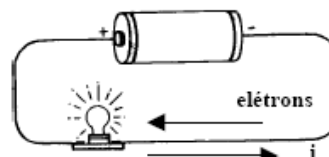


Voltímetro medindo a ddp nos terminais da lâmpada.



Desenho esquemático

Quando um fio é ligado aos pólos de uma pilha (ou bateria), os elétrons da corrente elétrica vão do pólo negativo (potencial menor) para o pólo positivo (potencial maior), enquanto o sentido da corrente elétrica é do pólo positivo para o negativo, por convenção.



sentido convencional da corrente elétrica

Condutores

A camada de valência pode conter até 8 elétrons. Como a energia aplicada aos elétrons de valência se distribui entre eles, os átomos que possuem menos elétrons de valência permitirão que estes elétrons sejam libertados mais facilmente. Os materiais cujos elétrons são mais facilmente libertados são chamados condutores. Os átomos desses materiais possuem somente um ou dois elétrons de valência. Os materiais com apenas 1 elétron de valência são os melhores condutores elétricos.

Uma análise da tabela da p. 33 permite selecionar os bons condutores. Todos eles têm apenas 1 elétron em sua camada externa. A maioria dos metais são bons condutores, sendo que os mais familiares são: cobre (n° 29), prata (n° 47) e ouro (n° 79).

Isolantes

Isolantes são materiais em que os elétrons têm muita dificuldade para se tornarem livres. Os átomos desses materiais apresentam suas camadas de valência totalmente preenchidas com 8 elétrons ou incompletas, porém com mais de 4 elétrons. Qualquer energia aplicada a estes átomos será dividida por um número relativamente grande de elétrons. Porém, além disso, estes átomos resistem à libertação de elétrons. Porém, além disso, estes átomos resistem à libertação de elétrons devido a um fenômeno conhecido como estabilidade química.

Um átomo é completamente estável quando sua camada externa se apresenta totalmente preenchida, ou quando esta tem 8 elétrons de valência. Um átomo estável resiste a qualquer tipo de reação. De fato, ele não se combina com nenhum outro átomo para formar uma substância composta. Existem seis elementos estáveis na natureza: hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio; esses elementos são conhecidos como gases inertes ou nobres.

Todos os átomos que possuem menos do que 8 elétrons de valência tendem a atingir o estado estável.

Aqueles que têm menos do que 4 elétrons (os condutores) tendem a libertar esses elétrons para esvaziar a camada instável. Por outro lado, aqueles que possuem mais do que 4 elétrons (os isolantes) tendem a receber elétrons para preencher a camada de valência; assim, além de ser difícil libertar seus elétrons, os átomos dos isolantes se opõem à produção de eletricidade com sua tendência de recolher alguns elétrons que poderiam ser libertados. Átomos que possuem 7 elétrons de valência têm uma grande tendência a preencher sua camada externa e são excelentes isolantes elétricos.

OS MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS / NOTAÇÃO CIENTÍFICA

Fonte: Prof. Lauro Pereira Martins

NOME	SÍMBOLO	FATOR DE MULTIPLICAÇÃO
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Quilo	K	10^3
Hecto	h	10^2
Deca	da	10^1
Unidade básica		10^0
Deci	d	10^{-1}
Centi	c	10^{-2}
Mili	m	10^{-3}
Micro	μ	10^{-6}
Nano	n	10^{-9}
Pico	p	10^{-12}
Femto	f	10^{-15}
Atto	a	10^{-18}

A fim de facilitar a compreensão de grandezas, foram criados os múltiplos e submúltiplos de uma unidade padrão. Exemplos:

a - Um pacote de feijão tem 1000 gramas. Porém é mais fácil dizer 1 Quilograma (Kg), que é um múltiplo do grama.

b - Uma régua tem 0,3 metros. Dizendo que ela tem 30 centímetros (cm), entendemos mais fácil. O cm é um submúltiplo do metro.

A tabela mostra os múltiplos e submúltiplos das unidades mais usadas.

Potência de 10 : Na eletrônica e elétrica é normal usarmos potência de 10 para representar grandezas muito grandes ou pequenas :

$$\begin{aligned} 10^9 &= 1.000.000.000 = \text{Giga} = G \\ 10^6 &= 1.000.000 = \text{Mega} = M \\ 10^3 &= 1.000 = \text{Quilo} = K \\ 10^0 &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 10^{-3} &= 0,001 = \text{Mili} = m \\ 10^{-6} &= 0,000001 = \text{Micro} = \mu \\ 10^{-9} &= 0,000000001 = \text{nano} = n \\ 10^{-12} &= 0,000000000001 = \text{pico} = p \end{aligned}$$

Regras matemáticas :

$$10^x \times 10^y = 10^{x+y}$$

$$10^x / 10^y = 10^{x-y}$$

só podemos somar quando temos o mesmo expoente:

$$10 \cdot 10^x + 5 \cdot 10^x = 15 \cdot 10^x$$

Condutância

Os materiais não conduzem a corrente elétrica igualmente. Se recordarmos algumas das teorias elétricas básicas, veremos que existem, basicamente, dois tipos de materiais nos quais estamos interessados e que são muito utilizadas em eletricidade. Estes são os condutores e os isolantes. Os condutores permitem que a corrente circule facilmente e os isolantes se opõem ao fluxo da corrente. Isso ocorre porque os condutores possuem muitos elétrons livres.

Quase todos os metais são bons condutores. Entretanto, alguns metais são melhores do que outros porque nem todos possuem o mesmo número de elétrons livres.

A facilidade com que o metal permite a passagem da corrente é medida pela condutância. Se uma mesma fonte de tensão é ligada a diferentes metais, aqueles que possuem uma condutância relativa maior permitirão maior fluxo de corrente.

Resistência

O termo condutância é utilizado para descrever a facilidade de um material conduzir a corrente elétrica.

Podemos dizer também que materiais de baixa condutância se opõem ou resistem à passagem da corrente elétrica. Alguns materiais, entretanto, oferecem maior resistência ao fluxo de elétrons do que outros.

Realmente, esta é a forma com que os materiais são relacionados no campo da eletricidade.

Se cortássemos, de forma padronizada, um pedaço de cada um dos metais mais comuns e ligássemos estes pedaços a uma bateria, um por vez, encontraríamos diferentes intensidades de corrente elétrica. É que cada metal possuía uma resistência diferente ao movimento de elétrons.

A forma padrão, normalmente usada no teste de resistência dos metais, é um cubo de 1 centímetro de aresta.

O gráfico de barras mostra a resistência de alguns metais mais comuns comparados com o cobre. A prata é melhor condutor do que o cobre porque possui menor resistência. O níquel-cromo apresenta uma resistência 60 vezes maior do que a do cobre, ou seja, no cobre circulará 60 vezes mais corrente do que no níquelcromo, se eles forem ligados, separadamente, à mesma bateria.

Como a resistência pode ser diminuída

A resistência de qualquer material, efetivamente, depende do número de elétrons livres que ele tem disponível. Conforme foi visto, a corrente elétrica é medida em ampéres; 1 ampére representa 6 280 000 000 000 000 de elétrons livres passando por um dado ponto de um fio em 1 segundo. Portanto, um bom condutor deve dispor de um número de elétrons livres que possibilite o fluxo de muitos ampéres. Como a corrente é uma medida do fluxo de elétrons por um ponto de um fio, pode-se aumentar a disponibilidade de elétrons aumentando-se a espessura da peça de metal, possibilitando um fluxo maior de corrente.

Uma peça de cobre de 2 centímetros de altura e 1 centímetro de largura possui o dobro de elétrons livres, no ponto em que a corrente está sendo medida, do que uma peça de cobre de apenas 1 centímetro de altura e 1 centímetro de largura. A peça de altura maior conduzirá o dobro de corrente. Se a peça considerada tiver 2 centímetros de largura, a corrente também duplicará e a resistência cairá à metade novamente. Quando aumentamos a largura ou a altura de uma peça de metal, estamos aumentando sua área transversal. Quanto maior a área transversal de um condutor, menor será sua resistência.

Como a resistência pode ser aumentada

Aumentando a área transversal de um condutor, teremos um maior número de elétrons livres disponíveis para a formação da corrente, portanto, a resistência do condutor foi diminuída. Isso poderia levar à conclusão de que o aumento do comprimento de uma peça de cobre poderia provocar o mesmo fenômeno. Porém, isso não ocorre. Embora uma peça de cobre de comprimento maior disponha de um

número maior de elétrons livres, a quantidade extra de elétrons não é disponível ao longo da linha em que a corrente é medida.

Realmente, cada comprimento de condutor possui certa resistência. Quando adicionamos um comprimento extra de cobre, efetivamente adicionamos mais resistência. Quanto maior o comprimento de um fio, maior será sua resistência.

Como a resistência é variada

Verificamos que a resistência de um pedaço de fio pode ser aumentada ou diminuída, pelo acréscimo ou decréscimo de seu comprimento. Da mesma forma, podemos diminuir ou aumentar a resistência, através do acréscimo ou decréscimo de sua área transversal.

Se dobrarmos o comprimento de um fio, sua resistência também dobrará.

Devido a essa relação, dizemos que a resistência de um fio é diretamente proporcional ao seu comprimento.

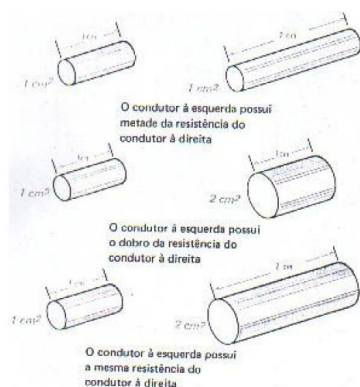
Se dobrarmos a área transversal de um fio, sua resistência cai à metade. Devido a isso, dizemos que a resistência do condutor é inversamente proporcional à sua área transversal.

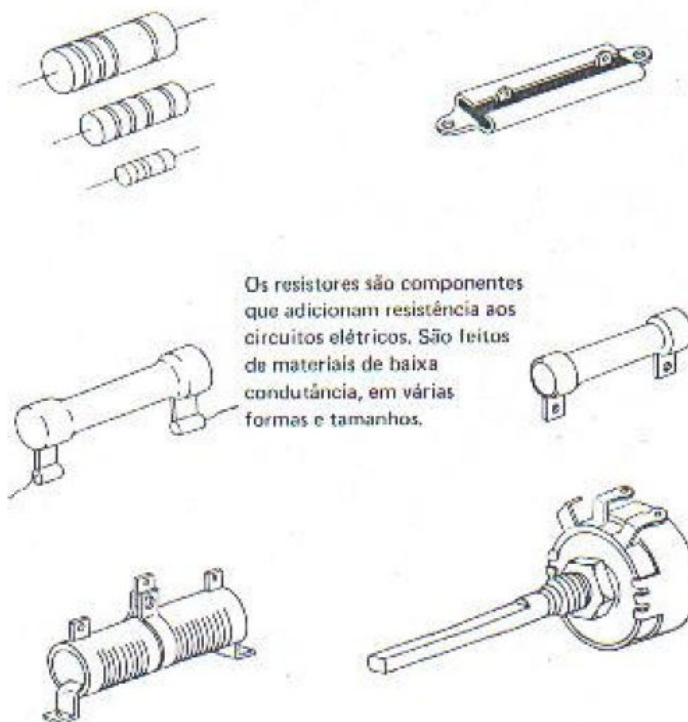
Portanto, escolhendo-se um metal adequado para um condutor podemos, através da variação do comprimento e da área transversal, obter qualquer valor de resistência desejado.

RESISTORES

A unidade de resistência

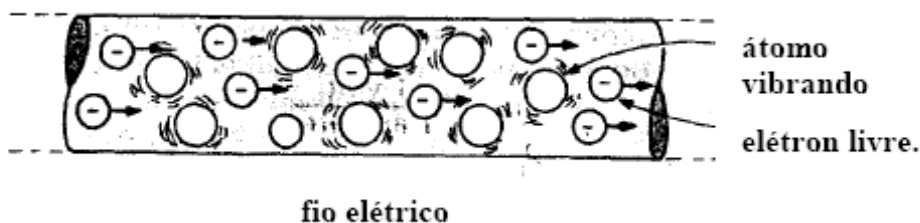
Durante o início do século XIX, o cientista alemão Georg Simon Ohm realizou muitas experiências com a eletricidade e fez algumas das primeiras descobertas sobre a natureza da resistência elétrica. Em sua homenagem, a unidade de resistência é chamada ohm. Um condutor possui uma resistência de 1 ohm quando uma fem de 1 volt provoca a passagem de corrente de 1 ampère através desse condutor. Se, por exemplo, a fem de 1 volt causasse uma corrente de $\frac{1}{2}$ ampère, a resistência seria de 2 ohms. Através dessa relação, podemos determinar a resistência exata de um condutor de qualquer tipo, forma e tamanho. Os valores de resistência variam desde frações de ohms até quilohms (1000 ohms) e megohms (1000000 ohms). O símbolo de ohm é a letra Omega (Ω).





Resistência elétrica – 1ª lei de Ohm

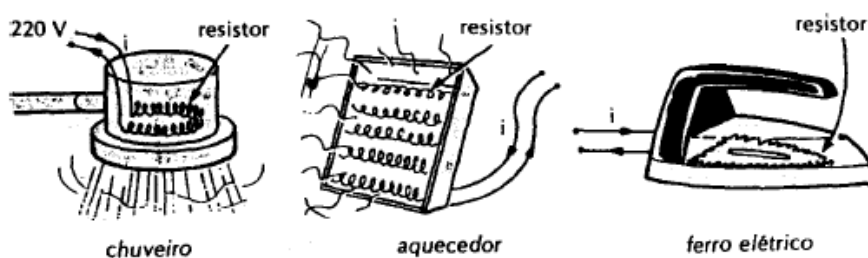
Se uma pessoa passar no meio de uma multidão, por exemplo, em um salão de baile, encontrará uma série de dificuldades, as quais aumentarão à medida que a multidão se agitar, isto é, ela encontrará resistência na sua caminhada. Em um condutor elétrico ocorre fenômeno análogo. Os átomos e íons do condutor estão sempre vibrando em torno de sua posição de equilíbrio; portanto as cargas elétricas que constituem a corrente elétrica encontram oposição ou resistência ao seu movimento.



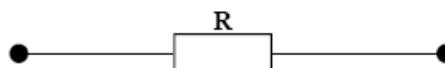
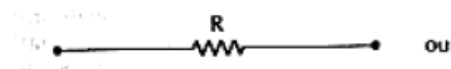
Os dispositivos construídos para produzir **resistência** a passagem da corrente elétrica são denominados **resistores**.

Os resistores são utilizados para:

- transformar energia elétrica em calor, como nos chuveiros, aquecedores e ferro elétrico;
- controlar a intensidade da corrente elétrica;
- produzir queda de tensão



Representação simbólica do resistor



Definição de resistência elétrica

Denomina-se **resistência elétrica** de um resistor a razão entre a ddp nos seus terminais e a intensidade da corrente que o atravessa.

Unidade de resistência elétrica

No SI, em homenagem ao cientista alemão Georg Simon Ohm (1787-1854), a unidade de resistência elétrica é o **ohm** (símbolo Ω , letra grega maiúscula **ômega**). A resistência elétrica é medida por um aparelho chamado Ohmímetro.

$$\text{De } R = \frac{U}{i}, \text{ temos: } 1 \text{ ohm} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampère}}$$

$$1 \Omega = \frac{1V}{1A}$$

Os múltiplos do ohm são:

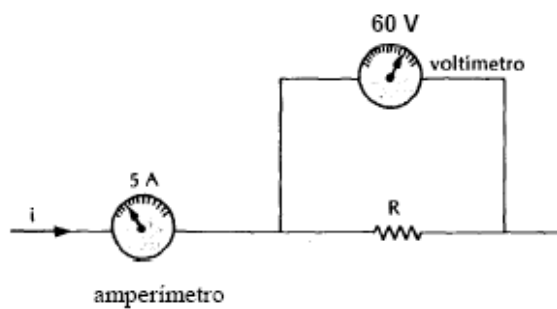
Quiloohm ($K\Omega$) = $10^3 \Omega$

Megaohm ($M\Omega$) = $10^6 \Omega$

Exemplo

Quando uma corrente de intensidade 5 A percorre um resistor, a ddp nos seus terminais é de 60 V.

Quanto vale a resistência desse resistor?



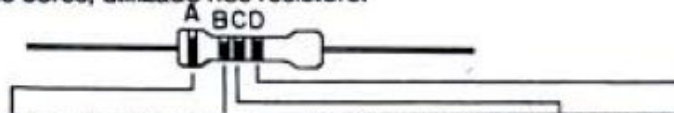
$$R = \frac{U}{i}$$

Sendo $U = 60 \text{ V}$ e $i = 5 \text{ A}$, temos:

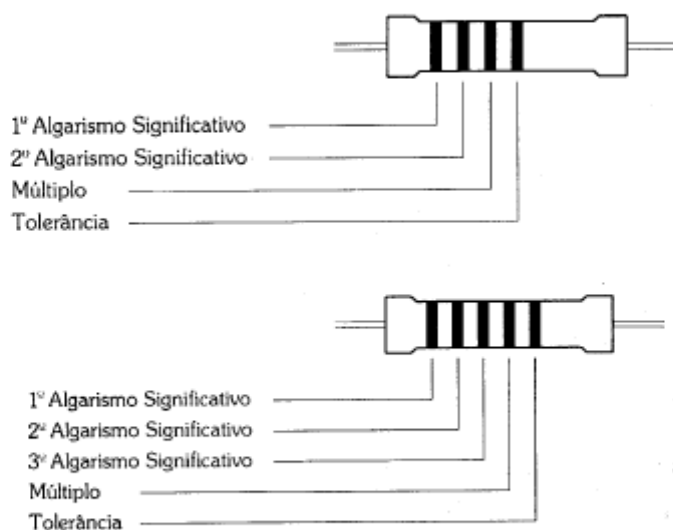
$$R = \frac{60 \text{ V}}{5 \text{ A}} \quad \boxed{R = 12 \Omega}$$

RESISTORES E CÓDIGOS DE CORES

O código de cores, utilizado nos resistores:



Cor	1º algarismo	2º algarismo	Fator Multiplicativo	Tolerância
preto	—	0	$\times 1$	—
marrom	1	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
vermelho	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
laranja	3	3	$\times 10^3$	—
amarelo	4	4	$\times 10^4$	—
verde	5	5	$\times 10^5$	—
azul	6	6	$\times 10^6$	—
violeta	7	7	—	—
cinza	8	8	—	—
branco	9	9	—	—
ouro	—	—	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
prata	—	—	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$



1ª lei de Ohm

Através de estudos experimentais, Georg Simon Ohm concluiu que, mantendo-se a temperatura constante, a resistência elétrica de alguns condutores, como os **metais e a grafite**, não varia quando se modifica a tensão nos seus terminais. Tais condutores são denominados **condutores ôhmicos ou lineares**. Os demais condutores são denominados **não ôhmicos ou não lineares**, como por exemplo, o gás contido em um tubo de iluminação.

Enunciado da 1ª lei de Ohm

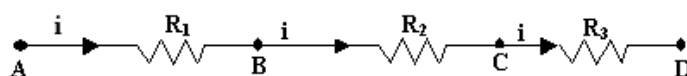
Mantendo-se constante a temperatura de um condutor ôhmico, a tensão elétrica nos seus terminais é diretamente proporcional à intensidade da corrente que o atravessa e a R é constante.

Isso significa que a relação $\frac{U}{i}$ é constante, mas, como $\frac{U}{i} = R$, podemos dizer que a resistência de um condutor ôhmico é constante.

ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

1 Associação de Resistores em Série.

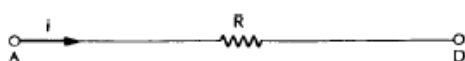
Dois ou mais resistores estão associados em série quando são percorridos pela mesma corrente elétrica.



Como $U = R \cdot i$:

$$\begin{aligned} V_A - V_B &= R_1 \cdot i \\ V_B - V_C &= R_2 \cdot i \\ V_C - V_D &= R_3 \cdot i \end{aligned} \quad \text{ou} \quad V_A - V_D = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i \quad (1)$$

Resistor equivalente à associação anterior é um resistor que, submetido à mesma ddp total, é percorrido pela mesma corrente, isto é:



$$V_A - V_D = R \cdot i \quad (2)$$

Comparando (1) e (2), temos:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Para um número n de resistores:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

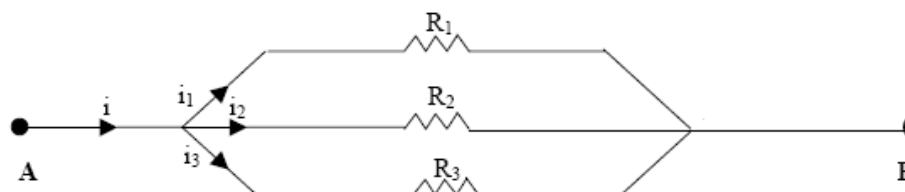
Além disso:

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

U_1, U_2, \dots, U_n são as ddp nos resistores R_1, R_2, \dots, R_n
 U é a ddp no resistor equivalente R .

Associação de Resistores em Paralelo

Dois ou mais resistores estão associados em paralelo quando submetidos à mesma ddp.



Observe que $i = i_1 + i_2 + i_3$
De acordo com a 1ª lei de Ohm:

$$i_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1}, \quad i_2 = \frac{V_A - V_B}{R_2} \text{ e } i_3 = \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

Considerando que $i = i_1 + i_2 + i_3$, então:

$$i = (V_A - V_B) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (1)$$

O **resistor equivalente** à associação acima é um resistor que, submetido à mesma ddp, é percorrido pela mesma corrente total i .



$$i = \frac{V_A - V_B}{R} \quad (2)$$

Comparando (1) e (2), temos:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Para um número n de resistores:

$$\boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

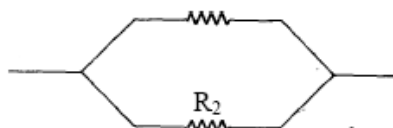
Além disso:

$$\boxed{i = i_1 + i_2 + \dots + i_n}$$

Quando apenas **dois** resistores R_1 e R_2 estão ligados em paralelo, a resistência equivalente é obtida dividindo-se o produto pela soma de R_1 e R_2 .

$$R_1$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



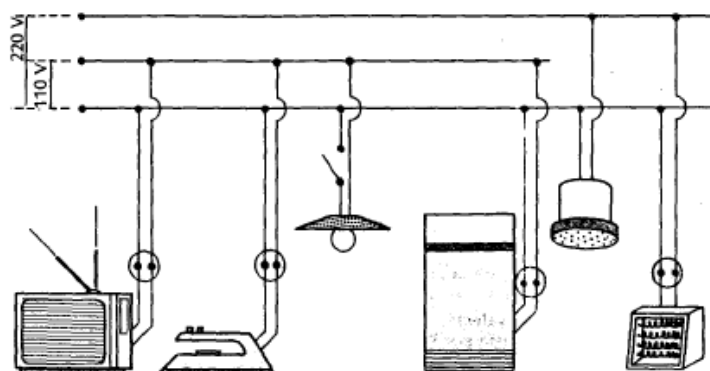
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \cdot R_2}$$

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Exemplo

As lâmpadas e os aparelhos elétricos de uma residência estão associados (ligados) em paralelo.



Observação: Em algumas cidades, todas as ligações são de 220 V.

Este tipo de associação tem a vantagem de que, se uma das lâmpadas queima, as demais continuam funcionando normalmente, pois a corrente elétrica só é interrompida na lâmpada queimada.

3 Associação mista de resistores

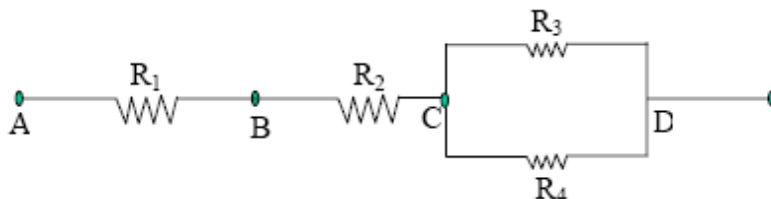
Uma associação de resistores é chamada **mista** quando contém resistores associados em série e em paralelo.

Para se obter a resistência equivalente a uma associação mista, resolvem-se primeiro as associações que, **com certeza**, estão em série ou em paralelo. É conveniente ir mudando o desenho à medida que se resolve cada associação.

Resistores em série: um depois do outro, sem ramificação.

Resistores em paralelo: ligados aos mesmos pontos.

Por exemplo, na associação abaixo:



R_1 e R_2 estão em série, pois em está em seguida ao outro, sem ramificação;
 R_3 e R_4 estão em paralelo, pois estão ligados aos mesmos pontos C e D.

Atenção: R_2 e R_3 **não estão** em série, pois entre eles há uma ramificação para R_4 ; analogamente, R_2 e R_4 não estão em série.

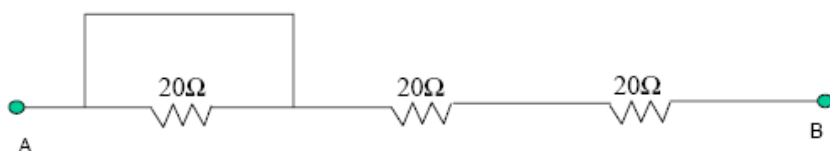
Curto-circuito

Dizemos que dois pontos de um circuito estão em **curto-circuito** quando esses pontos são ligados por um condutor de resistência desprezível.

Supondo que um aparelho elétrico seja percorrido por uma corrente i , se ligarmos um fio de resistência desprezível em paralelo, provocaremos um curto-circuito entre A e B: toda a corrente i se desviará pelo fio (resistência desprezível), e o aparelho deixará de funcionar.



15) Calcule a resistência equivalente à associação:



Manuseio e cuidados com Instrumentos de medidas elétricas

O que fazem os medidores?

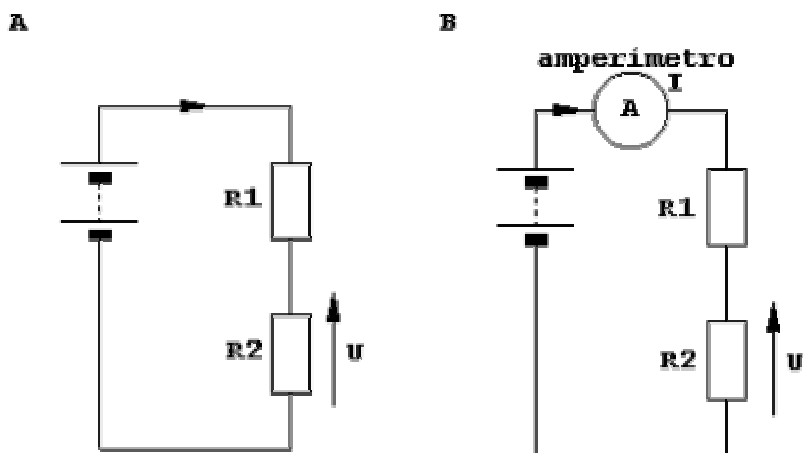
Um *medidor* é um instrumento de medição. O resultado de uma medição é uma medida. Não há cunho científico onde não houver *medida*. Em Eletrônica, os amperômetros medem intensidades de corrente, os voltômetros medem a diferença de potencial (tensão) entre dois pontos e os ohmômetros medem as resistências elétricas dos condutores.

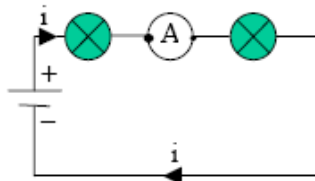
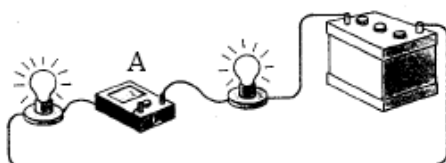
Cometendo erros de nomenclatura, porém já consagrados pelo uso, tais aparelhos são mais conhecidos por: amperímetro, voltímetro e ohmímetro. **[Nota:** O Sistema Internacional de Unidades, no trecho dedicado à nomenclatura, indica: aparelhos de medida direta são grafados com terminação em "ímetro" (tal como o paquímetro) e os de medida indireta são grafados com terminação "ômetro" (tais como o cronômetro, odômetro, amperômetro, voltômetro etc.). Os técnicos em eletricidade e eletrônica não 'falam' cronímetro ou odímetro, mas dão-se por satisfeitos com amperímetro, voltímetro etc.]

Um 'multímetro' ou multiteste incorpora todas essas funções de medidores e possivelmente outras mais, num só equipamento.

Antes de entrarmos em detalhes no manuseio dos multímetros, é importante para você ter uma idéia clara de como os medidores são conectados ao circuito sob inspeção.

1) A ilustração abaixo mostra um circuito em duas situações, A antes e B depois de se ligar um amperímetro:





Para se medir a intensidade de corrente que circula por um dado componente ou num trecho de circuito, tal circuito deve ser "aberto", "cortado", "interrompido" para poder intercalar o amperímetro em série.

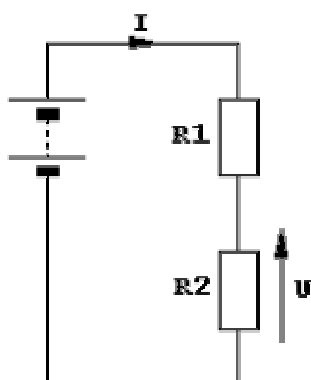
Toda a corrente que passa pelo componente ou no trecho em questão deve passar também através do medidor. Na ilustração acima, não importa se o amperímetro é inserido na posição indicada, entre R1 e R2 ou entre R2 e a fonte de tensão.

A introdução do amperímetro no circuito implica na introdução de uma *nova resistência* (a resistência interna do próprio aparelho) que afeta a resistência total e conseqüentemente a intensidade de corrente. Assim, para a leitura seja confiável é necessário que a resistência própria do medidor seja a mais baixa possível.

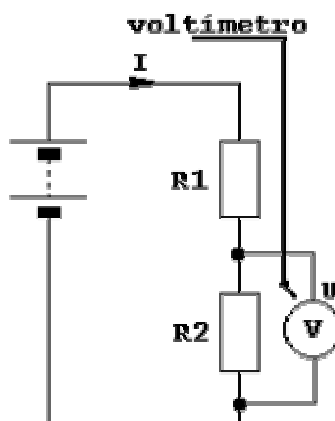
Um bom amperímetro deve ter resistência interna praticamente nula!

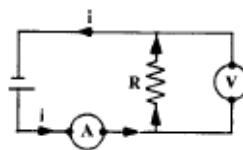
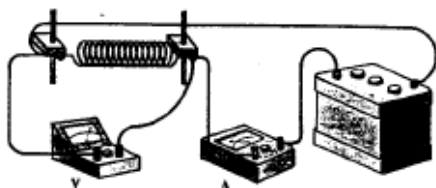
2) A ilustração a seguir mostra um circuito em duas situações, A antes e C depois de se ligar um voltímetro:

A



C





Observe que, para a medida de uma diferença de potencial (tensão) entre dois pontos (os terminais do resistor R_2 , na ilustração), o circuito não precisa ser interrompido; o voltímetro é conectado em paralelo.

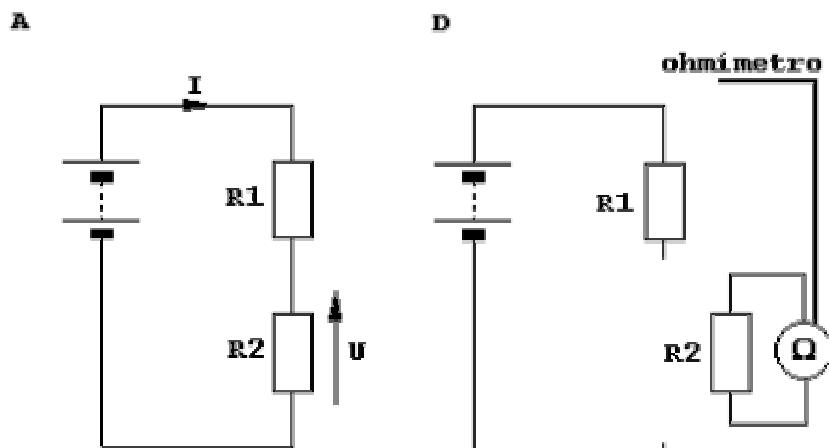
Para que a inclusão do voltímetro não altere substancialmente o valor da resistência do trecho sob medição é preciso que a resistência própria (interna) do medidor seja a mais alta possível. Em outras palavras, a intensidade de corrente através do voltímetro deve ser mínima.

Um bom voltímetro tem resistência interna praticamente infinita!

Que medição você acha que é mais útil para o experimentador, intensidade de corrente (com amperímetro) ou tensão elétrica (com voltímetro)?

Ambas são úteis porém, a medida de tensão é muito mais prática e muito mais freqüente. Ela é uma medição fácil pois incorpora a vantagem de não necessitar nenhuma interrupção no circuito original. Nesse tipo de medição, as pontas de prova do voltímetro são simplesmente encostadas nos pontos entre os quais quer se saber o valor de tensão.

3) A ilustração abaixo mostra um circuito em duas situações, A antes e D depois de se ligar um ôhmímetro:



O ôhmímetro não deve ser usado com o circuito conectado à fonte de alimentação. Ele não trabalha da mesma maneira que voltímetro e amperímetro. Esses dois usam a fonte de alimentação do circuito para suas leituras; o ôhmímetro não, ele tem sua própria fonte de tensão.

Além disso, o componente cuja resistência está sob medição deve ser *retirado* do circuito. Na ilustração, o resistor R2 foi retirado para uma perfeita medição do valor de sua resistência. Na prática não é necessário dessoldar seus dois terminais, basta soltar um deles.

A fonte de tensão interna do ohmímetro faz circular uma pequena intensidade de corrente pelo componente em teste e avalia a *queda de tensão* sobre ele; em função dessa tensão o medidor fornece, como leitura, a resistência do componente.

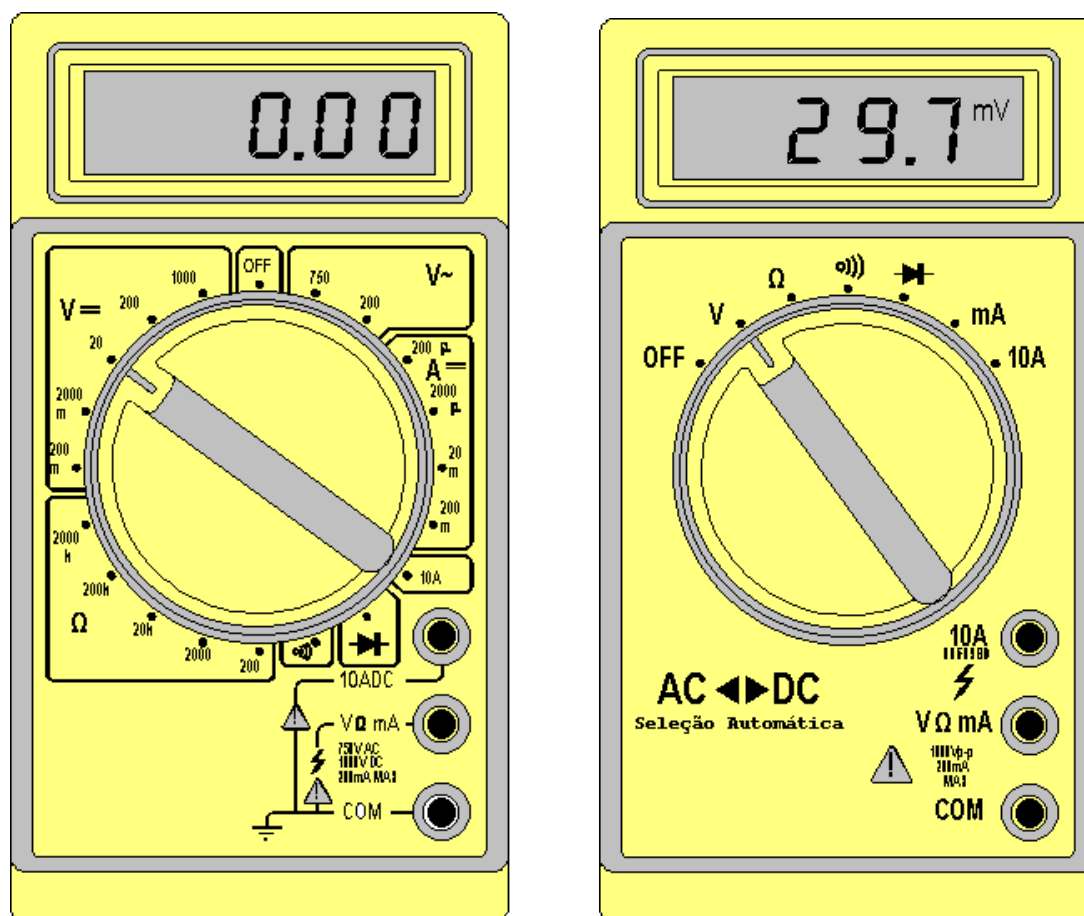
A maioria dos ohmímetro têm, em seu interior, um fusível para protegê-lo contra "abusos" e falhas do operador.

Multímetros digitais

Multímetros digitais são projetados por engenheiros eletrônicos e produzidos em massa. Até mesmo os modelos mais baratos podem incluir características que você, iniciante, provavelmente não as usará.

Tais medidores dão, como saída, uma exibição numérica normalmente através das propriedades dos mostradores de cristais líquidos.

A ilustração a seguir mostra dois modelos de multímetro digitais. O da esquerda, um típico, tem suas funções e alcances selecionadas mediante uma chave (ligada a um grande botão no meio do aparelho). O da direita, mais sofisticado, não é necessário selecionar nenhum alcance, apenas a função. Ele, automaticamente seleciona um alcance adequado.



Comentemos o primeiro modelo. Mediante o acionamento do botão central, que pode assumir diversas posições, você tem que escolher aquela que convém para a adequada medição. Se esse botão foi dirigido para o setor **V=** e aponta para a faixa dos **20V** (como na ilustração) então, 20V é a tensão máxima que pode ser medida. Para os circuitos experimentais com os quais trabalharemos essa é a seleção indicada para medidas de tensões. Em algumas situações poderemos utilizar o alcance 2V ou ainda 200 mV.

As faixas de tensões para fontes de polaridade fixa (pilhas, baterias e fontes de alimentação) estão no setor indicado com **V=**. Nossos projetos iniciais trabalharão com esse tipo de alimentação.

Leituras de tensões alternadas (AC) devem ser feitas com o máximo de cuidado e o botão central deve ser levado para o setor **V~**.

Muito cuidado ao ligar o medidor na rede elétrica domiciliar.

Comentemos o segundo modelo. É um multíteste (multímetro) denominado **multímetro auto ajustável**. Mediante o botão central você se limita a escolher uma função, ou seja, que grandeza quer medir (tensão, corrente, resistência, decibéis etc.), o restante o aparelho faz por conta própria. Ele escolhe qual o alcance mais indicado e apresenta no mostrador a leitura (digital) acompanhada da unidade de medida. Ele é mais caro que o medidor comum mas, obviamente, de manuseio mais simples.

Cuidado especial deve ser tomado para as ligações das pontas de prova no multíteste. O fio vermelho que termina em ponta deve ser conectado ao terminal marcado com **V, Ω , mA** e o fio **preto** que termina com um jacaré deve ser inserido no terminal marcado com **COM** (COMUM).

Multímetros analógicos

Nos medidores analógicos uma agulha movimenta-se diante de uma escala gravada no mostrador. Multímetros analógicos com alcances chaveados (selecionados por botão central) são mais baratos que os digitais porém, de leituras mais difíceis para os novatos lerem com precisão, especialmente nas escalas de resistências. O aparelho é mais delicado que os digitais e, em caso de queda, é mais provável que se danifiquem.

Cada tipo de medidor tem suas vantagens e desvantagens. Usado como voltímetro, um medidor digital é normalmente melhor porque sua resistência interna é muito mais alta ($1\text{ M}\Omega$ ou $10\text{ M}\Omega$) que aquela dos analógicos ($200\text{ k}\Omega$) numa faixa semelhante.

Por outro lado, é mais fácil seguir o lento movimento da agulha em determinadas leituras de tensão que as trocas numéricas de um digital.

Usado como amperímetro, um medidor analógico passa à frente do digital; primeiro por ter resistência interna bem menor e em segundo, por ser mais sensível (normalmente com escalas até 50 mA). Multímetros digitais mais caros podem igualar ou mesmo superar esse desempenho.

A maioria dos multímetros modernos é digital; os tipos analógicos tradicionais são destinados a ficarem obsoletos.

Práticas com medidas

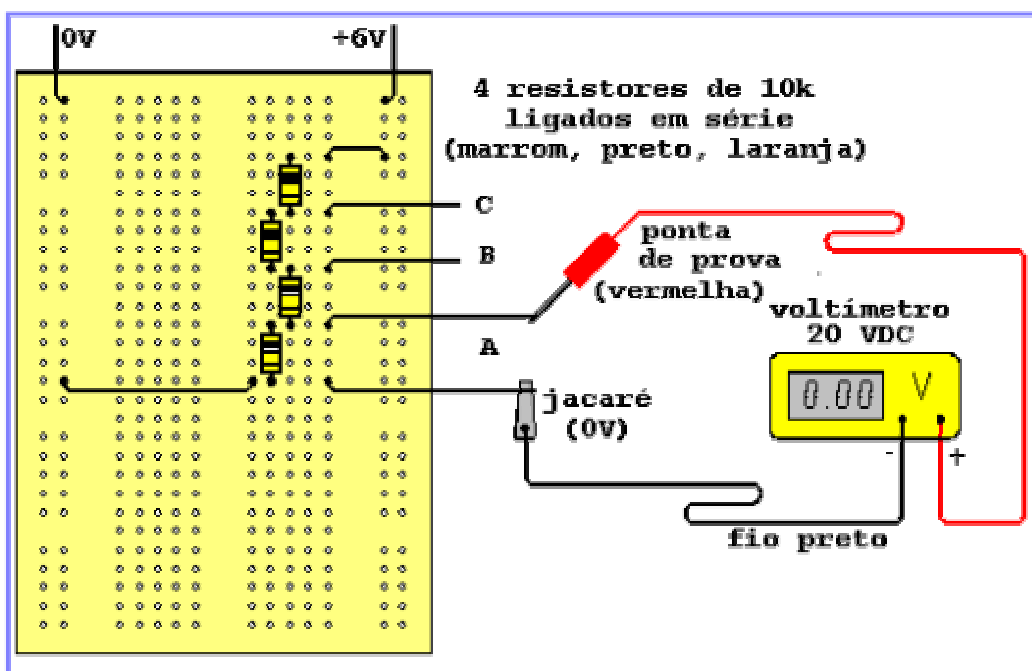
1. Medidas de tensão:

Construa o circuito mostrado abaixo usando a matriz de contatos e quatro resistores de 10 k Ω .

Usando o multímetro digital como voltímetro, meça a tensão fornecida pela fonte de alimentação e a seguir as tensões (d.d.p) entre os pontos [A e B] e [A e C].

Que você observa com relação a esses resultados?

Os quatro resistores estão associados em série e fazem um arranjo conhecido como divisor de tensão. A tensão total é compartilhada (dividida) entre os quatro resistores e, a menos da tolerância, cada resistor recebe parcelas iguais (pois têm valores nominais iguais).



Fundamentos dos Capacitores

Um capacitor (ou condensador) é um dispositivo eletro-eletrônico que serve para armazenar energia elétrica no campo elétrico existente no seu interior.

O Capacitor de Placas Paralelas é composto por duas placas condutoras paralelas ou eletrodos (também chamadas de Armaduras) separadas por um material dielétrico de espessura uniforme. As placas condutoras podem ser de qualquer material bom condutor de eletricidade. É comum o uso do alumínio e do cobre. O dielétrico deve ser um material mau condutor (um isolante). É comum o uso de materiais plásticos e cerâmicos e de óxidos isolantes.

O capacitor elementar (básico) de placas planas e paralelas e sua simbologia, usada nos diagramas de circuitos eletrônicos, conforme figura 2.

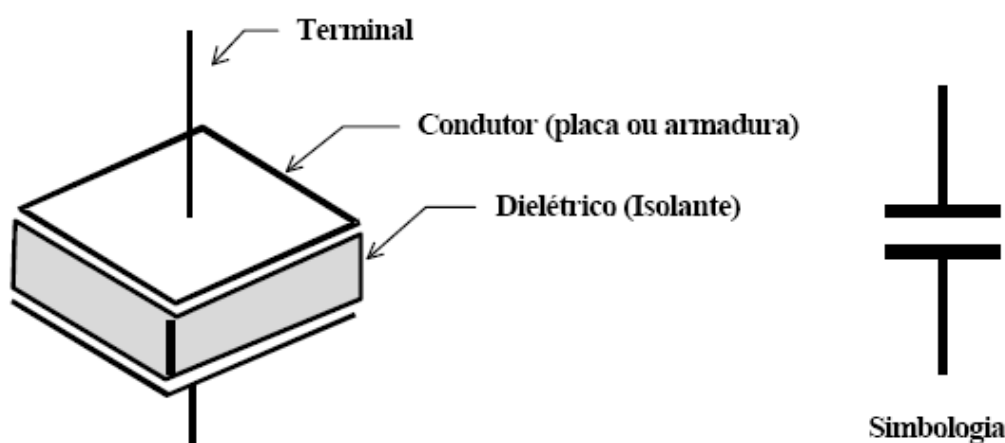


Figura 2 - Capacitor de Placas Paralelas: elementos construtivos e simbologia

O Carregamento de um Capacitor

O que acontece no interior do capacitor? Como ele se carrega?

Consideremos a figura 3, onde um capacitor está conectado a uma fonte de corrente contínua.

De acordo com a Teoria Atômica já estudada, sabemos que os materiais são compostos de átomos cuja estrutura é semelhante ao Sistema Solar (núcleo e órbitas).

Sabemos que os materiais isolantes são compostos por átomos com elétrons intimamente ligados ao núcleo, razão pela qual não facilitam o deslocamento de elétrons (corrente elétrica).

Também sabemos que a estrutura dos metais é característica porque os seus átomos têm elétrons que saem facilmente de suas órbitas e se convertem em elétrons-livres.

O pólo positivo da bateria atrai os elétrons de uma placa deixando-a mais positiva (perdeu elétrons). Esta placa, por sua vez, atrai os elétrons do pólo negativo da bateria para a outra placa, deixando-a mais negativa (recebe elétrons). Desta forma estabelece-se um fluxo de elétrons (corrente elétrica) no circuito, apesar de **não haver a passagem de cargas elétricas através do dielétrico do capacitor.**

As duas placas ficam carregadas com iguais quantidades de carga, porém de sinais contrários.

Este processo continua até que o capacitor esteja plenamente carregado, quando então o fluxo de elétrons se interrompe.

Associação de capacitores:

Da mesma forma que podemos associar resistores, também podemos associar capacitores com a finalidade de obtermos valores de capacitâncias equivalentes diferentes dos valores comerciais em que os capacitores são fabricados.

Associação em série:

Uma **ligação em série de capacitores diminui a capacitância total** porque efetivamente aumenta o espaçamento entre as placas, como podemos perceber pela figura 17.

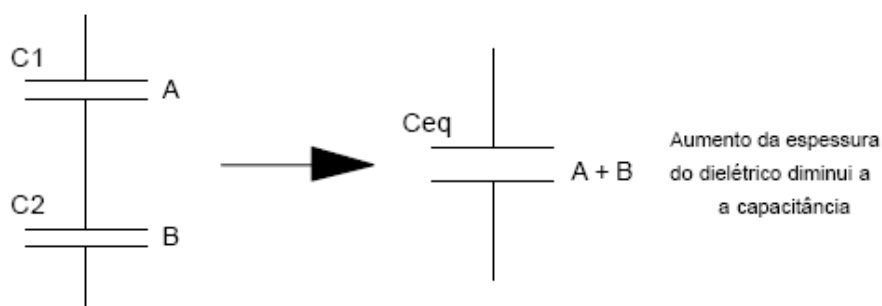


Figura 17 – Associação série de capacitores

Na associação em série de capacitores as placas se carregam em efeito cascata e **todos os capacitores adquirem a mesma carga.**

Porém, como o circuito é série, as tensões nos capacitores se somam.

Associação em paralelo:

A **ligação em paralelo de capacitores aumenta a capacitância total** porque aumenta a área de placas recebendo cargas, como podemos perceber pela figura 18.

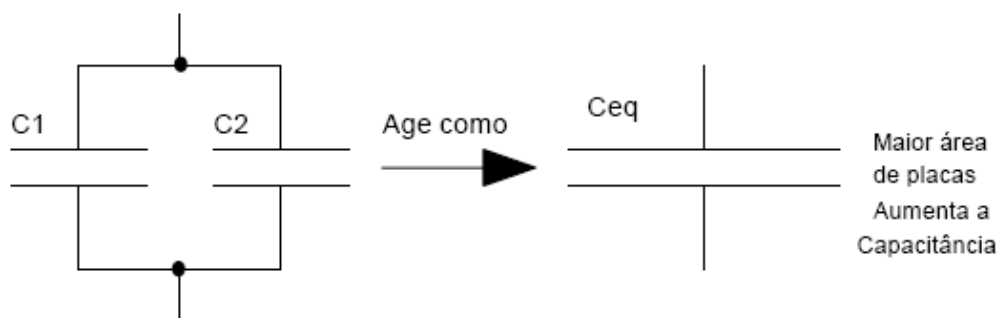


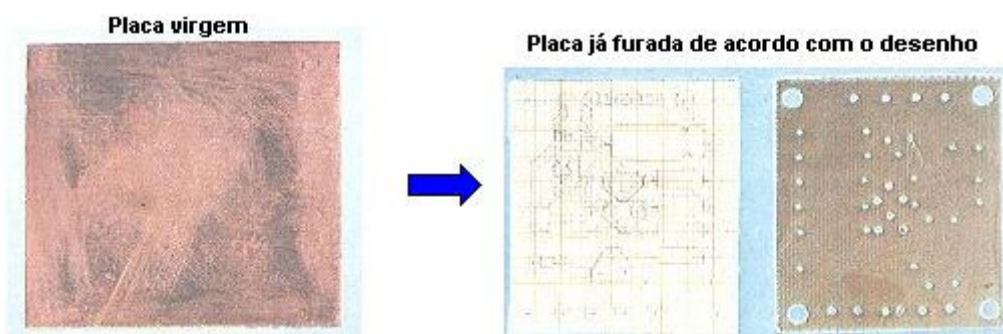
Figura 18 – Associação Paralela de Capacitores

Na associação em paralelo de capacitores **todos os capacitores estão sujeitos a mesma tensão**, assim:
Porém, cada capacitor se carrega independentemente e a quantidade de carga armazenada aumenta:

COMO FAZER UMA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

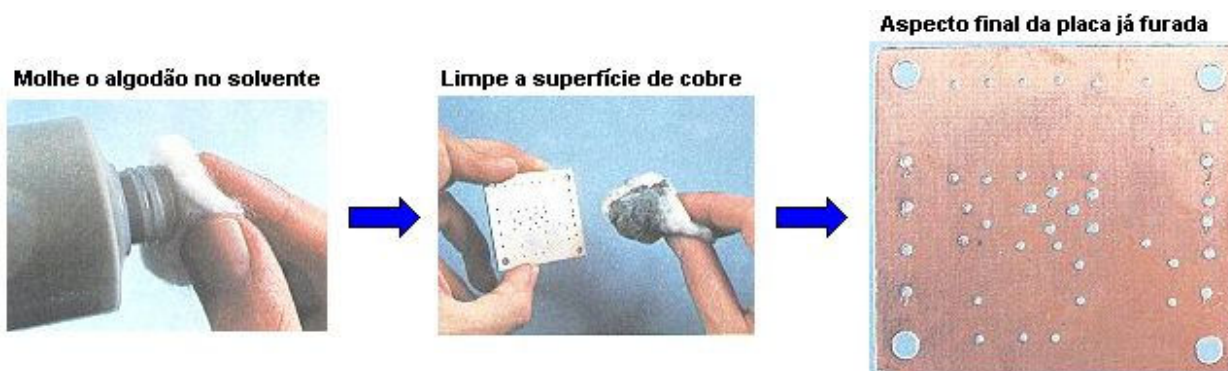
PASSO 1 - FURAÇÃO DA PLACA

Tire uma xerox do desenho da placa, recorte este desenho e cole-o sobre a superfície de cobre da placa virgem com fita adesiva. Faça um furo com o furador ou a furadeira em cada local de terminal de componente. A seguir retire o papel de cima da placa e pronto. Ela já estará toda furada. Abaixo vemos como ficará:



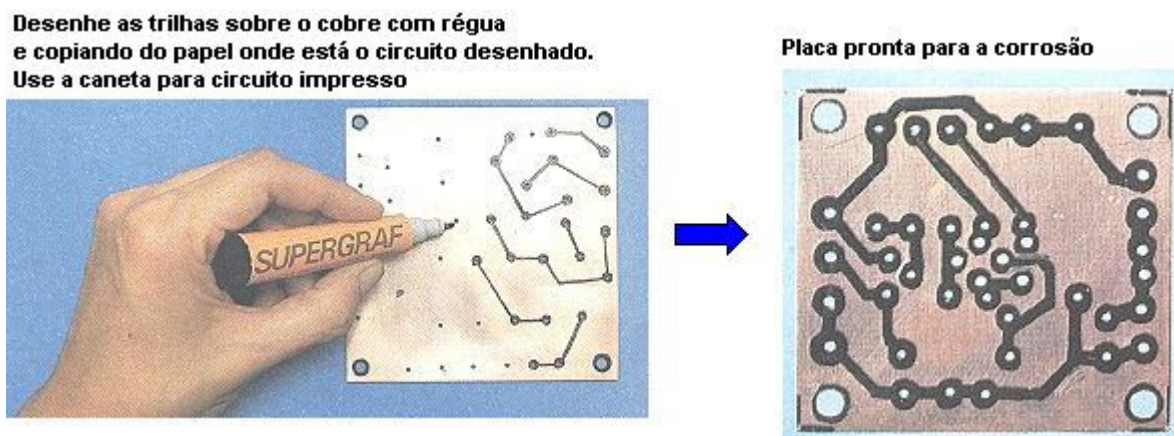
PASSO 2 - LIMPEZA DA PLACA ANTES DA CORROSÃO

Pegue um pedaço de algodão, molhe-o num solvente ou álcool e passe-o na superfície de cobre da placa para retirar qualquer resíduo de gordura. Não pegue na placa pela face de cobre. Isto deixa manchas de gordura que atrapalham na corrosão da mesma. Veja abaixo:



PASSO 3 - DESENHO DAS TRILHAS

Usando a caneta para circuito impresso, desenhe as trilhas na placa unindo os furos com uma régua. Copie o desenho do papel com a posição das trilhas que foi usado na furação da placa. Deixe a placa descansar por 5 minutos para secar bem a tinta. Veja abaixo:



PASSO 4 - COLOCAÇÃO DA PLACA NA CORROSÃO

Num recipiente de plástico prepare a solução de percloroeto de ferro (1 parte de percloroeto para 2 partes de água). Espere a solução esfriar. Segure a placa com uma pinça plástica ou com um barbante e coloque-a na solução. A placa afundará. A corrosão dura cerca de 30 minutos (o tempo será maior quanto mais velha for a

solução. O recomendado é que se use a mesma solução apenas 4 vezes no máximo). Quando o cobre for retirado da superfície não protegida pela caneta, a placa boiará na solução. Não deixe a placa muito tempo na corrosão, pois isto acabará com as trilhas da mesma. Veja o processo abaixo:

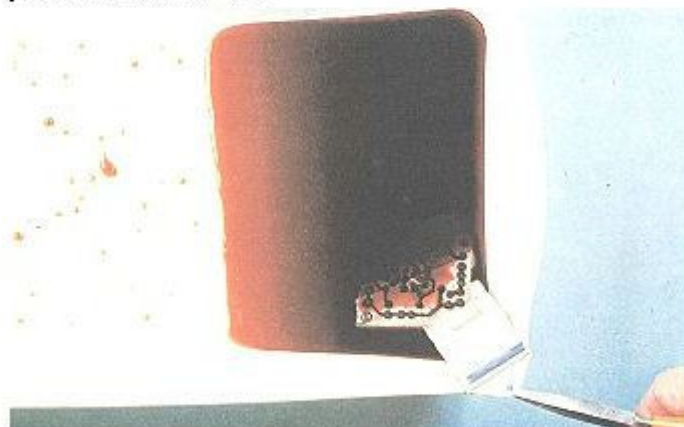
Coloque a solução de percloreto numa vasilha de plástico



Segure a placa com uma pinça de plástico ou amarre-a com um barbante



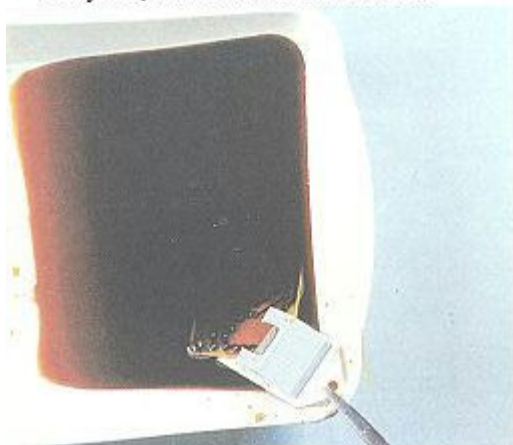
Mergulhe a placa na solução e deixe-a por cerca de 30 minutos



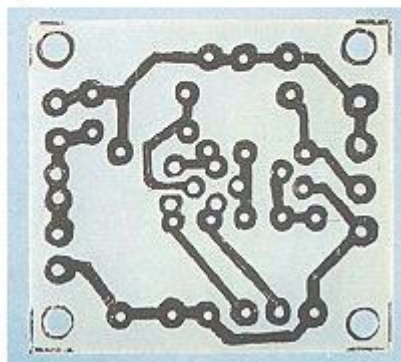
PASSO 5 - RETIRADA DA PLACA DA CORROSÃO

Após cerca de 20 a 30 minutos o cobre não protegido pela caneta já terá saído da placa. Retire a placa da solução e passe-a debaixo da torneira para uma boa lavada com água limpa. Veja como fica abaixo:

Retire cuidadosamente a placa da solução após o término da corrosão



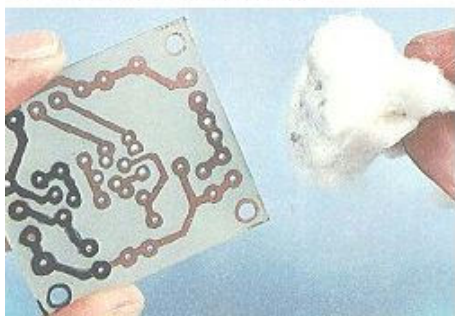
Após uma boa lavada a placa ficará assim. Veja que ainda está com a tinta



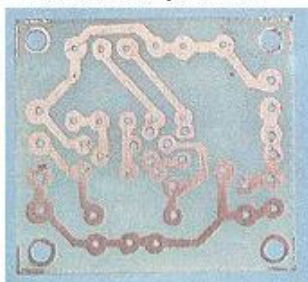
PASSO 6 - TÉRMINO DA CONFECÇÃO DA PLACA

Após a retirada do percloroeto e a lavagem da placa em água corrente, molhe um algodão no álcool ou um solvente e retire a tinta da placa. Dê uma nova lavada em água corrente. Deixe secar e pronto. Sua placa está terminada. Abaixo vemos a comparação entre uma placa fabricada em casa e uma com processo industrial. As trilhas podem ser desenhadas na placa virgem usando uma tela de silk screen. Este processo é o mais perfeito, porém é mais caro.

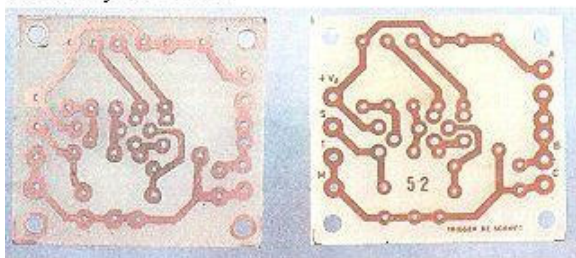
Limpe a tinta com um algodão umedecido num solvente ou álcool comum



Placa terminada e pronta para receber os componentes



Comparação entre a placa caseira e o mesmo modelo de fabricação industrial



TÉCNICAS DE SOLDAGEM DE COMPONENTES

Esta página é muito importante para aqueles que trabalham ou querem trabalhar com eletrônica ou mesmo para quem gosta de eletrônica por hobby. Uma boa soldagem é o primeiro passo para o perfeito funcionamento de qualquer circuito eletrônico. Atualmente os ferros de solda mais utilizados são os de 30 e os de 40 W. Abaixo vemos estes dois tipos, assim como a estrutura interna desta importante ferramenta:



O ferro de solda ou soldador é formado por um tubo de ferro galvanizado contendo uma resistência de níquel-cromo e uma ponta metálica em seu interior. Ao passar corrente elétrica pela resistência, esta aquece a ponta até chegar numa temperatura apropriada para derreter a solda.

LIMPEZA DO FERRO DE SOLDA

Existem muitas marcas de ferros de solda. Algumas muito boas como "Hikary", "Weller", "Fame", etc e outras não tão boas. Porém qualquer que seja a marca do soldador, devemos tomar alguns cuidados para ele durar o máximo tempo possível:

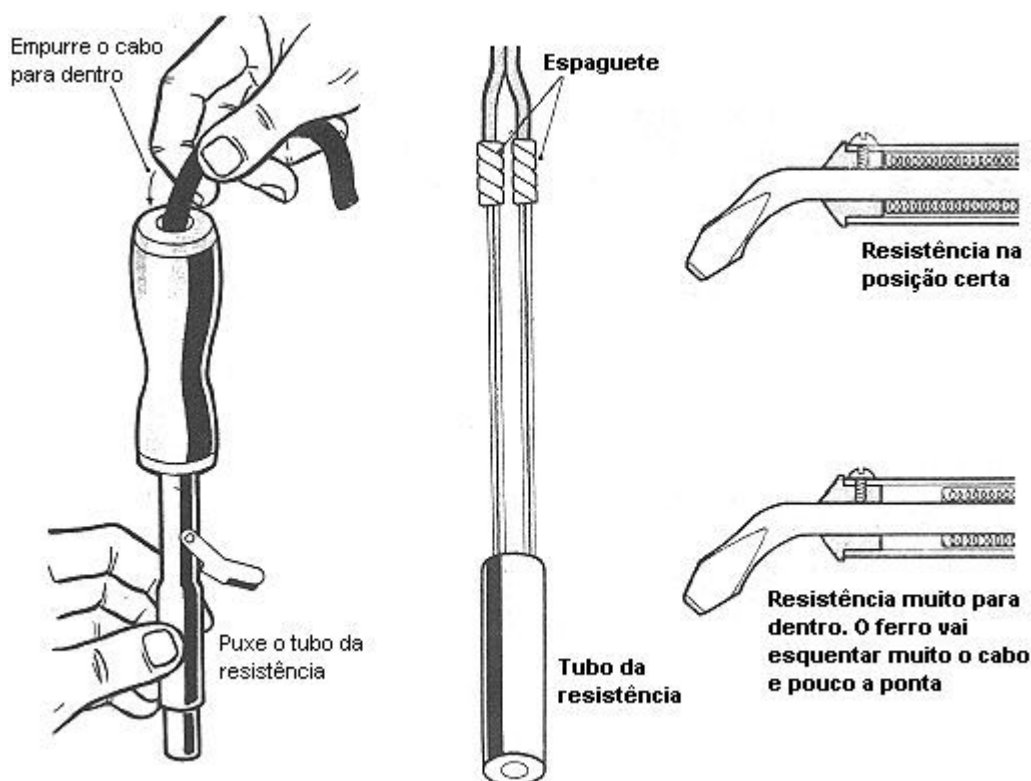
Limpeza e estanhagem da ponta - Segure o ferro pelo cabo e à medida que ele vai esquentando, derreta a solda na ponta para esta ficar brilhante e da cor do estanho. Abaixo vemos como deve ficar:



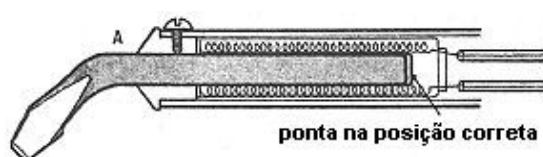
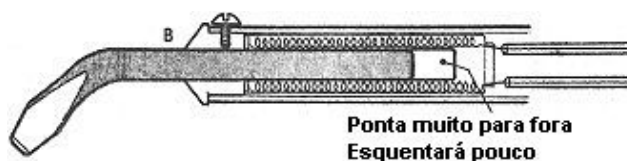
Quando a ponta já está quente, vai acumulando uma crosta de sujeira. Para limpá-la basta passar numa esponja de aço ou numa esponja vegetal úmida, daquelas que vêm no suporte do ferro. Também é possível comprar esta esponja separada. **NÃO SE DEVE NUNCA LIXAR OU LIMAR A PONTA. ISTO ACABA RAPIDAMENTE COM A MESMA.**

MANUTENÇÃO DO FERRO DE SOLDA

1 - Troca da resistência - Os ferros mais caros podem ter a resistência trocada com certa facilidade e compensa. Desparafuse e retire a ponta. Tire os parafusos do cabo e empurre o fio da resistência para dentro. Retire o "espagete" da emenda da resistência. Não perca estes "espaguetes" já que além de isolantes elétricos, são isolantes térmicos. Coloque a nova resistência dentro do tubo metálico. Refaça a emenda do cabo de força e recoloque os "espaguetes". Posicione a resistência até ela encostar bem perto da ponta. Recoloque os parafusos do cabo e a ponta. Abaixo vemos o procedimento:



2 - Troca da ponta - Basta retirar o parafuso que prende a mesma e retirá-la do tubo da resistência. Na colocação da ponta nova, não deixe-a muito para fora senão ela esquentará pouco. Abaixo vemos como deve ficar:



A SOLDA

Existem diversas marcas de solda para eletrônica. Uma marca de solda é considerada de boa qualidade quando, ao se fazer uma soldagem com um ferro de solda limpo e estanhado, esta soldagem ficar brilhante. Se ficar opaca (cinza) a solda não é de boa qualidade. As soldas de boa qualidade são "Best", "Cobix", "Cast", etc. Abaixo vemos um tubinho e uma cartela de solda. Ela também é vendida em rolo de 500 g e 250 g como visto:



Solda em cartela



Solda em tubinho

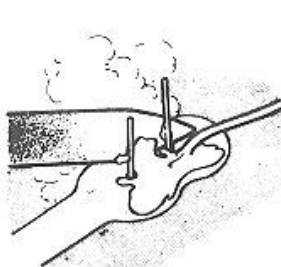


Solda em rolo de 500 g

As soldas usadas em eletrônica possuem 30 % de chumbo e 70 % de estanho, além de uma resina para a solda aderir ao circuito. Esta resina era substituída antigamente pela "pasta de solda" (breu).

APLICAÇÃO DE SOLDA NOS CIRCUITOS ELETRÔNICOS

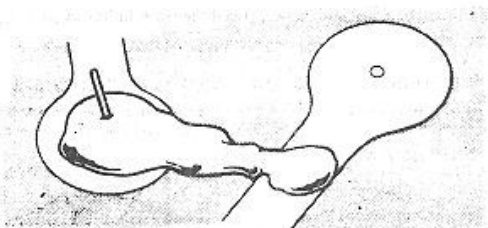
- 1 - Segue o ferro de solda da mesma forma que o lápis para escrever;
- 2 - Limpe e estanhe a ponta do ferro de solda;
- 3 - Encoste a ponta ao mesmo tempo na trilha e no terminal do componente. Mantenha o ferro imóvel durante esta operação;
- 4 - Aplique solda na trilha até ela cobrir toda a ilha e o terminal do componente;
- 5 - Retire o ferro rapidamente. A operação da soldagem deve ser feita rapidamente para não danificar as trilhas da placa. Abaixo vemos o procedimento:



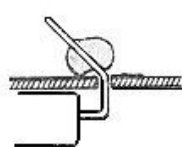
A ponta do ferro deve encostar ao mesmo tempo na trilha e no terminal do componente. A solda deve ser aplicada apenas na trilha



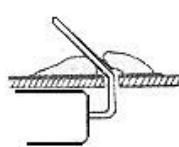
Aqui o procedimento errado. A ponta não está encostando na trilha e a solda está sendo aplicada na ponta do ferro



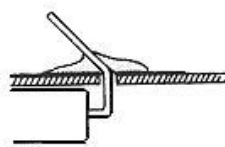
Aqui a solda escorreu e colocou duas trilhas em curto. Muita solda



Aqui a solda só grudou no terminal



Aqui a solda só grudou na trilha



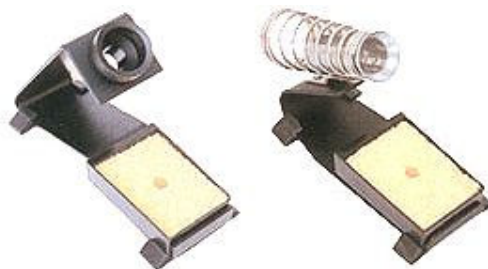
Solda boa

ACESSÓRIOS PARA SOLDAGEM

Estes acessórios são basicamente uma esponja vegetal que deve ser umedecida para limpar a ponta do ferro, suportes para colocar o ferro aquecido e a pasta de solda (breu) usada quando vamos soldar numa superfície onde é difícil a aderência da solda. Abaixo vemos os elementos citados:



Esponja vegetal



Tipos de suporte com esponja vegetal



Pasta de solda

Comandos Elétricos

O QUE SÃO COMANDOS ELÉTRICOS

Comandos elétricos são circuitos com equipamentos elétricos destinados a comandar e controlar o funcionamento de sistemas elétricos. Os comandos elétricos tiveram sua origem com a invenção de relês, a partir daí continuaram e continuam evoluindo, atualmente com os controladores e chaves de controle eletrônico.

1. Contator

Contator é um dispositivo eletromagnético que liga e desliga o circuito do motor. Usado de preferência para comandos elétricos automáticos à distância. É constituído de uma bobina que quando alimenta cria um campo magnético no núcleo fixo que por sua vez atrai o núcleo móvel que fecha o circuito. Cessando alimentação da bobina, desaparece o campo magnético, provocando o retorno do núcleo através de molas, conforme figura 01.

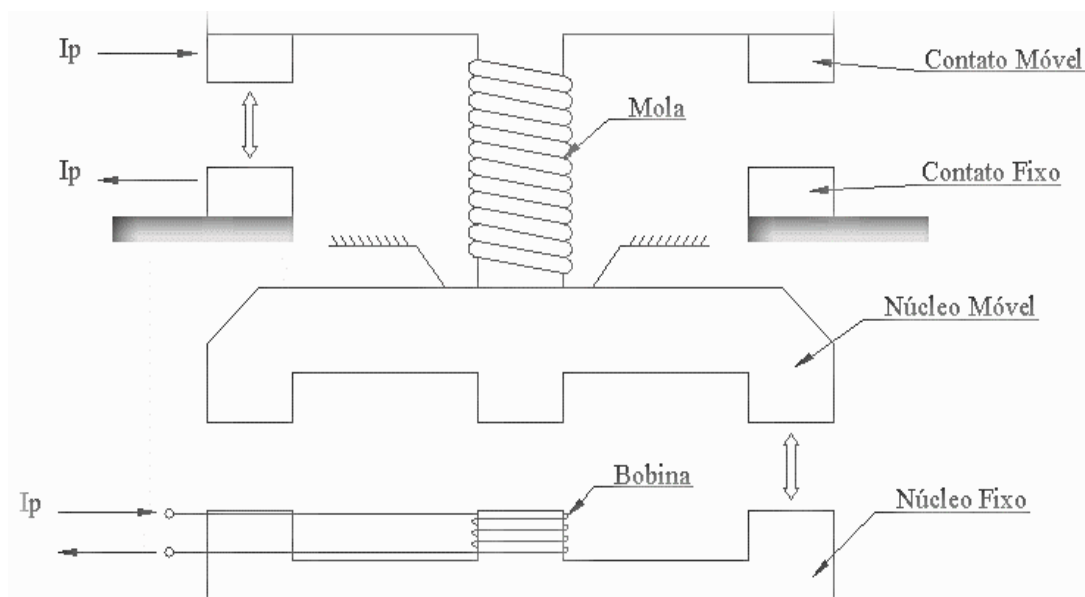


Fig. 01

2. Contatos

No contator temos os contatos principais e auxiliares. Os principais do contator são mais robustos e suportam maiores correntes que depende da

carga que esse motor irá acionar, quanto maior a carga acionada, maior será a corrente nos contatos. (figura 02).

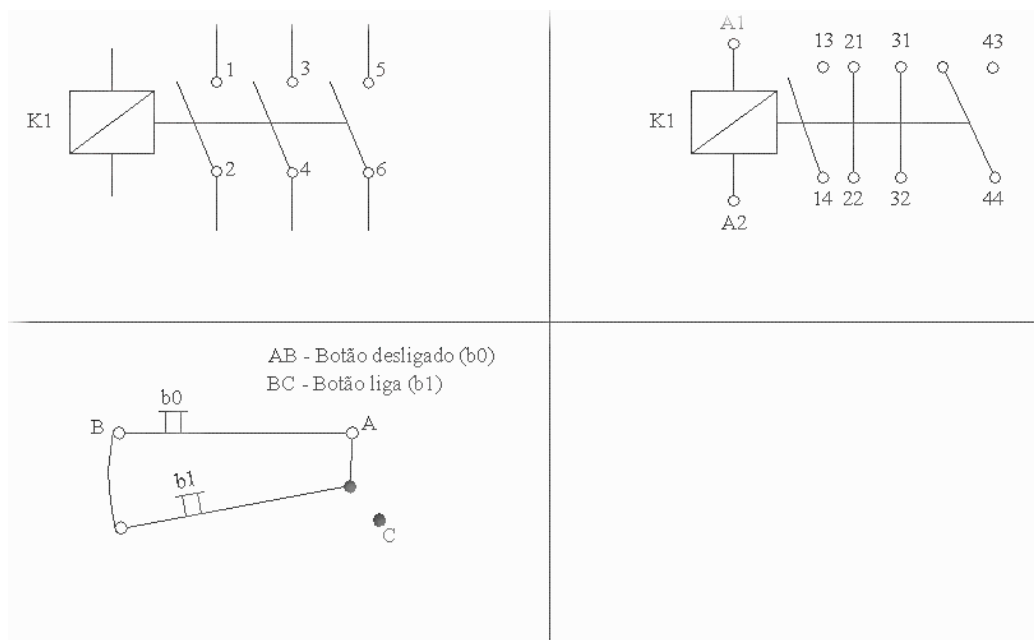


Fig. 02

Os contatos auxiliares, utilizados para sinalização e comandos de vários motores, existem o contato NF (normalmente fechado) e NA (normalmente aberto). (figura 03).

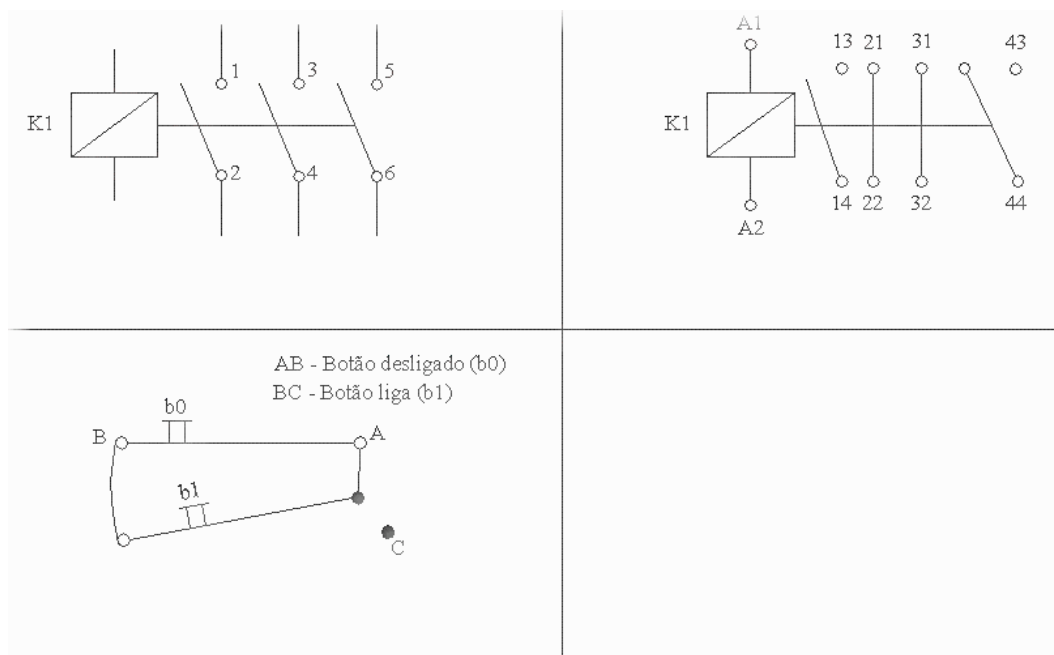


Fig. 03

3. Botoeira ou Botoeira - botão liga e desliga

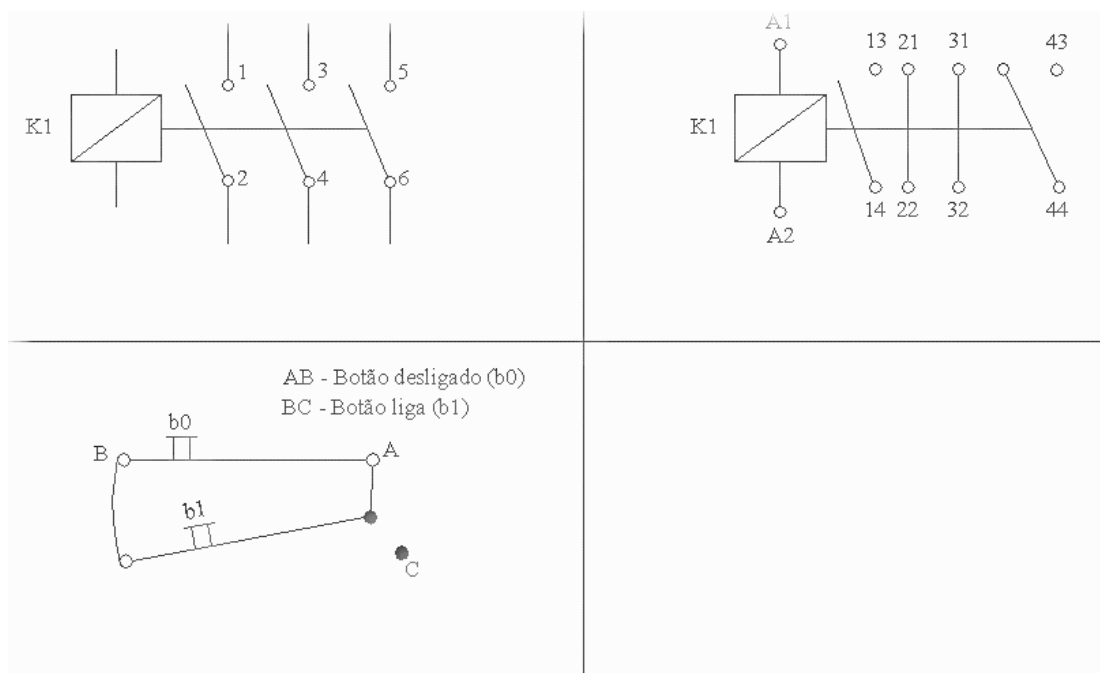


Fig. 04

4. Relé Bimetálico

São construídos para proteção de motores contra sobrecarga, falta de fase e tensão. Seu funcionamento é baseado em dois elementos metálicos, que se dilatam diferentemente provocando modificações no comprimento e forma das lâminas quando aquecidas.

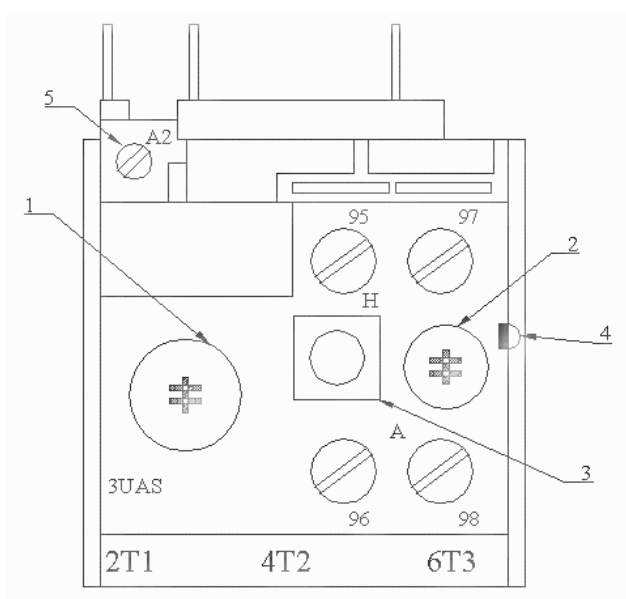


Fig. 05

Colocação em funcionamento e indicações para operação:

1. Ajustar a escala à corrente nominal da carga.
2. Botão de destravação (azul):

Antes de por o relé em funcionamento, pressionar o botão de destravação. O contato auxiliar é ajustado pela fábrica para religamento manual (com bloqueio contra religamento automático). Comutação para religamento automático: premer o botão de destravação e girá-lo no sentido anti-horário, até o encosto, da posição H (manual) para A (automático).

3. Botão " Desliga" (vermelho). O contato auxiliar abridor será aberto manualmente, se for apertado este botão.
4. Indicador Lig./Desl - (verde). Se o relé estiver ajustado para religamento manual, um indicador verde sobressairá da capa frontal se ocorrer o disparo (desligamento) do relé. Para religar o relé, premer o botão de destravação. Na posição "automático", não há indicação.
5. Terminal para bobina do contator, A2.

1. Material Utilizado
2. Parte Prática
3. Diagrama Principal e comando

Diagrama Principal

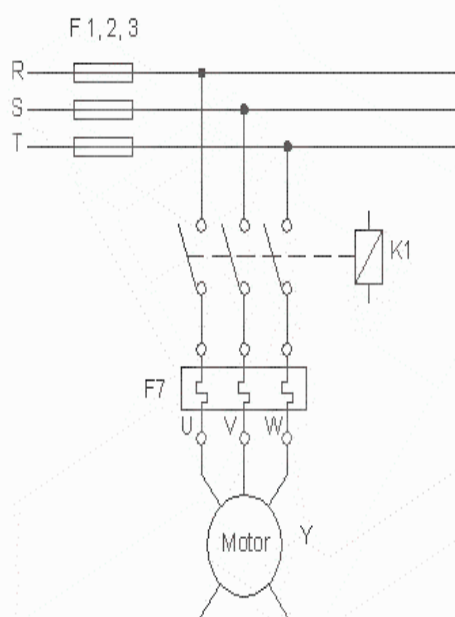
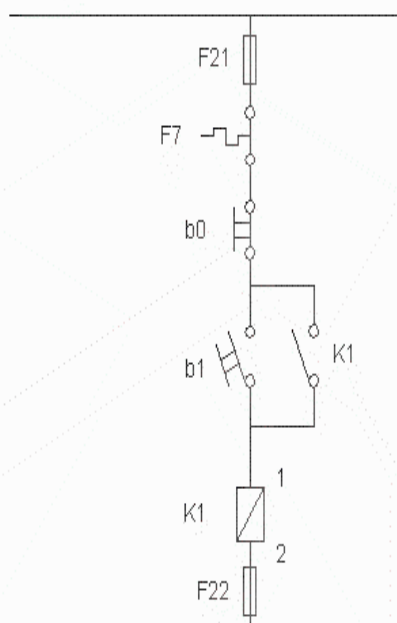


Diagrama de Comando



CARGA TRIFÁSICA EM ESTRELA E TRIÂNGULO

Um sistema trifásico (3) é uma combinação de três sistemas monofásicos.

O gerador ou alternador produz três tensões iguais, mas defasadas 120° com as demais.

As três fases de um sistema 3 podem ser ligados de duas formas: em estrela (Y) ou triângulo (T).

Uma carga equilibrada tem a mesma impedância em cada enrolamento.

MOTOR MONOFÁSICO

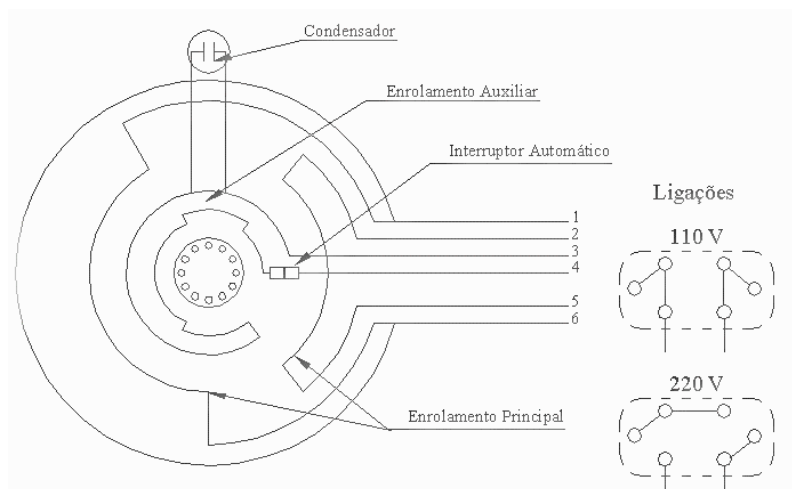
1. Objetivo

Aplicação do motor monofásico.

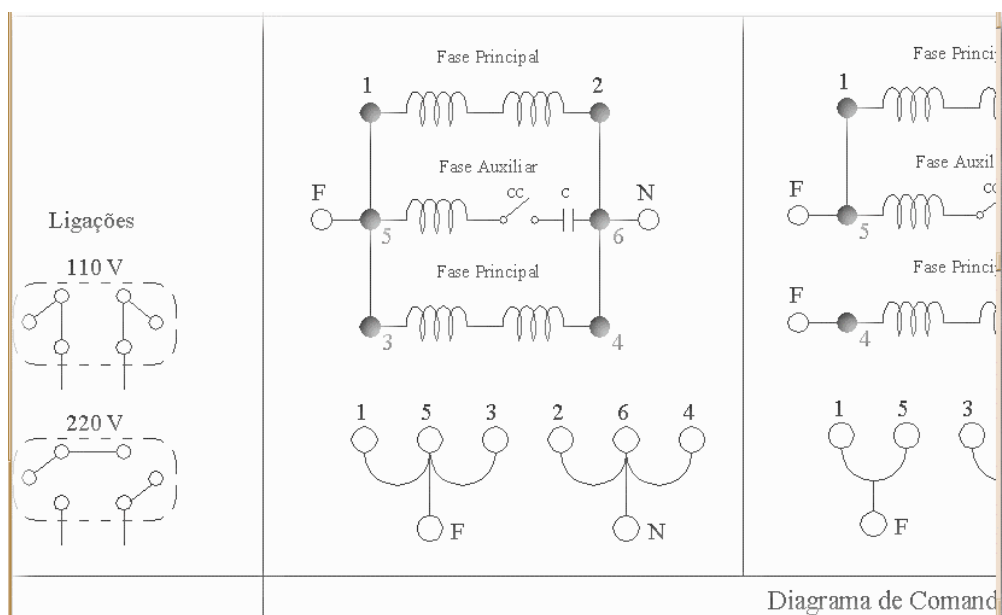
2. Introdução Teórica

Devido ao baixo preço e a robustez de um motor de indução, sua aplicação faz necessário onde há uma rede elétrica trifásica, para produzir um campo magnético rotativo são motores de pequenas potência com ligação monofásica a dos fios. A partida é dada por meio de um enrolamento auxiliar ao qual é ligado um capacitor em série, que provoca um defasamento da corrente, fazendo o motor funcionar como bifásico. Um dispositivo centrífugo desliga o enrolamento auxiliar após ter atingido uma certa velocidade.

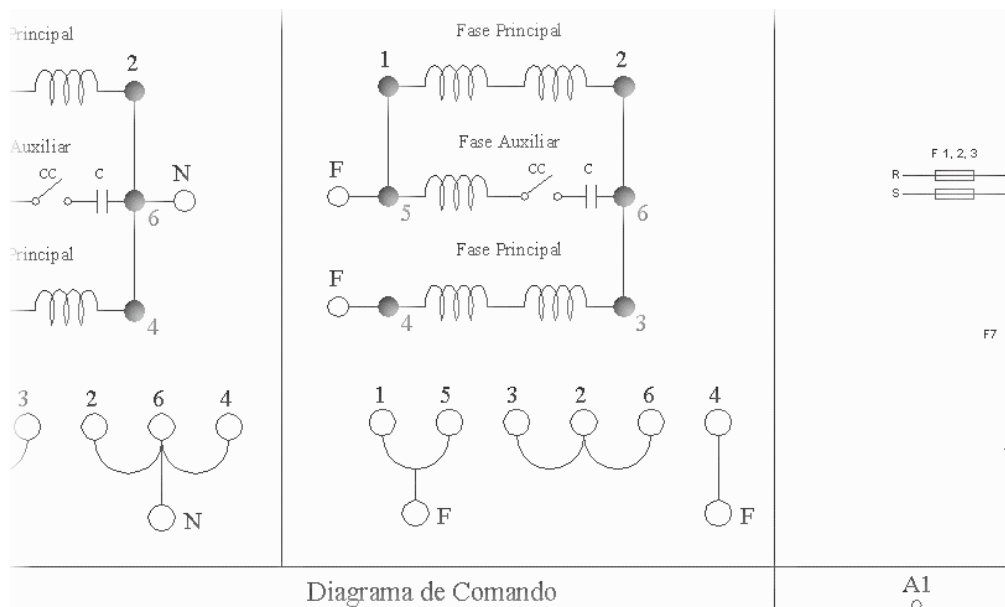
A inversão do sentido de rotação do motor monofásico, ocorre quando as ligações do enrolamento auxiliar são invertidas, trocando o terminal número 6 pelo número 5, conforme esquema.



3. Esquema Motor Monofásico em 110 volts



4. Esquema Motor Monofásico em 220 volts



LIGAÇÃO CONSECUTIVA AUTOMÁTICA DE MOTORES

1. Objetivo

Ligar o motor M1 e após um determinado tempo, acionar o motor M2 utilizando um relé temporizado.

2. Introdução Teórica

Na ligação subsequente de motores, podemos acionar uma esteira, ponte rolante ou um sistema automático industrial, afim de desenvolver um produto determinado.

No caso de uma esteira o acionamento é dado por três motores M1, M2, M3. Se um dos motores é desligado por exemplo, devido a sobrecarga, todos motores à frente deste, no sentido de condução, serão desligados; é interrompido o fornecimento de carga à esteira, enquanto os motores montados anteriormente continuam a funcionar, transportando a carga até o descarregamento desta esteira. (fig. 01

INVERSÃO DO SENTIDO DE ROTACÃO

1. Objetivo

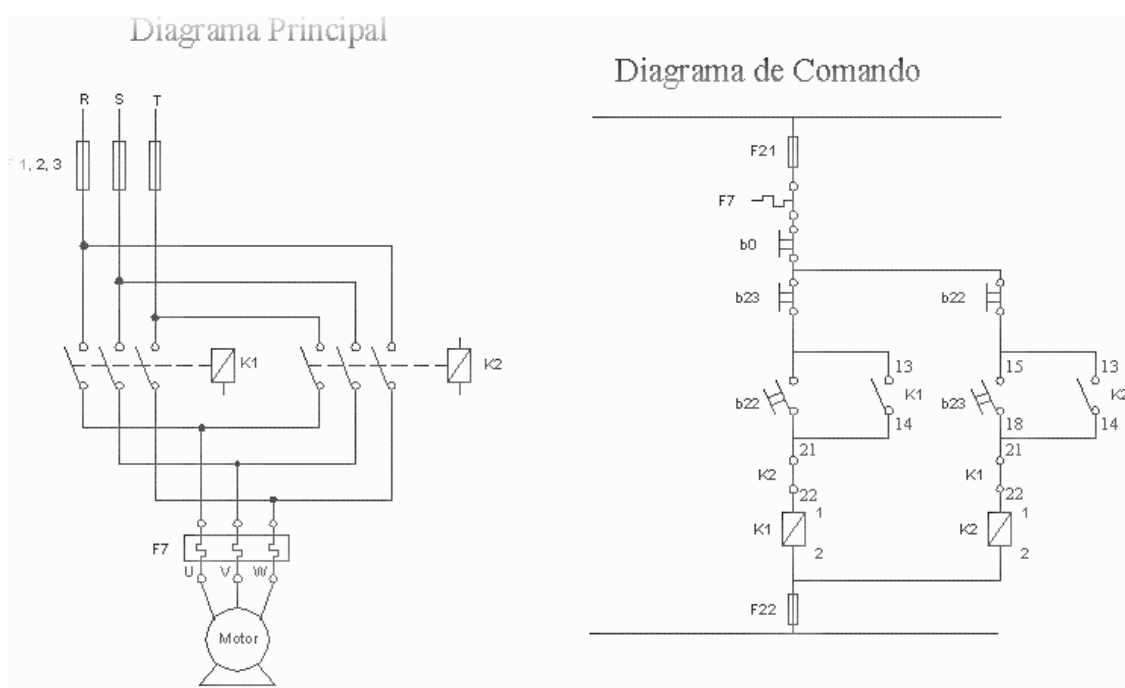
Comando de um motor nos dois sentidos de rotação.

2. Introdução Teórica

A reversão automática utilizada para motores acoplados à máquina que partem em vazio ou com carga, esta reversão pode-se dar dentro e fora do regime de partida. A sua finalidade dentro de determinados processos industriais tem-se necessidade da reversão do sentido de rotação dos motores para retrocesso do ciclo de operação, como o caso de esteira transportadora.

Os contatos para o movimento a direita e para a esquerda, estão intertravados entre si, através de seus contatos auxiliares (abridores) evitando assim curto - circuitos.

3. Diagrama Principal



LIGAÇÃO DE UM MOTOR TRIFÁSICO EM ESTRELA E TRIÂNGULO

1. Objetivo

Ligação em estrela e triângulo.

2. Introdução Teórica

Sempre que possível, a partida de um motor trifásico de gaiola, deverá ser direta, por meio de contadores. Deve ter-se em conta que para um determinado motor, as curvas de conjugados e corrente são fixas, independente da dificuldade da partida, para uma tensão constante.

Nos casos em que a corrente de partida do motor é elevada podem ocorrer as seguintes consequências prejudiciais:

- a. elevada queda de tensão no sistema da alimentação da rede. Em função disto provoca a interferência em equipamentos instalados no sistema.
- b. o sistema de proteção (cabos, contadores) deverá ser superdimensionada ocasionando um custo elevado.
- c. a imposição das concessionárias de energia elétrica que limitam a queda da tensão da rede.

Caso a partida direta não seja possível devido aos problemas citados acima, pode-se usar sistema de partida indireta para reduzir a corrente de partida.

Em alguns casos ainda, pode-se necessitar de um conjugado de partida alto, com corrente de partida baixa, deve-se neste caso escolher um motor de anéis.

1. Partida de Motores com Chave Estrela - Triângulo .

É fundamental para a partida com a chave estrela - triângulo que o motor tenha a possibilidade de ligação em dupla tensão, ou seja, em 220 / 380V , em 380/660V ou 440/760V . Os motores deverão ter no mínimo 6 bornes de ligação. A partida estrela- triângulo poderá ser usada quando a curva de conjugados do motor é suficientemente elevada para poder garantir a aceleração da máquina com a corrente de partida na ligação - triângulo. Também a curva do conjugado é reduzida na mesma proporção.

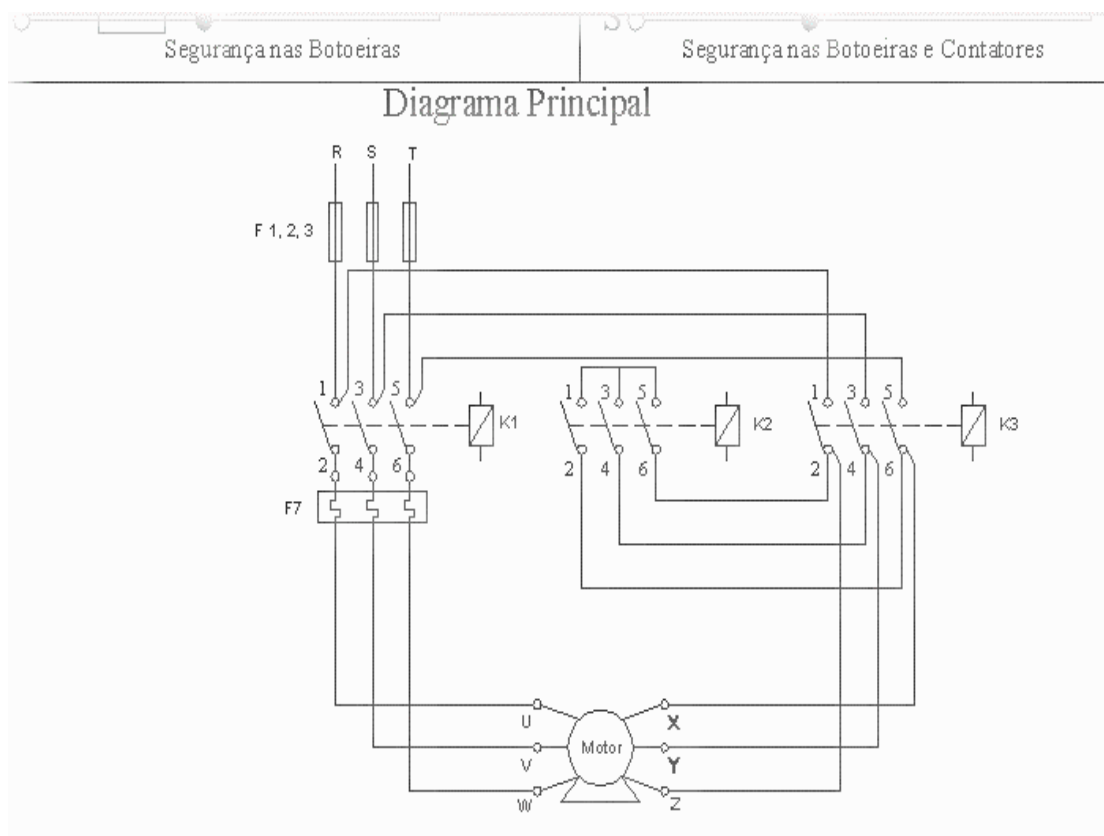
Por este motivo, sempre que for necessário uma partida estrela - triângulo, deverá ser usado um motor com curva de conjugado elevado.

Antes de se decidir por uma partida estrela- triângulo, será necessário verificar se o conjugado de partida será suficiente para operar máquina. O conjugado resistente da carga não poderá ultrapassar o conjugado de partida do motor (veja figura 2.4), nem a corrente no instante da mudança para triângulos poderá ser de valor inaceitável. Existem casos onde este sistema de partida não pode ser usado, conforme demonstra a figura 2.5.

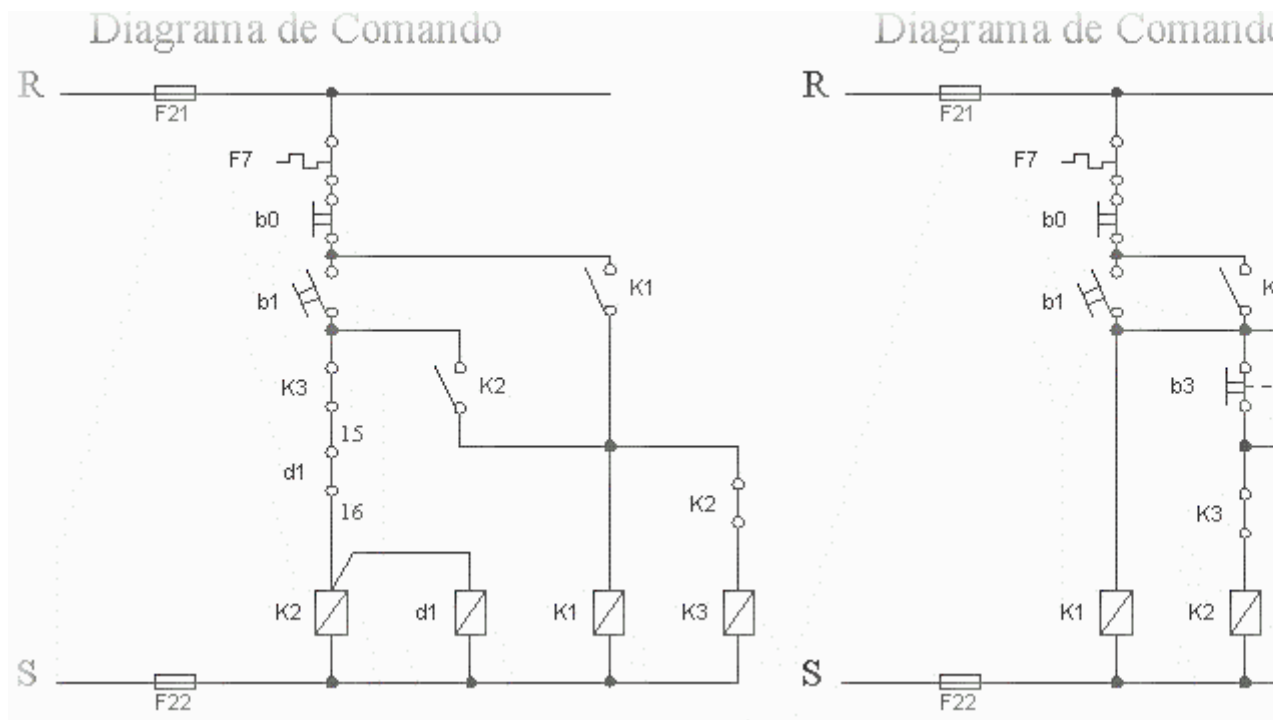
Se a partida for em estrela, o motor acelera a carga até a velocidade, ou aproximadamente até 85% da rotação nominal. Neste ponto, a chave deverá ser ligada em triângulo.

Neste caso, a corrente, que era de aproximadamente a nominal, ou seja, 100%, salta repentinamente para 320%, o que não é nenhuma vantagem, uma vez que na partida era de somente 190%.

2. Diagrama Principal



3. Diagrama de Comando



COMANDO AUTOMÁTICO PARA DUAS VELOCIDADES (DAHLANDER)

1. Objetivo

- diagrama de comando
- variação de velocidade

2. Introdução Teórica

Variação de velocidade do motor

Consegue-se variar a velocidade de rotação quando se trata de um motor de rotor bobinado.

Pode-se lançar mão de varias soluções para variar a velocidade do motor.

As mais comuns são:

- Variação da intensidade rotórica da corrente, de modo a se obter variação no desligamento. A energia correspondente ao deslizamento é recuperada e devolvida à rede após retornarem as características de ondulação na frequência da rede, o que é conseguido com o emprego de uma ponte de tiristores;

- Variação da frequência da corrente;

- Introdução de resistências externas ao rotor (reostato divisor de tensão) para motores de pequena potência.
-

Escolha do Motor

Para a escolha do motor pode-se observar o que indicam as tabelas 6.2. e 6.3.

TABELA 6.2. - Escolha do motor levando em conta a velocidade.

	Corrente alternada	Corrente contínua
Velocidade aproximadamente constante, desde a carga zero até a plena carga.	Motor de Indução síncrono	Motor Shunt
Velocidade semi-constante da carga zero até a plena carga	Motor de indução com elevada resistência do rotor	Motor Compound
Velocidade decrescente com o aumento de carga	Motor de indução com a resistência do rotor ajustável	Motor Série

TABELA 6.3 - Características e Aplicações de Vários Tipos de Motor

Tipo	Velocidade	Conjugado de Partida	Emprego
Motor de Indução de Gaiola, Trifásico	Aproximadamente constante	Conjugado baixo, corrente elevada	Bombas, ventiladores, máquinas e ferramentas
Motor de Indução de Gaiola com elevado Deslizamento	Decresce rapidamente com a carga	Conjugado maior do que o do caso anterior	Pequenos guinchos, pontes rolantes, serras etc.
Motor Rotor Bobinado	Com a resistência de partida desligada, semelhante ao primeiro caso. Com a resistência inserida, a velocidade pode ser ajustada a qualquer valor, embora com sacrifício do rendimento.	Conjugado maior do que os dos casos anteriores	Compressores de ar, guinchos, pontes rolantes, elevadores etc.

Diagrama Principal

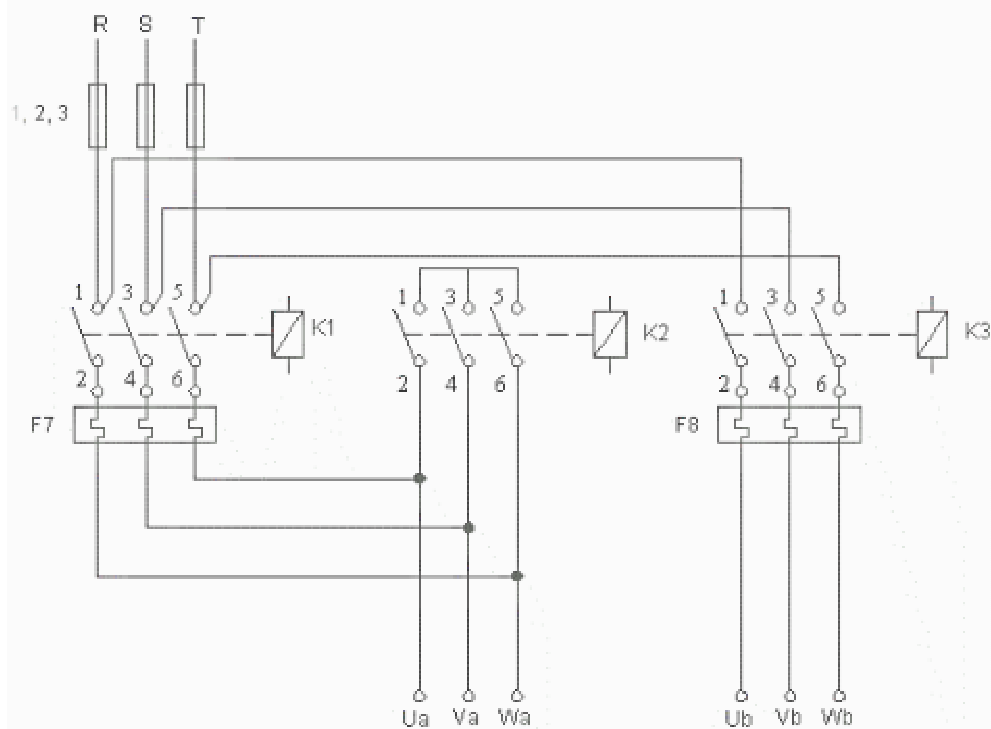


Diagrama de Comando

