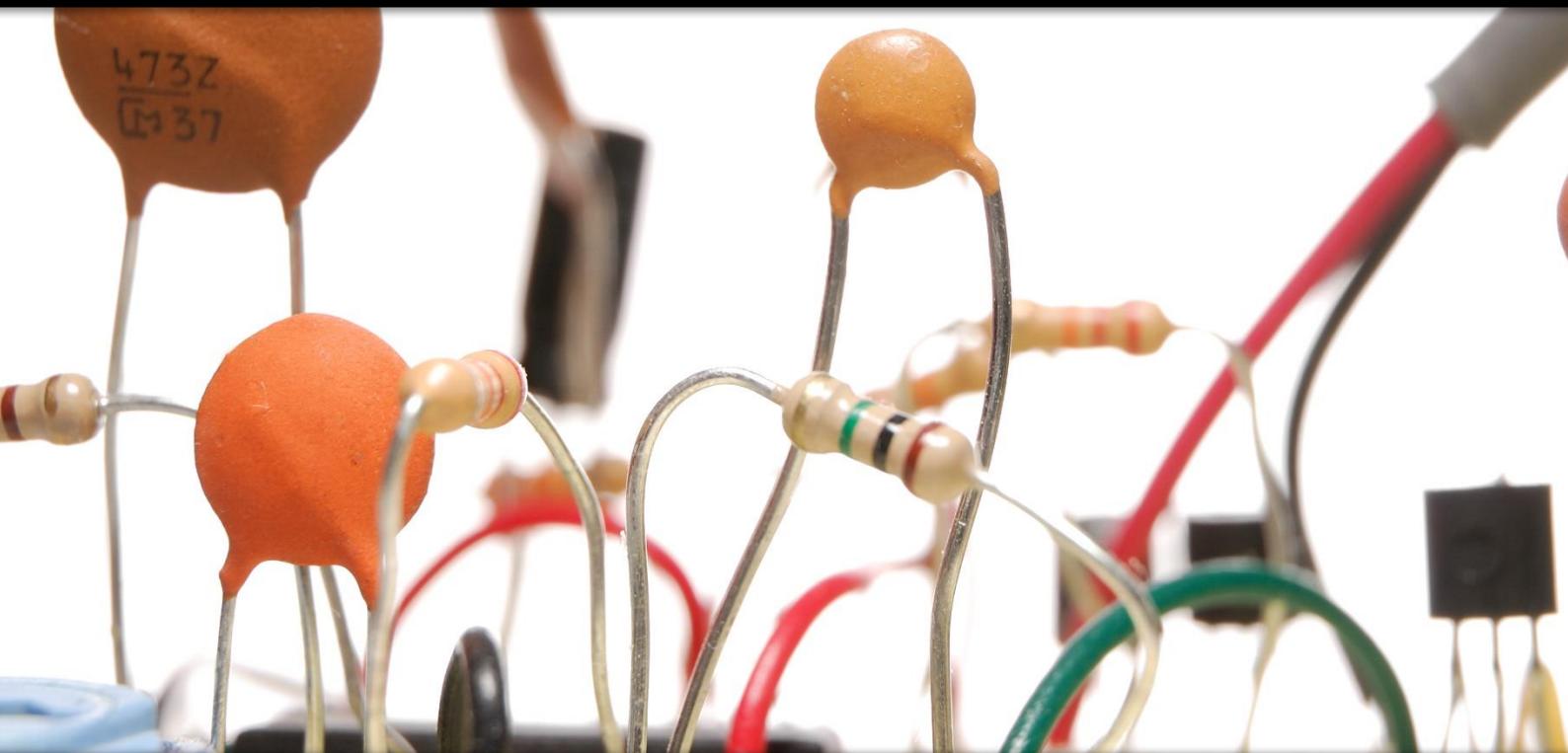




CURSOS

## ELETRÔNICA FÁCIL

**APRENDER ELETRÔNICA É MAIS FÁCIL DO QUE PARECE!**



## SEU CURSO ONLINE COMPLETO DE **ELETRÔNICA**

• DICAS INÉDITAS 

• BÔNUS EXCLUSIVOS 

• FORUM DE DEBATE 

**CURSO COM CERTIFICADO!**





**CURSOS**  
**ELETRÔNICA FÁCIL**

**Cursos Eletrônica Fácil, sua escola online!**

[www.cursoeletronicafacil.com.br](http://www.cursoeletronicafacil.com.br)

# Apresentação

O mundo da Eletroeletrônica é repleto de coisas magníficas, não é mesmo? O avanço tecnológico contínuo nos processos manufatureiros com a chegada da Indústria 4.0, os novos modelos de automação residencial, as maneiras diversificadas de fazer agricultura e até mesmo a mobilidade e conforto urbano, são alguns dos fatos que comprovam isso. Mas a pergunta é: O quanto você está preparado para ser esse novo modelo de profissional? Já parou para pensar no quanto as formas de produzir vão mudar e, consequentemente o modelo de colaborador do futuro será totalmente outro? No entanto, uma coisa é certa, a Eletrônica estará presente em tudo que se pode imaginar.

Com o Curso de Eletrônica Fácil você consegue se destacar aprendendo de uma forma dinâmica, e aqui levamos a sério o aprendizado, na prática! Se você é um entusiasta, técnico, engenheiro ou autodidata em busca por aprendizado “Mão na Massa”, certamente, aqui é o seu lugar! Esse e-Book foi desenvolvido visando estabelecer um apoio didático, consulta de informações teóricas e as listas de exercícios pertinentes à cada módulo de estudo. É um material exclusivo para o curso e desenvolvido pela equipe Eletrônica Fácil.

**Eletrônica Fácil, sua escola online.**

## Um recado do autor

**C**aro aluno (a), tenho um recado importante para, você sobre boas práticas no curso e utilização desta apostila.

Os módulos aqui contidos não acompanham a sequência numérica dos vídeos da plataforma, no entanto, são posicionados de acordo com a cronologia e necessidades que surgirão ao decorrer das aulas. Não deixe de fazer os exercícios de fixação dos módulos, que estarão postados na **Área de Membros** em cada módulo que houver necessidade de exercícios de fixação.

Ah! E lembrando que você pode utilizar o grupo no WhatsApp para tirar TODAS as suas dúvidas, e mais que isso, interagir com os outros alunos também. A ideia é fazer desse momento uma experiência dinâmica e recheada de agregação de conhecimentos, habilidades e valores.

Viva essa experiência e compartilhe conhecimentos, sempre!

Bons estudos,

**Equipe Eletrônica Fácil.**

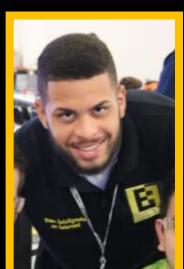


CURSOS

ELETRÔNICA FÁCIL

# SEJA MUITO BEM-VINDO (A)!

**CARO (A) ALUNO (A), TE DESEJAMOS BOAS-VINDAS  
E QUE ESTA SEJA UMA EXPIRIÊNCIA MARCANTE.**



Rodolpho C. de Oliveira

Diego Hanf

Josué Oliveira

Rodrigo Meira

SUA ESCOLA ONLINE

**CURSOS ELETRÔNICA FÁCIL**

Não esqueça de interagir no  
grupo de estudos para tirar  
suas dúvidas diretamente  
com a gente!

**Bons estudos!**

# Sumário

APRESENTAÇÃO ..... 3

UM RECADO DO AUTOR ..... 4

OS RESISTORES ..... 9

**ANTES DE TUDO, QUAL É O CONCEITO DE RESISTÊNCIA ELÉTRICA?** 10

**RESISTORES NA ELETRÔNICA** ..... 10

**QUAL É A COMPOSIÇÃO DE UM RESISTOR COMUM?** ..... 10

**COMO SÃO CLASSIFICADOS OS TIPOS DE RESISTORES?** ..... 11

**SÍMBOLOGIA COMUM DOS RESISTORES** ..... 12

**O CÓDIGO DE CORES DOS RESISTORES** ..... 12

**PADRONIZAÇÃO “E SÉRIES”** ..... 14

**CLASSE E6** ..... 14

**CLASSE E12** ..... 15

**CLASSE E24** ..... 15

**CLASSES E48 E E96** ..... 16

**RESISTORES DE 3, 5 E 6 FAIXAS? PODE ISSO?** ..... 17

**RESISTOR DE 3 FAIXAS:** ..... 17

**RESISTOR DE 5 FAIXAS:** ..... 18

**RESISTORES DE 6 FAIXAS:** ..... 18

**SOLDAGEM DE COMPONENTES ELETRÔNICOS** ..... 21

**CONHECENDO A SOLDA Sn/Pb** ..... 22

**O QUE É UM FERRO DE SOLDAR?** ..... 23

**CONHECENDO O “SUGADOR DE SOLDA”** ..... 23

**COMO FAZER UMA SOLDA DE SUCESSO? UM PASSO-A-PASSO....** 24

**MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS EM ELETRÔNICA** ..... 27

**COMO USAR OS MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS?** ..... 28

**CONVERTENDO UM SUBMÚLTIPLO** ..... 28

**CONVERTENDO UM MÚLTIPLO** ..... 29

**E OS OUTROS MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS DO S.I.?** ..... 30

**COMO USAR O PROTOBOARD?** ..... 31

**QUAIS SÃO OS TIPOS DE PROTOBOARD QUE POSSO ADQUIRIR?** ..... 32

**SOBRE OS JUMPERS CONEXÕES** ..... 33

**ENTENDENDO O FUNCIONAMENTO DO PROTOBOARD** ..... 34

**COMO MONTAR MEU CIRCUITO NO PROTOBOARD?** ..... 35

**ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES** ..... 36

**O QUE É RESISTÊNCIA EQUIVALENTE?** ..... 37

**ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE** ..... 37

**ENCONTRANDO VALORES NA ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE** ..... 38

**ASSOCIAÇÃO EM PARALELO** ..... 39

**ENCONTRANDO VALORES NA ASSOCIAÇÃO EM PARALELO** ..... 40

**ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES** ..... 41

**O QUE É TENSÃO, CORRENTE E POTÊNCIA?** ..... 44

**CORRENTE ELÉTRICA** ..... 45

**ENTENDENDO O ÁTOMO E AS CARGAS ELÉTRICAS** ..... 46

**TENSÃO ELÉTRICA** ..... 47

**FAZENDO UMA ANALOGIA** ..... 47

**POTÊNCIA ELÉTRICA** ..... 48

**CONHECENDO O QUILOWATT-HORA** ..... 49

**C.A. & C.C.** ..... 50

**CORRENTE CONTÍNUA** ..... 51

**CORRENTE CONTÍNUA EM PILHAS E BATERIAS** ..... 51

**FORMA DE ONDA CORRENTE CONTÍNUA** ..... 52

**O SENTIDO CONVENCIONAL E O SENTIDO REAL** ..... 52

**CORRENTE ALTERNADA** ..... 52

**CONHECENDO UM GERADOR DE CORRENTE ALTERNADA** ..... 53

**DEFININDO A FREQUÊNCIA ELÉTRICA** ..... 54

**LEI DE OHM** ..... 55

**ENTENDENDO A 1<sup>a</sup> LEI DE OHM** ..... 56

**O FAMOSO EFEITO JOULE** ..... 58



DEFININDO O EFEITO JOULE.....	59	RETIFICADOR ONDA COMPLETA TRAFO CENTER TAPE .....	81
EXEMPLOS DE EFEITO JOULE NO DIA-A-DIA .....	59	RETIFICADOR ONDA COMPLETA EM PONTE .....	82
A MATEMÁTICA BÁSICA DO EFEITO JOULE .....	60		
<u>2<sup>a</sup> LEI DE KIRCHHOFF .....</u>	<u>61</u>	<u>REGULADORES DE TENSÃO FIXA .....</u>	<u>83</u>
LEI DAS MALHAS OU LEI DAS TENSÕES .....	62	REGULADORES FAMÍLIA 78XX.....	84
O QUE É UMA MALHA? .....	62	ENCONTRANDO OS VALORES .....	85
DEFININDO A 2 <sup>a</sup> LEI DE KIRCHHOFF.....	63	POTÊNCIA DISSIPADA.....	85
		QUEDA DE TENSÃO DE ENTRADA .....	85
<u>1<sup>a</sup> LEI DE KIRCHHOFF .....</u>	<u>64</u>	POTÊNCIA DISSIPADA.....	86
		SOBRE OS CAPACITORES ANTIRRÚÍDOS.....	86
LEI DAS CORRENTES OU LEI DOS Nós .....	65	<u>OS FAMOSOS CAPACITORES .....</u>	<u>87</u>
O QUE É UM NÓ? .....	65	SÍMBOLOGIA X CLASSIFICAÇÃO X UNIDADE DE MEDIDA .....	88
DEFININDO A 1 <sup>a</sup> LEI DE KIRCHHOFF.....	65	CAPACITÂNCIA.....	88
APLICANDO AS LEIS DE KIRCHHOFF.....	66	CONSTRUÇÃO FÍSICA X FUNCIONAMENTO.....	89
		CAPACITORES DE DISCO CERÂMICO .....	89
<u>TRANSFORMADORES .....</u>	<u>68</u>	LEITURA DOS CAPACITORES CERÂMICOS DE DISCO .....	90
		LEITURA DOS CAPACITORES DE POLIÉSTER.....	90
CONHECENDO A CONSTRUÇÃO DO TRAFO .....	69	EXEMPLO DE CODIFICAÇÕES: .....	91
CONHECENDO OS TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS.....	71	CARGA E DESCARGA DE UM CAPACITOR .....	92
OS TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS E AS ALTAS TENSÕES DE TRABALHO .....	71	ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES .....	92
		ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE .....	93
<u>DIODOS SEMICONDUTORES .....</u>	<u>73</u>	ASSOCIAÇÃO EM PARALELO.....	93
		ASSOCIAÇÃO MISTA.....	94
MATERIAIS SEMICONDUTORES .....	74	<u>FILTRO CAPACITIVO E ESTABILIZADOR DE TENSÃO....</u>	<u>95</u>
DOPAGEM, FORMANDO CRISTais P e N.....	74		
CRISTAL TIPO N .....	75	TENSÃO DE ONDULAÇÃO .....	96
CRISTAL TIPO P .....	75	O CAPACITOR DE FILTRO.....	97
FORMAÇÃO DO DIODO: JUNÇÃO PN .....	76	CALCULANDO O CAPACITOR DE FILTRO .....	98
IDENTIFICAÇÃO E SÍMBOLOGIA DO DIODO .....	77		
POLARIZAÇÃO DIRETA .....	77	<u>REGULADOR DE TENSÃO AJUSTÁVEL.....</u>	<u>99</u>
POLARIZAÇÃO REVERSA .....	77		
TESTANDO O DIODO .....	78	FALANDO DE PINAGEM .....	100
		CIRCUITO X FUNCIONAMENTO X TENSÃO DE SAÍDA.....	100
<u>CIRCUITOS RETIFICADORES .....</u>	<u>79</u>		
		<u>CI CD4069 .....</u>	<u>102</u>
RETIFICADOR MEIA ONDA.....	80		
	81		

A PORTA LÓGICA INVERSORA .....	103	COMO ACONTECE O CONTROLE DE CORRENTE NO TRANSISTOR? .....	127
O CI 4069 .....	103	SOBRE O GANHO DE CORRENTE NO TRANSISTOR.....	128
PINAGEM .....	104	OS TIPOS DE ARRANJOS DO TRANSISTOR TJB .....	129
LIMITES DE OPERAÇÃO.....	104		
 <b>AMPLIFICADOR OPERACIONAL.....</b>	 <b>105</b>	 <b>LM35 .....</b>	 <b>131</b>
 O FUNCIONAMENTO DO AMPLIFICADOR OPERACIONAL .....	 106	 CONHECENDO O LM35 .....	 132
CONHECENDO UM AMPLIFICADOR IDEAL.....	107	PINAGEM PACKGE TO-92 .....	133
CONHECENDO UM AMPLIFICADOR REAL.....	107	LIMITES DE OPERAÇÃO DO LM35.....	133
POLARIZAÇÃO DO AMPLIFICADOR OPERACIONAL .....	109	COMPROVANDO A RELAÇÃO TEMPERATURA X MV .....	133
CIRCUITOS BÁSICOS E CONFIGURAÇÕES.....	110	 <b>LM3914 .....</b>	 <b>135</b>
AMPLIFICADOR NÃO INVÉRSOR .....	112	 CONHECENDO O LM3914.....	 136
AMPLIFICADOR SOMADOR .....	113	SOBRE O CIRCUITO INTEGRADO LM3914.....	136
COMPARADOR.....	113	ENTENDENDO O FUNCIONAMENTO DO CI.....	137
 <b>RELÉ .....</b>	 <b>115</b>	EXPLICANDO A REFERÊNCIA DE TENSÃO .....	138
 SOBRE OS RELÉS.....	 116	CORRENTE EM CADA LED.....	139
QUAL A COMPOSIÇÃO BÁSICA DE UM RELÉ? .....	116	COMO SELECIONAR MODO DE OPERAÇÃO? .....	139
BOBINA.....	116	 <b>PROPOSTA DE PROJETO.....</b>	 <b>140</b>
CIRCUITO MAGNÉTICO.....	117	 TEMOS UMA PROPOSTA PARA VOCÊ! .....	 141
CONTATOS.....	117		
VALORES DE DIMENSIONAMENTO DE UM RELÉ .....	117		
FALANDO SOBRE OS CONTATOS .....	118		
O CIRCUITO DE ACIONAMENTO DE UM RELÉ.....	119		
O DIODO NOS CIRCUITOS COM RELÉS .....	119		
 <b>TRANSISTOR NPN E PNP I .....</b>	 <b>121</b>		
 CONSTRUÇÃO FÍSICA DO TRANSISTOR TJB.....	 122		
DIFERENCIANDO OS TIPOS DE TRANSISTORES .....	122		
OS TERMINAIS DE UM TRANSISTOR.....	123		
FALANDO DE SIMBOLOGIA.....	123		
APARÊNCIA DOS TRANSISTORES .....	124		
PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO TRANSISTOR BIPOLAR .....	124		
CORRENTE DA BASE .....	125		
CORRENTE DO COLETOR .....	126		
CORRENTE DO EMISSOR.....	127		



# Os resistores

UM ASSUNTO FUNDAMENTAL NA ELETRÔNICA

I

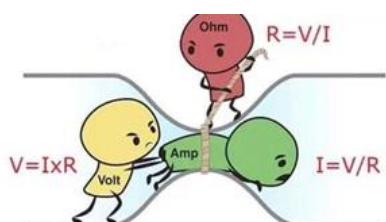


CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

## Antes de tudo, qual é o conceito de resistência elétrica?

Pode-se definir resistência elétrica como a **capacidade de um corpo de se opor a passagem dos elétrons**, ou seja, quanto maior for a resistência do material, maior vai ser a dificuldade dos elétrons em fluir (**resistividade elétrica** é a **resistência específica de cada material, fique atento para não confundir**).

Esse fenômeno, chamado de resistência elétrica, tem como unidade de



medida o **Ohm [ $\Omega$ ]**, em homenagem ao grande físico alemão **George Simon Ohm**. A resistência elétrica é a relação  $R = \frac{V}{I}$  (tensão elétrica  $\div$  corrente elétrica), mas isso é assunto para outro módulo.

Figura 1 - Lei de Ohm <[build-electronic-circuits.com](http://build-electronic-circuits.com/)>

## Resistores na eletrônica

Os resistores são, nada mais nada menos, do que **resistências elétricas**. Esses componentes elétricos **têm como função principal se opor ao fluxo ordenado dos elétrons em um condutor**, ou seja, ele limita a passagem de eletricidade oferecendo uma resistência ao fluxo da corrente elétrica. Essa oposição resulta em um dos efeitos mais importantes da eletricidade: a transformação de energia elétrica em energia térmica, que como veremos adiante, denomina-se **Efeito Joule**.

## Qual é a composição de um resistor comum?

A composição física dos resistores precisa atender algumas condições de trabalho das quais são expostos, como: trabalhar em **altas temperaturas** e resistir esse calor **sem alterar sua estrutura físico-química**. Um dos resistores mais comuns, e que por sinal é o modelo que mais vamos trabalhar no curso, tem o seguinte modelo de construção:

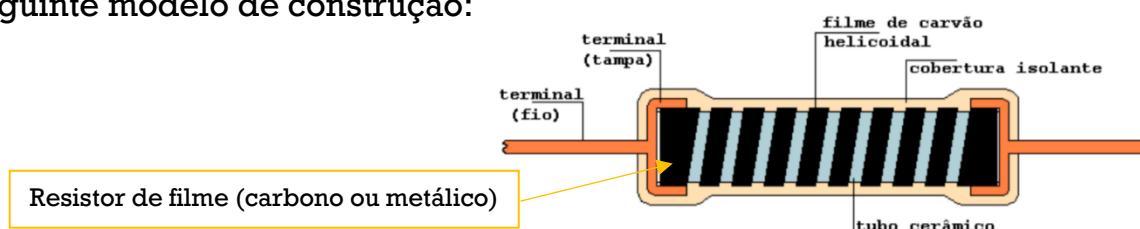


Figura 2 - Composição interna de um resistor tipo PTH <[docsity.com](http://docsity.com/)>

## Como são classificados os tipos de resistores?

Os resistores são classificados em três grandes grupos, sendo eles:

- **Resistores fixos:** como o próprio nome já diz, possuem um **valor de resistência fixo** e são encontrados em grande quantidade nos mais variados modelos de circuitos eletrônicos e eletroeletrônicos. Possuem baixo custo e são identificados através de um **código de cores** (para modelos PTH).



Figura 3 – Resistores PTH  
<mercadolivre.com>

- **Resistores variáveis:** esse tipo de resistor possui uma resistência variável, essa variação depende da **interação humana**. Eles podem ser ligados de duas formas diferentes em um circuito, como **potenciômetro** (regula a tensão) e como **reostato** (regula a corrente). São componentes importantes nos circuitos para variar velocidade, luminosidade, temperatura etc.

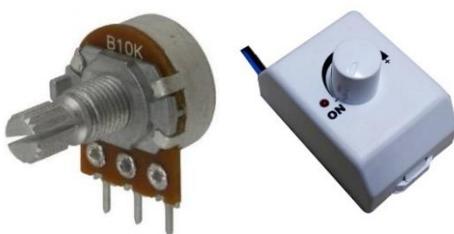


Figura 4 – Resistores variáveis <athoselectronics.com>

- **Resistores Ajustáveis:** a resistência varia de acordo com os **ajustes feitos pelo autor do projeto**, geralmente utilizando do auxílio de ferramentas. Esse modelo de resistor é usado para calibrar, ajustar e determinar um valor de



Figura 5 – Trimpot <casadoresistor.com.br/>

resistência que fará com que circuitos eletrônicos funcionem conforme o esperado, não necessitando de mudança constante. Um exemplo clássico de resistor ajustável é o **trimpot**.

Na placa Eletrônica abaixo, que tem como aplicação o controle automatizado de portões, é possível verificar que existem inúmeros trimpots para ajustes no funcionamento do controle do portão, na PCB eles são chamados de “**PAUSA**”, “**TORQUE**” e “**RAMPA**”. Vale a pena ressaltar que, uma vez ajustados estes

trimpots, dificilmente este ajuste será mudado constantemente, isso porque os parâmetros de funcionamento já foram determinados e calibrados no projeto.

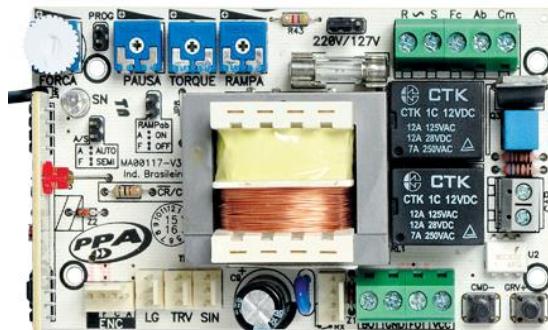


Figura 6 – Placa portão elétrico <[ppa.com.br](http://ppa.com.br)>

## Simbologia comum dos resistores

Os resistores possuem, usualmente, **2 tipos de simbologia** que podem ser encontradas facilmente em diagramas eletrônicos de circuitos. Uma regida pela norma **IEEE** e a outra pela **IEC**, veja abaixo às duas simbologias mais usadas nos resistores:



Institute of Electrical and  
Electronics Engineers



International Electrotechnical  
Commission

Figura 7 - Símbolos normalizados dos resistores <[mundodaelettrica.com.br](http://mundodaelettrica.com.br)>

Neste caso, agora que você conhece às duas simbologias normalizadas, uma com origem europeia (IEC) e outra com padrões americanos (IEEE), cabe a você estudante de eletrônica escolher um padrão e desenhar seus circuitos eletrônicos, mas vale ressaltar que **não se deve misturar os padrões**.

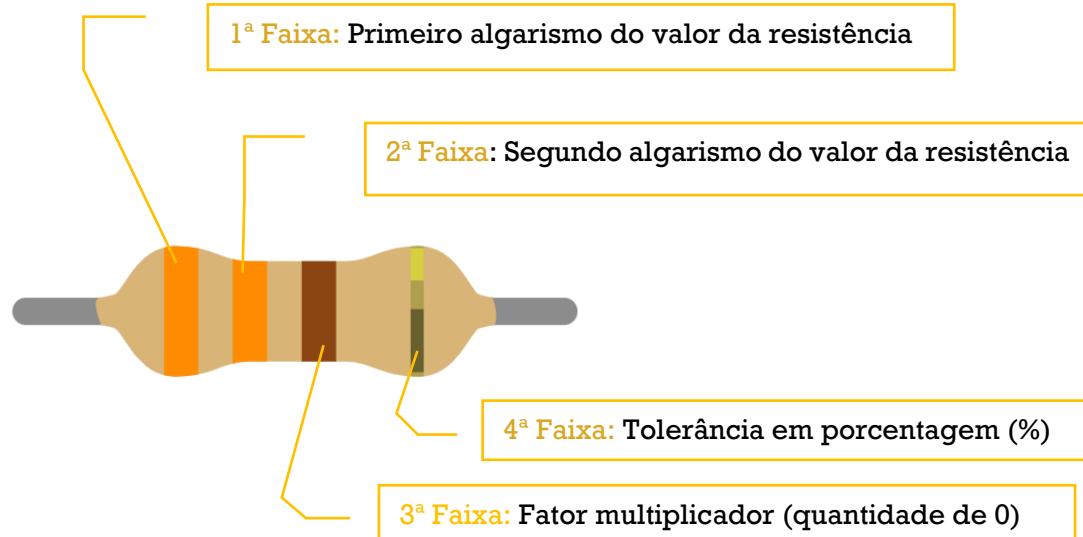
## O código de cores dos resistores

Para representar os diferentes valores de resistência oferecidos comercialmente, os **resistores eletrônicos do tipo PTH** (*terminal inserido no furo*), seguem um código de cores para identificação. Esse código de cores contempla todos os valores disponíveis para os **resistores eletrônicos de 4 e de 5 faixas**, que

são os mais utilizados. Confira o procedimento de identificação através do código de cores:

Cor	1 <sup>a</sup> Faixa	2 <sup>a</sup> Faixa	3 <sup>a</sup> Faixa	Fator Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	1xΩ	-
Marrom	1	1	1	10xΩ	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	100xΩ	+/- 2%
Laranja	3	3	3	1kxΩ	-
Amarelo	4	4	4	10kxΩ	-
Verde	5	5	5	100kxΩ	+/- 0.5%
Azul	6	6	6	1MxΩ	+/- 0.25%
Violeta	7	7	7	10MxΩ	+/- 0.1%
Cinza	8	8	8	-	+/- 0.05%
Branco	9	9	9	-	-
Dourado				x0.1Ω	+/- 5%
Prata				X0.01Ω	+/- 10%

Tabela 1 – Código de cores resistores 4 faixas - <cursodeeletronicafacil>

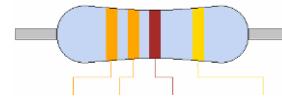


Tomando o resistor acima como exemplo podemos dizer que sua resistência é definida da seguinte maneira:

**Laranja:3**

**Laranja:3**

Os dois algarismos formam um valor



$$3 + 3 = 33$$

Em seguida aplica-se o fator de multiplicação:

**Marrom:** 10x, logo, se obtém o valor da resistência por:  $33 \cdot 10 = 330 \Omega$

## Padronização “E séries”

Por motivos de padronização, os resistores **não são encontrados em valores aleatórios**, eles são classificados segundo um sistema estabelecido pela norma **IEC 60063:1963**. Cada série está relacionada com a **tolerância** de variação na resistência que é dada em %. Um número de “Décadas” é definido para cada série, isto é, as **iniciais do resistor** em específico. Observe a tabela a seguir:

SUMMARY OF EIA PREFERRED OR STANDARD RESISTOR VALUE SERIES		
E SERIES	TOLERANCE (SIG FIGS)	NUMBER OF VALUES IN EACH DECADE
E6	20%	6
E12	10%	12
E24	5%	24
E48	2%	48
E96	1%	96
E192	0.5%, 0.25% and higher tolerances	192

Tabela 2 – Padronização E séries - <electronics-notes.com>

## Classe E6

Conforme a tabela anterior pode-se notar que a série E6 possui apenas **6 décadas disponíveis para formar os valores dos resistores**. Por exemplo: [10, 15, 22, 33, 47, 68], e a tolerância padrão para esta série é de **+20%** em relação ao valor nominal da resistência. Nesta classe, os resistores possuem 3 faixas, sendo às duas primeiras os algarismos e a terceira o fator multiplicativo, portanto, **não possui a faixa (4ª Faixa) da tolerância**.

Exemplo de resistores que atendem a **classe E6**:



Figura 8 – Exemplos de resistores classe E6

O resistor ao lado, de 5K600 Ω, **não atende** a classe E6, pois a sua década inicial, prefixo 56, não está padronizado neste tipo de resistor.



Figura 9 – Resistor inexistente

## Classe E12

A classe E12 tem como característica as tolerâncias dos resistores sempre em um valor de  **$\pm 10\%$** . Essa tolerância é representada pela cor **prata** após a faixa do fator multiplicativo, logo os resistores a partir desta classe passam a ter **4 faixas**. A classe E12 possui **12 décadas disponíveis** para formar o valor do resistor.

E12 STANDARD RESISTOR SERIES		
1.0	1.2	1.5
1.8	2.2	2.7
3.3	3.9	4.7
5.6	6.8	8.2

Tabela 3 – Série E12 - <electronics-notes.com>

Veja alguns exemplos de resistores da **classe E12**:

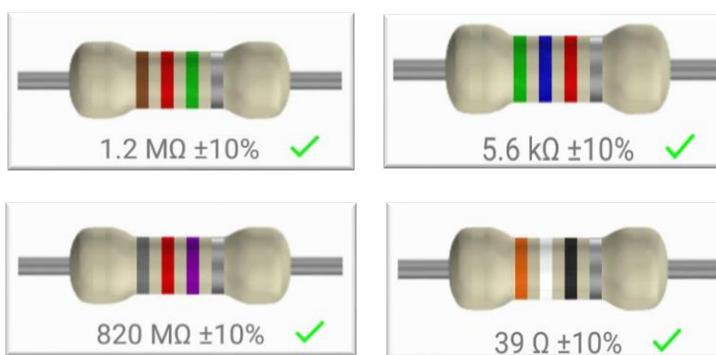


Figura 10 – Exemplos de resistores classe E12

Esses valores podem ser conferidos na **tabela 1 (código de cores)**.

## Classe E24

Com a série E24, as tolerâncias dos resistores passam a ter um valor  **$\pm 5\%$** , que por sua vez é representada pela faixa de cor **dourado**. Os resistores desta classe também possuem **4 faixas**.

A classe E24 possui **24 décadas disponíveis** para formar o valor do resistor, a imagem abaixo mostra as opções disponíveis para este tipo de classe de resistor. Esta classe possui 12 décadas a mais que a classe E12, têm-se então décadas como: 75, 43, 36, 91 das quais não estavam disponíveis nos sistemas anteriores.

Confira a tabela que representa essa classe:

E24 STANDARD RESISTOR SERIES		
1.0	1.1	1.2
1.3	1.5	1.6
1.8	2.0	2.2
2.4	2.7	3.0
3.3	3.6	3.9
4.3	4.7	5.1
5.6	6.2	6.8
7.5	8.2	9.1

Tabela 4 – Série E24 - <electronics-notes.com>

Veja alguns exemplos de resistores da **classe E24**:

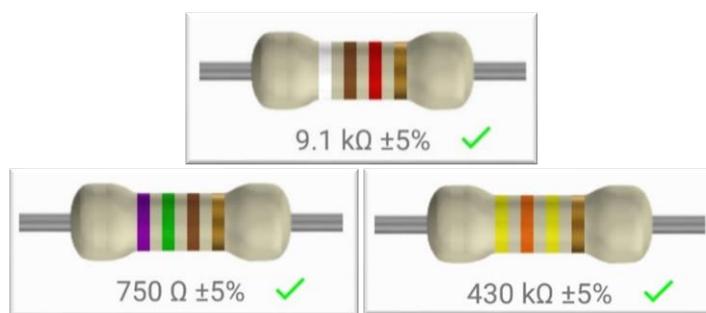


Figura 11 – Exemplos de resistores classe E24

## Classes E48 e E96

Os resistores da **classe E24** são os mais utilizados no mundo da eletrônica, isso devido ao seu baixo custo, inúmeras possibilidades de décadas e também por atender as necessidades da maioria dos circuitos eletrônicos existentes. Mas quando se tem a necessidade de uma precisão refinada e de alta fidelidade em relação ao valor ôhmico do resistor, aparecem as **classes E48**, onde os resistores terão 2% de tolerância, e **E96**, onde os resistores terão 1% de tolerância.

Esses resistores são muito usados em circuitos eletrônicos que devem ler sensores de **alta precisão**. Predominante na área de instrumentação e medição de grandezas elétricas, acoplamento de sinais de transdutores, essas classes atendem os critérios de projeto.

A cor da faixa da tolerância na classe E48 é **vermelha** e na classe E96, a faixa tem cor marrom, ambas estando após a faixa do fator multiplicativo. Os resistores destas classes possuem 5 faixas, às três primeiras sendo os três dígitos iniciais do valor ôhmico, a quarta faixa será o fator multiplicativo, e a quinta faixa, marrom (1%) ou vermelha(2%), será a da tolerância.

**A classe E48 possui 48 opções de iniciais disponíveis para formar o valor do resistor, e a E96, por consequência, 96 opções.**

E48 series (tolerance 2%)					
100	105	110	115	121	127
133	140	147	154	162	169
178	187	196	205	215	226
237	249	261	274	287	301
316	332	348	365	383	402
422	442	464	487	511	536
562	590	619	649	681	715
750	787	825	866	909	953

Tabela 5 – Série E48 - &lt;resistorguide.com&gt;

E96 series (tolerance 1%)					
100	102	105	107	110	113
115	118	121	124	127	130
133	137	140	143	147	150
154	158	162	165	169	174
178	182	187	191	196	200
205	210	215	221	226	232
237	243	249	255	261	267
274	280	287	294	301	309
316	324	332	340	348	357
365	374	383	392	402	412
422	432	442	453	464	475
487	499	511	523	536	549
562	576	590	604	619	634
649	665	681	698	715	732
750	768	787	806	825	845
866	887	909	931	953	976

Tabela 6 – Série E96 - &lt;resistorguide.com&gt;

Esses valores podem ser conferidos na *tabela 6 (código de cores)* específica para **resistores de 5 faixas**.

## Resistores de 3, 5 e 6 faixas? Pode isso?

Além dos famosos resistores de 4 faixas, que são os mais usuais na maioria das situações, temos ainda disponíveis para uso os resistores de 3, 5 e até o de 6 faixas. Mas qual é a diferença entre eles? Como decifrar seu código de cores?

Isso é bem simples pois, de forma análoga, associamos a quantidade de faixas com as informações de projeto ali contidas. Veja o que representa cada faixa existente:

### Resistor de 3 faixas:

A faixa “faltante” no modelo de 3 faixas significa que a **tolerância é definida como 20% +/-**. Então agora você já sabe, viu um resistor com apenas 3 faixas, segue

o modelo de leitura de resistência igual ao de 4 faixas, no entanto, sabendo que a variação da sua resistência é de 20%.

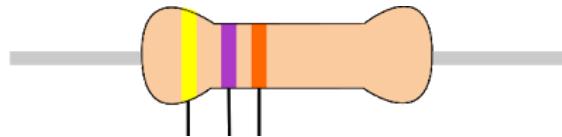


Figura 12 – Resistor de 3 faixas <[www.etelg.com.br](http://www.etelg.com.br)>

### Resistor de 5 faixas:

O resistor de 5 faixas são os famosos resistores de precisão. Conseguimos valores mais exatos e aplicáveis em projetos que exigem uma precisão e fidelidade maior quanto a resistência e variação da tolerância de acordo com a tabela:

Cor	1 <sup>a</sup> Faixa	2 <sup>a</sup> Faixa	3 <sup>a</sup> Faixa	4 <sup>a</sup> Faixa	Fator Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	0	1xΩ	-
Marrom	1	1	1	1	10xΩ	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	2	100xΩ	+/- 2%
Laranja	3	3	3	3	1kxΩ	-
Amarelo	4	4	4	4	10kxΩ	-
Verde	5	5	5	5	100kxΩ	+/- 0.5%
Azul	6	6	6	6	1MxΩ	+/- 0.25%
Violeta	7	7	7	7	10MxΩ	+/- 0.1%
Cinza	8	8	8	8	-	+/- 0.05%
Branco	9	9	9	9	-	-
Dourado					x0.1Ω	+/- 5%
Prata					X0.01Ω	+/- 10%

Tabela 7 – Tabela código de cores resistores 5 faixas <[cursoeletronicafacil.com.br](http://cursoeletronicafacil.com.br)>

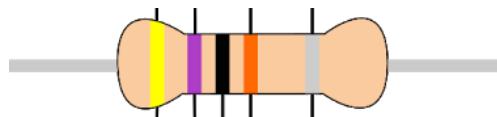


Figura 13 – Resistor de 5 faixas - <[www.etelg.com.br](http://www.etelg.com.br)>

### Resistores de 6 faixas:

Esse modelo de resistores seguem as mesmas especificações dos resistores de 5 faixas, mas adicionando a 6<sup>a</sup> faixa, que por sua vez representa o coeficiente de temperatura em PPM/°C. Mas afinal, o que é isso? Como entender esse coeficiente e o que ele representa?

### → O que é PPM/°C?

Os resistores têm sua tolerância de resistência, normalmente, classificada em porcentagem [%]. Mas o que pouca gente sabe, é que ainda há outra maneira de classificar essa tolerância, o PPM, partes por milhão. Esta é uma especificação que indica quantas partes um componente pode variar por milhão de unidades.

### → Como ler a tolerância em PPM/°C?

Digamos que temos um resistor de  $1\text{M}\Omega$ .

Um resistor de  $1\text{M}\Omega$  é um resistor que possui um código de cor marrom-preto-verde. Tem um valor nominal de  $1.000.000\Omega$ . Agora, digamos que esse resistor tenha uma especificação de partes por milhão de 5000 PPM. Isso significa que, para cada 1.000.000 ohms de resistência que esse resistor possui, a resistência pode variar até 5.000 ohms. Isso significa que esse  $1\text{M}\Omega$  pode ter uma resistência de 5000 ohms abaixo ou acima de 1.000.000 ohms, o que significa que sua resistência pode ser tão baixa quanto  $995.000\Omega$  ou tão alta quanto  $1.005.000\Omega$ , ou em algum lugar intermediário. Simples, não é?

Veja a tabela na página seguinte:

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	4ª Faixa	Fator Multiplicador	Tolerância	Coef. Temp.
Preto	0	0	0	0	$1\text{x}\Omega$	-	
Marrom	1	1	1	1	$10\text{x}\Omega$	+/- 1%	100 PPM/°C
Vermelho	2	2	2	2	$100\text{x}\Omega$	+/- 2%	50 PPM/°C
Laranja	3	3	3	3	$1\text{kx}\Omega$	-	15 PPM/°C
Amarelo	4	4	4	4	$10\text{kx}\Omega$	-	25 PPM/°C
Verde	5	5	5	5	$100\text{kx}\Omega$	+/- 0.5%	
Azul	6	6	6	6	$1\text{Mx}\Omega$	+/- 0.25%	10 PPM/°C
Violeta	7	7	7	7	$10\text{Mx}\Omega$	+/- 0.1%	5 PPM/°C
Cinza	8	8	8	8	-	+/- 0.05%	
Branco	9	9	9	9	-	-	
Dourado					$\times 0.1\Omega$	+/- 5%	
Prata					$\times 0.01\Omega$	+/- 10%	

Tabela 8 – Tabela resistores de 6 faixas <cursoeletronicafacil.com.br>



→ **Exemplificando um resistor de 6 faixas:**

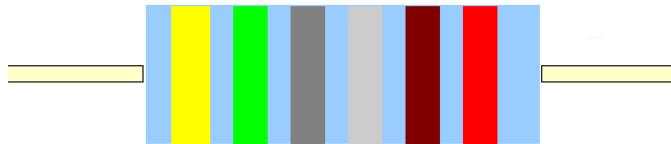


Figura 14 – Exemplo resistor de 6 faixas - <[www.etelg.com.br](http://www.etelg.com.br)>

**1<sup>a</sup> Faixa:** Amarelo = 4

**2<sup>a</sup> Faixa:** Verde = 5

**3<sup>a</sup> Faixa:** Cinza = 8

**4<sup>a</sup> Faixa Multiplicadora:** Prata = x 0,01

**Valor obtido:** 4,58 Ω

**5<sup>a</sup> Faixa Tolerância:** Marrom = ± 1% = 0,0458 Ω

Por definição, sabemos que o resistor pode variar de 4,53 Ω a 4,63 Ω de acordo com a tolerância.

**6<sup>a</sup> Faixa Coeficiente de temperatura:** Vermelho = 50 PPM/°C



# Soldagem de componentes eletrônicos

## COMO REALIZAR UMA SOLDA COM SUCESSO?

III



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Ao realizar qualquer atividade relacionada com eletroeletrônica envolvendo hardwares, a **solda eletrônica** estará sempre presente. Soldar faz parte do dia-a-dia dos curiosos, *makers* e profissionais desta área. Com as dicas deste módulo, juntamente sua dedicação e **prática**, facilmente você desenvolverá as habilidades necessárias para realizar um projeto ou até mesmo a manutenção em placas eletrônicas. Fique ligado, pois, esse módulo é essencial para a montagem dos projetos ao decorrer do curso.

## Conhecendo a solda Sn/Pb

A solda é, basicamente, composta por uma liga metálica de **estanho** e **chumbo Sn/Pb**. Em certas situações, são adicionados materiais específicos às ligas que têm particularidades em atender desafios característicos de funcionalidade, como trabalho em altas temperaturas ou alta resistência mecânica, por exemplo.

O chumbo contido na solda comum é prejudicial aos seres vivos e principalmente aos seres humanos. Quando são expostos de forma agressiva por um longo período de tempo, ou seja, trabalham constante sem proteção com a substância, podem sofrer danos irreversíveis à saúde. A maioria dos países já não aceita mais produtos eletroeletrônicos que contenham chumbo na composição da solda, como os Estados Unidos e boa parte da Europa. Foi padronizado então a solda “**lead free**” (*solda livre de chumbo*), para a produção de equipamentos e dispositivos eletroeletrônicos em quase todo o mundo.



Figura 15 – Estanho Sn/Pb - <pt.dhgate.com>

Os formatos da solda e modos de aplicação variam de acordo com cada necessidade. A mais conhecida é a solda em formato de fio, mas existem também outros tipos de solda, como a solda em esferas e o banho de solda.

A solda que vamos utilizar neste curso é a solda tradicional, usando o fio de estanho, que pode ser sem fluxo interno ou com fluxo interno. Ah! E o nosso famoso companheiro: **ferro de soldar**.

## O que é um ferro de soldar?

O ferro de soldar é a ferramenta responsável por fundir a liga Sn/Pb, ou mais conhecido como: Estanho. O ferro de soldar tem diversos modelos que atendem cada necessidade. Os modelos mais usados são: O **ferro de solda independente** e a **estação de solda**, essa pode vir com recursos adicionais como, por exemplo um soprador térmico (figura 10) Veja alguns modelos conhecidos abaixo:



Figura 16 – Ferro de solda - &lt;ncenter.com.br/&gt;



Figura 17 – Estação de solda - &lt;ncenter.com.br/&gt;

Através da aplicação do fio entre a ponta do ferro de soldar, o terminal do componente e a ilha localizada na placa, tem-se então a aplicação correta da solda. Para efeito de **preservação**, é importante manter sempre a ponta do ferro estanhada, para evitar oxidação. Vale lembrar que, se a ponta for danificada, ela pode ser substituída.



Figura 18 Pontas ferro - &lt;electronicacastro.com.br&gt;

## Conhecendo o “sugador de solda”

O sugador de solda serve para remover os excessos de solda ou até mesmo auxiliar no processo de dessoldagem, que é remover um componente já fixado.



Figura 19 – Sugador de solda

Para utilizar o sugador basta apenas pressionar a mola, aquecer o ponto que deseja remover excesso, posicionar a região de sucção e pressionar o disparo.

Quando o sugador não estiver em uso, deixar a mola em estado normal para evitar degradação do equipamento.

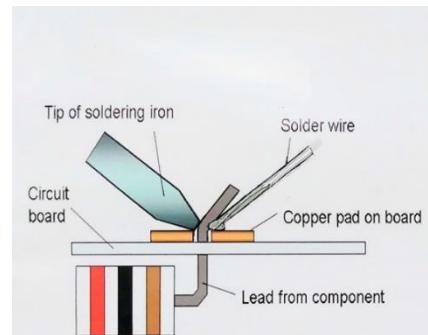


Figura 20 – Sugador <[endigital.orgfree.com](http://endigital.orgfree.com)>

## Como fazer uma solda de sucesso? Um passo-a-passo

- 1º. Antes de tudo é **imprescindível** realizar uma boa **limpeza** no local que for realizar a solda, pois quanto mais limpa estiver a placa (as *ilhas de solda*) maior será a **aderência da solda** e uma solda aderente evita mau contato. Utiliza-se comumente: **álcool isopropílico**, **escova** e **lenço para limpeza para fazer esta atividade.**



Figura 21 – Álcool <[implastec.com.br](http://implastec.com.br)>



Figura 22 – Lenço Limpeza <[implastec.com.br](http://implastec.com.br)>



Figura 23 – Escova Limpeza <[implastec.com.br](http://implastec.com.br)>

- 2º. Agora é hora de adicionar o **fluxo de solda**. Este produto elimina a **camada de óxido** (camada corrosiva) que se forma nas ilhas de cobre, conserva a placa e facilita muito o processo de soldagem. É indicado, principalmente, em situações onde a solda será realizada com estanho em **fio sem fluxo interno**. Não se esqueça de tomar **CUIDADO**, pois o fluxo é inflamável, mantenha-o distante do ferro de soldar e outros objetos que possam causar aquecimento ou faíscas.



Figura 24 – Fluxo Líquido <[implastec.com.br](http://implastec.com.br)>



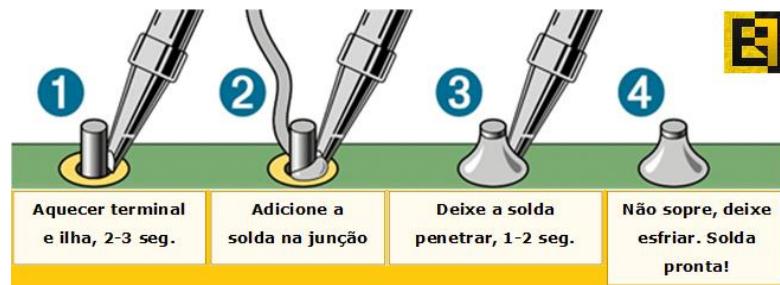
Figura 25 – Fluxo Pastoso <[baudaelectronica.com.br](http://baudaelectronica.com.br)>

**3º.** Depois de ter feito a limpeza da placa e já adicionado o fluxo de solda, é o momento de **realizar a solda**. Confira algumas dicas importantes:

I. É crucial deixar o ferro de soldar **atingir a temperatura de fusão**. É importante saber que, a temperatura de aplicação de cada solda varia de acordo com a liga (Sn/Pb), atente-se a isso;

II. Aplique **solda na ponta do ferro de soldar**, isso facilitará no processo. No entanto, evite deixar **excesso de solda na ponta**, visto que pode formar uma **gota** e esta cair sobre o circuito causando curto-circuito e, consequentemente retrabalho;

III. Siga o passo a passo para efetuar uma solda com **SUCESSO!**



IV. Sua solda não saiu como esperava? Não se preocupe! Veja quais os tipos de soldas defeituosas e **como corrigir**:



**1º Caso:** Pecou pelo excesso! Quando se utiliza um fio de estanho muito espesso para a proporção dos componentes, terminais e ilhas o excesso de solda pode acontecer, ou até mesmo quando estamos aprendendo a soldar. Mas não se preocupe, bata utilizar o sugador e remover a solda e fazê-la novamente!

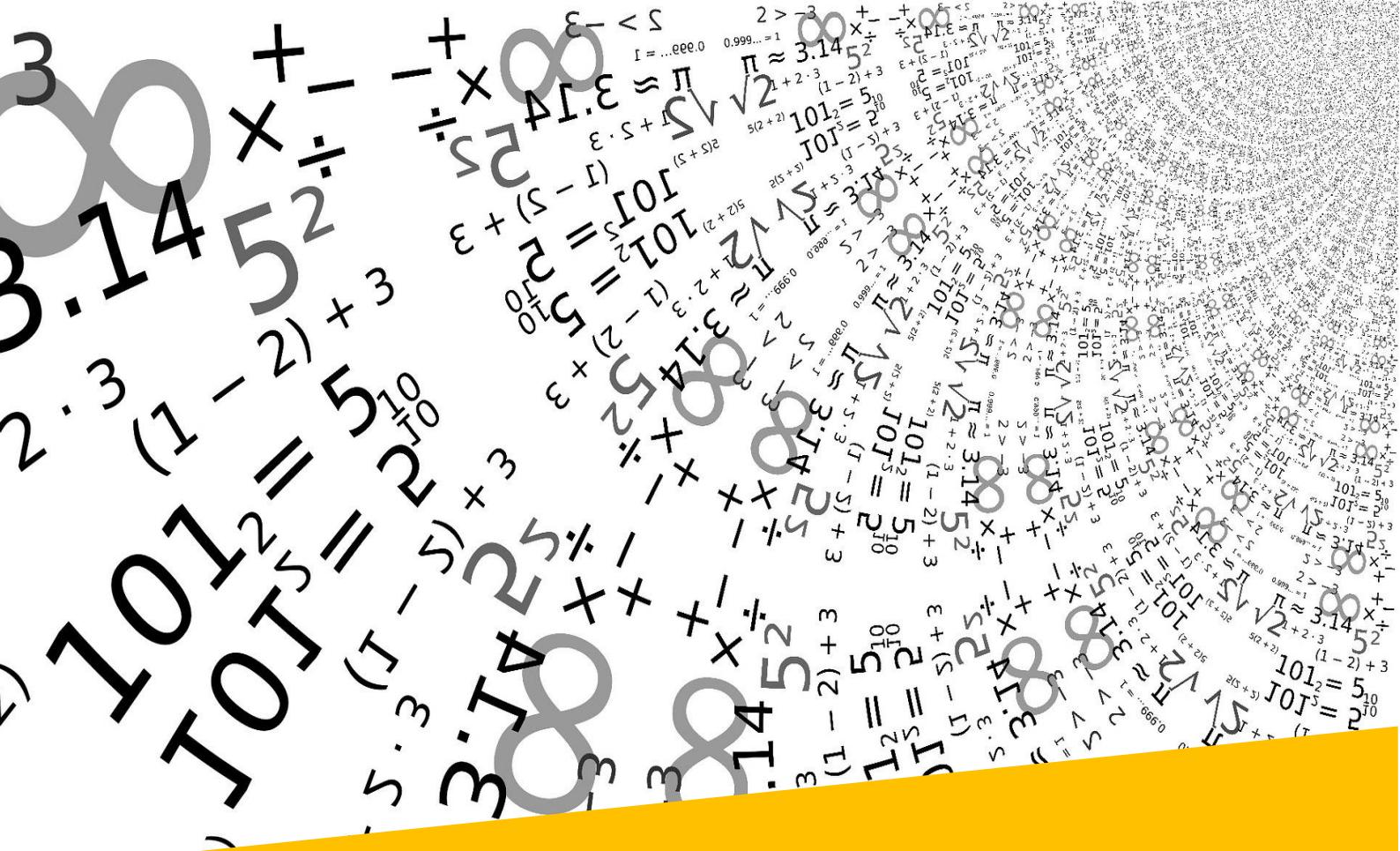
**2º Caso:** Falta adicionar solda! O ideal é que a ilha esteja preenchida totalmente. Essa falta de solda é um dos maiores responsáveis pelos maus contatos.

**3º Caso:** A solda fria é quando **não existe uma fusão perfeita entre solda, ilha e terminal do componente**. A maior causa da solda fria é a oxidação das ilhas e a oleosidade, por isso não dispense a limpeza da sua placa e utilização do fluxo de solda na hora de soldar.

**4º Caso:** Uma temperatura elevada do ferro de solda, de 400°C a 450°C também pode ser danosa ao processo de soldagem. A temperatura de soldagem varia de acordo com a liga do fio de estanho utilizado, por exemplo, a liga 60/40 ou a 63/37 que são as mais utilizadas atualmente, possuem **ponto de fusão em +/-183 °C**, porém para que a soldagem aconteça com sucesso, três pontos devem ter a mesma temperatura, o ferro de soldar, o terminal do componente e a ilha de solda, ou seja, para realizar esse aquecimento é aconselhável que a temperatura do ferro de soldar esteja entre 280°C e 330°C, com o objetivo de equilibrar termicamente os três pontos em quatro segundos aproximadamente, proporcionando uma solda de qualidade.

Para evitar uma temperatura excessiva na ponta do ferro de soldar, verifique se a tensão dele é compatível com a da fonte de energia (*tomada*), ou até mesmo, para aqueles que podem investir, vale a pena adquirir uma *estaçao de solda* onde a temperatura é regulada facilmente de acordo com a situação em questão.

**5º Caso:** Os terminais foram unidos causando um curto-circuito, e agora? Nesse tipo de situação **utiliza-se o sugador de solda** e realiza-se a solda novamente. Para evitar esse problema vale a pena adquirir um fio de estanho com uma espessura ideal para a situação.



# Múltiplos e submúltiplos em eletrônica

## SIMPLIFICANDO AS REPRESENTAÇÕES DAS GRANDEZAS

**III**



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Já imaginou representar, por exemplo, vários capacitores (assunto para os próximos módulos) de **1nF** em um circuito, mas sem o submúltiplo “nano” (n)? Ficaria: **0,000 000 001F**. Os múltiplos e submúltiplos servem para representar de uma forma simplificada os algarismos muito pequenos ou muito grandes. Analise a tabela referente ao Sistema Internacional de Unidades (SI):

<b>MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS EM ELETROELETRÔNICA</b>			
	Nome do prefixo	Símbolo Prefixo	Fator de multiplicação
<b>Múltiplos</b>	<b>tera</b>	<b>T</b>	<b><math>10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000</math></b>
	<b>giga</b>	<b>G</b>	<b><math>10^9 = 1\ 000\ 000\ 000</math></b>
	<b>mega</b>	<b>M</b>	<b><math>10^6 = 1\ 000\ 000</math></b>
	<b>quilo</b>	<b>k</b>	<b><math>10^3 = 1\ 000</math></b>
<b>UNIDADE</b>			
<b>Submúltiplos</b>	<b>mili</b>	<b>m</b>	<b><math>10^{-3} = 0,001</math></b>
	<b>micro</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b><math>10^{-6} = 0,000\ 001</math></b>
	<b>nano</b>	<b>n</b>	<b><math>10^{-9} = 0,000\ 000\ 001</math></b>
	<b>pico</b>	<b>p</b>	<b><math>10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001</math></b>

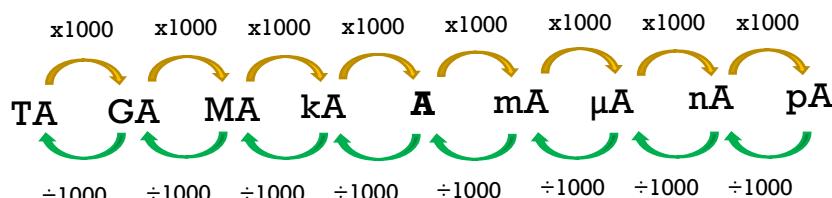
Tabela 9 – Tabela múltiplos e submúltiplos SI (Sistema Internacional de Unidades) - &lt;cursoeletronicafacil&gt;

Como podemos observar na tabela, é muito simples formar um múltiplo ou um submúltiplo. **Multiplica-se** a unidade pelo **fator correspondente** e, para representar matematicamente o valor desejado, basta apenas **adicionar o símbolo do sufixo** junto à unidade de medida em questão. Veja o exemplo:

## Como usar os múltiplos e submúltiplos?

Observando a tabela dos múltiplos e submúltiplos acima (tabela7), podemos verificar que cada unidade é 1000 vezes maior que a unidade imediatamente inferior, isto é, as sucessivas unidades variam de 1000 em 1000, ou seja, de 3 em 3 casas decimais.

## Convertendo um submúltiplo



Exemplificando o entendimento da conversão para um **submúltiplo**, do modo mostrado acima, se temos **4A** e queremos converter para  **$\mu A$** , multiplica-se 4 por 1000 e o resultado do produto por 1000, ou basta multiplicar 4 por  $10^{-6}$ .

Geralmente, utiliza-se **três métodos** mais comuns de conversão na prática, sendo eles a multiplicação ou divisão, a exponenciação ou o deslocamento da vírgula.

→ Por **multiplicação**, temos:

$$\mathbf{4A \text{ para } \mu A: 4A \cdot 1000 = 4000 \rightarrow 4000mA \cdot 1000 = 4000000\mu A}$$

→ Utilizando a **exponenciação\***:

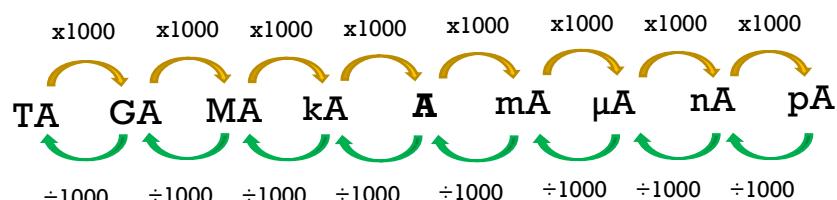
$$\mathbf{4A \text{ para } \mu A: 4A \cdot 10^{-6} = 4000000\mu A}$$

→ Utilizando o modo com o **deslocamento da vírgula**, basta apenas deslocar a vírgula com o número de casas que o múltiplo ou submúltiplo se localiza em relação à unidade em questão, no caso do  **$\mu$**  são 6, então:

**4A para  $\mu A$ :** Em 4,0 “deslocamos” a vírgula 6 casas para a direita:

$$\therefore 4000000,0$$

## Convertendo um múltiplo



Agora se quisermos converter um **múltiplo**, do mostrado acima, se temos **3GΩ** e queremos converter para **Ω**, **se divide**  $3/(1000 \times 1000 \times 1000)$  ou  $3 \times 10^9$ .

Os três métodos já mencionados podem ser aplicados para os múltiplos também, veja:

→ Por **divisão**, temos:

$$\mathbf{3G\Omega \text{ para } \Omega:} \frac{3}{(1000 \times 1000 \times 1000)} = \frac{3}{1000000000} = 0,000000003$$

→ Utilizando a **exponenciação\***:

$$\mathbf{3G\Omega \text{ para } \Omega:} 3 \div 10^9 = 0,000000003$$

→ Com o modo com o **deslocamento da vírgula**, basta apenas deslocar a vírgula com o número de casas que o múltiplo se localiza em relação à unidade (no caso do **G** são 9), então:

**3GΩ para Ω:** Em 3,0 “deslocamos” a vírgula 9 casas para a esquerda:

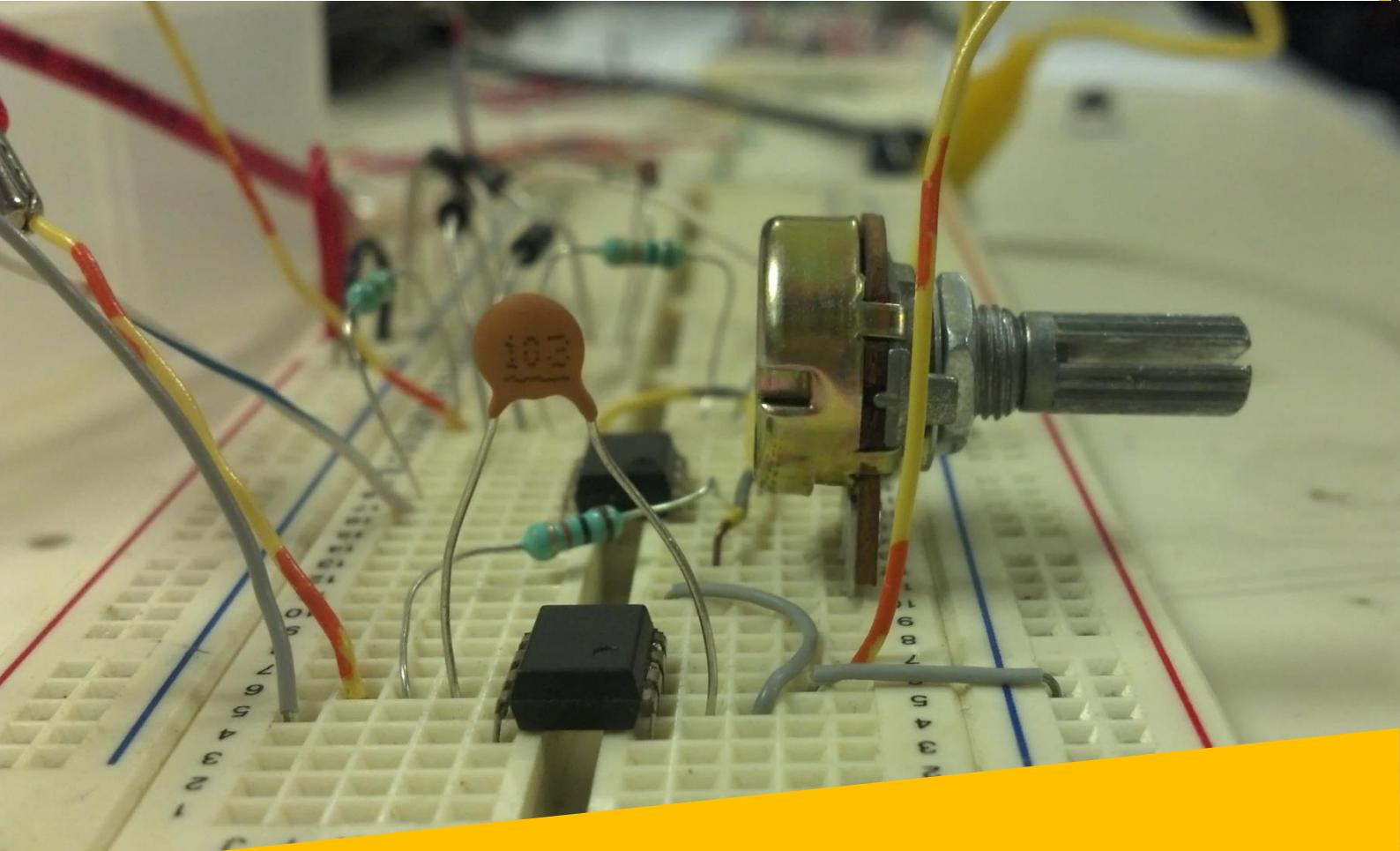
∴ 0,000000003

## E os outros múltiplos e submúltiplos do S.I.?

A questão de usualidade varia de acordo com o tipo de trabalho que se procede, por isso, é importante saber da existência da tabela completa:

Prefixo	Símbolo	Equivalentes Decimal	Potência de Base 10
<i>Yotta</i>	Y	$10^{24}$	1000000000000000000000000
<i>Zetta</i>	Z	$10^{21}$	100000000000000000000000
<i>Exa</i>	E	$10^{18}$	10000000000000000000000
<i>Peta</i>	P	$10^{15}$	1000000000000000000000
<i>Tera</i>	T	$10^{12}$	1000000000000000
<i>Giga</i>	G	$10^9$	1000000000
<i>Mega</i>	M	$10^6$	1000000
<i>Quilo</i>	k	$10^3$	1000
<i>Hecto</i>	h	$10^2$	100
<i>Deca</i>	da	$10^1$	10
<i>Nenhum</i>	<i>nenhum</i>	$10^0$	1
<i>Deci</i>	d	$10^{-1}$	0,1
<i>Centi</i>	c	$10^{-2}$	0,01
<i>Mili</i>	m	$10^{-3}$	0,001
<i>Micro</i>	μ	$10^{-6}$	0,000001
<i>Nano</i>	n	$10^{-9}$	0,000000001
<i>Pico</i>	p	$10^{-12}$	0,000000000001
<i>Femto</i>	f	$10^{-15}$	0,000000000000001
<i>Atto</i>	a	$10^{-18}$	0,00000000000000001
<i>Zepto</i>	z	$10^{-21}$	0,0000000000000000001
<i>Yocto</i>	y	$10^{-24}$	0,0000000000000000000000001

Tabela 10 – Múltiplos e submúltiplos do sistema SI



# Como usar o protoboard?

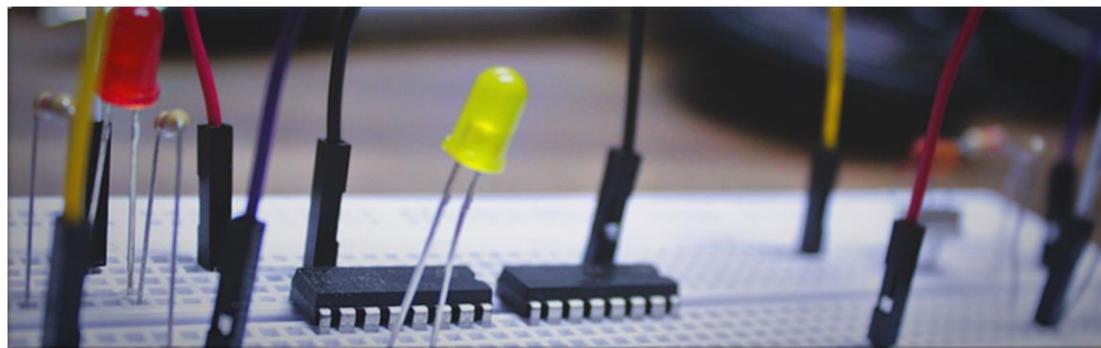
DESVENDANDO ESSA FERRAMENTA SUPER IMPORTANTE

IV



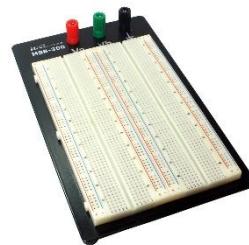
CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Como quase tudo no mundo, antes de serem postos em funcionamento pleno, os circuitos eletrônicos também precisam ser testados. E é aí que entra o protoboard, uma espécie de matriz de contato que auxilia na **elaboração** prática e **testes** dos nossos circuitos. O protoboard pode ter outros nomes, como: *matriz de contato, placa de ensaio, breadboard* etc.

Figura 28 – Protoboard, Matriz de contato <[www.robocore.net](http://www.robocore.net)>

## Quais são os tipos de protoboard que posso adquirir?

Para cada situação tem um protoboard que busca melhor atender você. Para projetos grandes e que possuem um número elevado de componentes e conexões é necessário utilizar um protoboard médio ou grande, já para um circuito menor e menos complexo em relação às conexões, recomenda-se utilizar um protoboard menor. Veja alguns exemplos que se encontra facilmente:

Figura 29 – Protoboard 380 furos <[mercadolivre.com](http://mercadolivre.com)>Figura 30 – Protoboard 1680 furos <[mercadolivre.com](http://mercadolivre.com)>Figura 31 – Protoboard 1680 furos <[mercadolivre.com](http://mercadolivre.com)>

380 Furos

1680 Furos

3260 Furos

Para pequenas conexões e circuitos utilizando os famosos *shields*, pode-se usar dos protoboard mini.

Figura 32 – Mini Protoboard <[mercadolivre.com](http://mercadolivre.com)>

Mini

## Sobre os jumpers conexões

Na maioria dos casos tem-se a necessidade de fazermos conexões via cabos entre os terminais de um componente e outro, é aí que entram os jumpers.

As conexões podem ser feitas com **qualquer material condutor**, no entanto, vale a pena adquirir os famosos **jumpers premium**, pois são duráveis e **confiáveis**. Imagina só, você monta um circuito complexo para teste e ele apresenta um defeito, defeito este que te faz pensar que é uma falha de programação ou até mesmo um erro seu, mas no final das contas é só um cabo que estava rompido internamente? Então, por esse e outros motivos, os jumpers são testados antes da venda e com um bom armazenamento e cuidados do usuário eles podem durar anos.

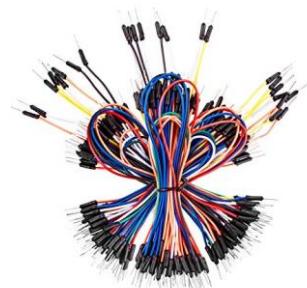
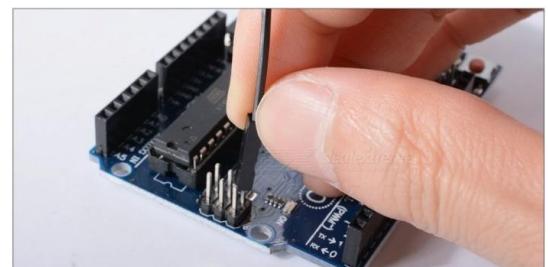


Figura 33 – Jumper Premium &lt;amazon.com&gt;



Jumper de conexão “macho”



Jumper de conexão “fêmea”

Os jumpers podem ser adquiridos nos mais diversos comprimentos e alguns modelos distintos de espessura (seção transversal, bitola). Mas não se preocupe, se você não tiver por perto um jumper premium, pode utilizar os cabinhos internos de um cabo de rede ou qualquer outro material condutor. Fique atento e teste a continuidade desses cabos para não ter problemas de mau funcionamento depois, fica a dica.

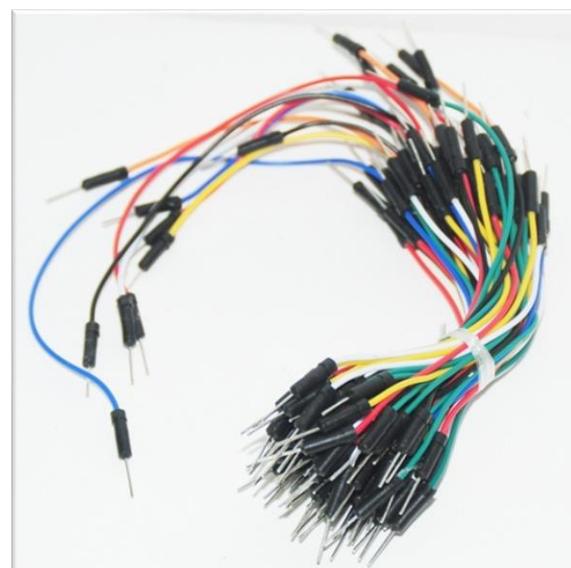
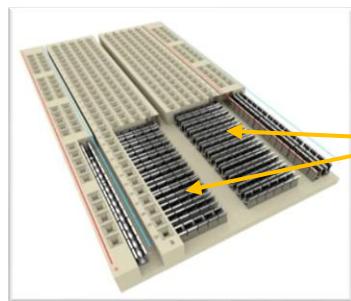


Figura 34 – Jumper Premium &lt;amazon.com&gt;

## Entendendo o funcionamento do protoboard

Internamente um protoboard possui múltiplos **barramentos metálicos em paralelo** que permitem a condutibilidade elétrica entre uma conexão e outra. Mas calma aí, porque essas conexões têm uma lógica de funcionamento, vamos entender isso de perto mais adiante.



É formado por grampos metálicos interligados de forma estratégica, onde são fixados os cabos e componentes

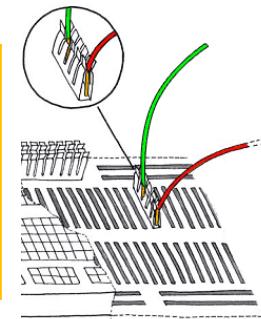


Figura 35 – Protoboard aberto <[portal.vidadesilicio.com.br](http://portal.vidadesilicio.com.br)>

Os protobards, de modo geral, têm a identificação dos seus furos definida por letras e números, funciona como se fosse uma espécie de matriz (por isso “matriz” de contato). No exemplo a seguir, as letras definem as colunas e os números definem as linhas. O protoboard possui condutibilidade elétrica entre as linhas e é isolado eletricamente entre as colunas, como mostra a Figura 21. Os barramentos de alimentação são indicados respectivamente em vermelho e preto como positivo e negativo e servem para facilitar os testes e conexões de alimentação do circuito.

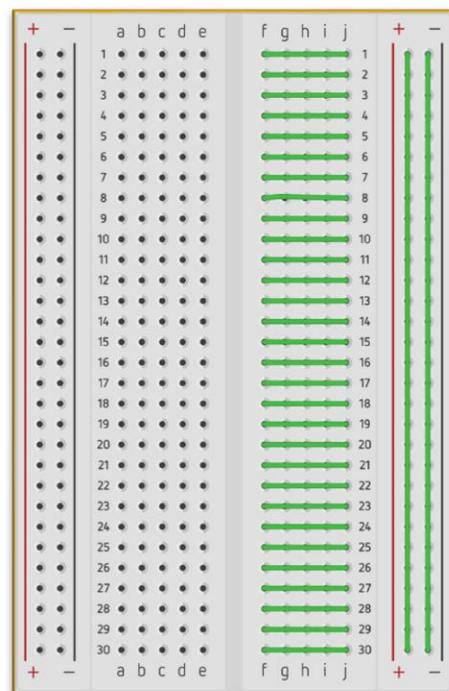


Figura 36 – <[cursodeeletronicafacil.com.br](http://cursodeeletronicafacil.com.br)>

**As conexões que têm continuidade elétrica são indicadas pelos traços em verde.**

## Como montar meu circuito no protoboard?

É extremamente importante, depois desse módulo, que a capacidade de analisar um esquemático e realizar a montagem em um protoboard seja desenvolvida. Por tanto, vamos analisar juntos o **esquema** abaixo (ligando um LED) e a **montagem** realizada em um protoboard. Lembrando que, há várias formas de realizar uma montagem, mas é importante manter o máximo de *organização* possível e principalmente uma **quantidade mínima de cabos**, pois isso diminui a chance de possíveis maus contatos nos circuitos.

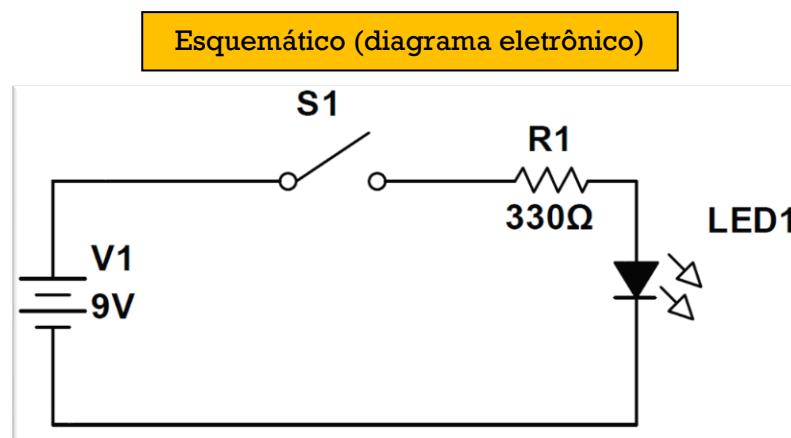


Figura 37- Circuito de um LED amarelo

**Continuidade elétrica** é a capacidade conduzir a eletricidade de uma forma confiável através de um condutor qualquer. Sabendo como são dispostas as **conexões internas de um protoboard**, podemos verificar então que uma das formas do circuito acima ser montado em uma matriz de contato é a seguinte:

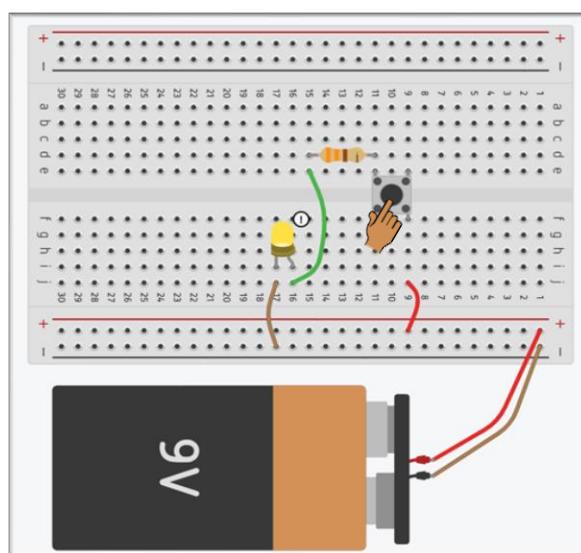
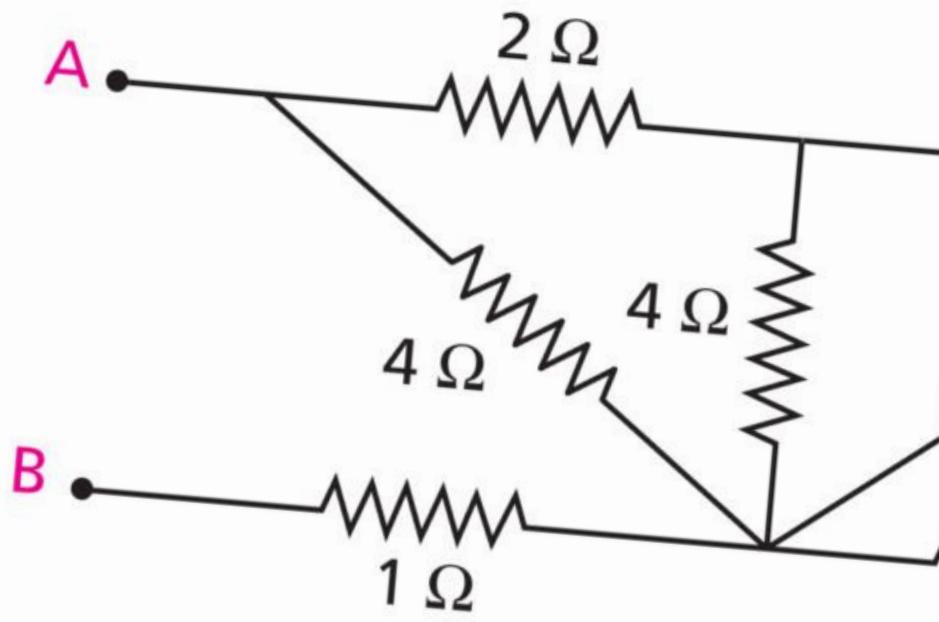
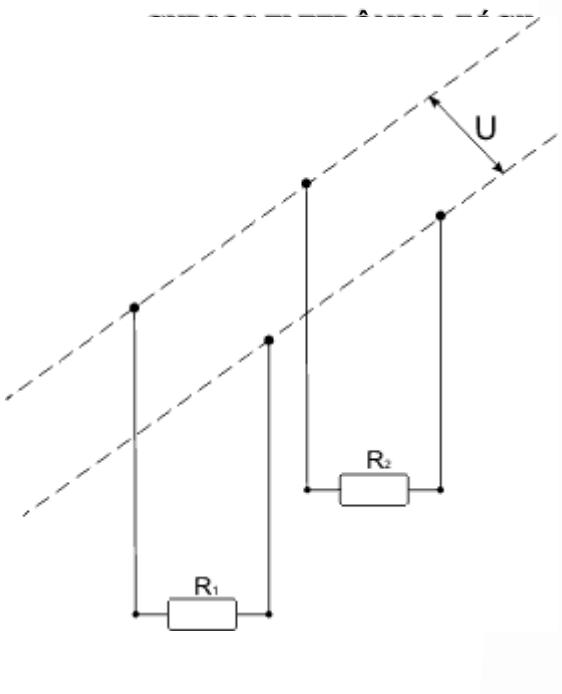


Figura 38 – Montagem no protoboard



# Associação de resistores

OS CONCEITOS ELEMENTARES DA ASSOCIAÇÃO

V



Você se lembra quando vimos sobre a “Padronização E Séries” dos resistores no Módulo I? Pois é, mas se não temos todos os valores possíveis de resistores, o que fazer quando surgir a necessidade de um valor específico de resistência? É aí que entram as famosas **associações de resistores**. Um assunto elementar e que abre as portas do raciocínio lógico no mundo da eletroeletrônica.

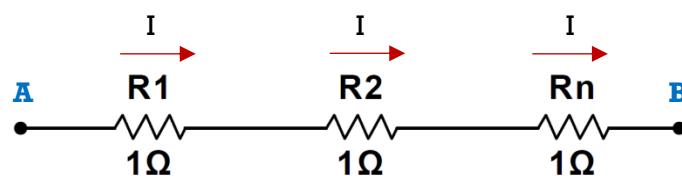
## O que é resistência equivalente?

Toda associação de resistores é representada pela **resistência equivalente [Req]**, e esta, por sua vez, é dada a partir dos tipos de associação.

A resistência equivalente ou **resistor equivalente [Req]** é um valor de resistência que podemos substituir por todo o nosso circuito, pois tem o valor da **resistência total** do circuito (por isso denomina-se resistência equivalente). A resistência equivalente pode ser obtida através dos tipos de associação existentes: associação em série, associação em paralelo e a associação mista (série e paralelo juntos).

## Associação em série

Os resistores nesse modelo de associação são **ligados seguidamente**, logo são percorridos pela **mesma corrente elétrica**.



A resistência elétrica equivalente [Req] para este circuito é dada por:

$$Req = R1 + R2 + Rn \dots$$

Analizando o circuito, nota-se que, a resistência equivalente desse tipo de circuito será dada pela somatória de todos os resistores da associação, ou seja, tem-se:

$$Req: \text{Soma das resistências} \rightarrow Req = \sum_{R1}^{RN} \text{Ohms}$$

Em uma associação em série de resistências, somente existirá um caminho para a corrente percorrer, logo a corrente elétrica é a mesma em todos os pontos. A tensão elétrica neste tipo de circuito é dividida entre os resistores, logo a tensão total será dada pela somatória das quedas de tensões em cada resistor que compõe o circuito.

$$V_{total}: VR1 + VR2 + VRn$$

A corrente elétrica total pode ser dada pela divisão da tensão elétrica total e o valor total de resistência do circuito, logo a fórmula matemática para tal cálculo é a seguinte:

$$I[A] = \frac{\text{Tensão}[V]}{\text{Resistência equivalente}[\Omega]}$$

Mas caro aluno (a), não fique em pânico, nos próximos módulos falaremos sobre a Lei de Ohm, com mais calma e exercitaremos muito bem todos estes conceitos acima.

## Encontrando valores na associação em série

Agora que você já sabe como se comportam as grandezas elétricas em uma associação em série, vamos resolver um exemplo juntos. Observe o circuito a seguir junto com o passo-a-passo:



**1º E único passo:** Por ser uma associação de resistores em série, sabe-se de antemão que a resistência total do circuito é a soma de todas as resistências, então matematicamente, para encontrar a Resistência Equivalente desse circuito, temos:

$$Req = R1 + R2 + Rn \dots \rightarrow Req = 20 + 1000 + 15 + 330 \rightarrow Req = 1365\Omega$$

Podemos então afirmar que: A **corrente elétrica é a mesma** e há quedas na **tensão elétrica**.

Lembrando que o formato em que os resistores são posicionados podem variar de acordo com cada situação, mas fique atento quanto a forma em que os terminais são interligados pois, um resistor só está em série com outro resistor ou componente se o terminal **B** de um estiver ligado ao terminal **A** do outro, como na figura abaixo:

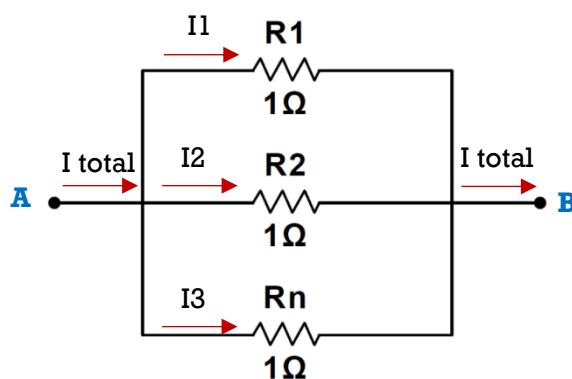


## Associação em paralelo

Quando associados de forma paralela, os resistores são submetidos a uma **mesma tensão elétrica**, logo a **corrente se divide**. Ah! E lembre-se: pensou em “paralelo”, pensou em entrada ligada com entrada e saída ligada com saída.

A corrente elétrica total que percorre esse circuito é obtida através da **soma das correntes** que passam por cada resistor.

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_n$$



A **resistência elétrica equivalente**, deste modo, é dada por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$$

Pode-se utilizar também, para encontrar os valores de **2 em 2** resistores:

$$Req: \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Deste modo pode-se notar que: A resistência equivalente desse circuito é sempre **menor que a resistência de menor valor** que compõe o circuito. Podemos então afirmar que: **A corrente elétrica se divide e a tensão elétrica é a mesma.**

## Encontrando valores na associação em paralelo

Para encontrar os valores da associação em paralelo de resistores, temos que ter em mente que: associando resistores ou qualquer outro componente em paralelo, significa **dividir a fonte de corrente** mantendo a tensão em cada ponto, como na figura 39.

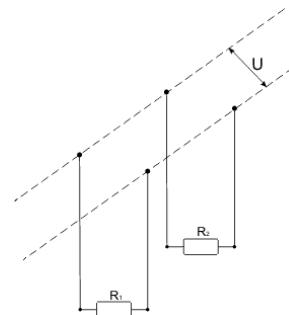
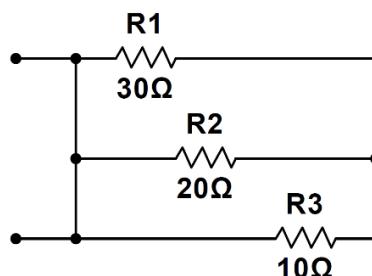


Figura 39 – Resistores em paralelo  
<[www.sofisica.com.br](http://www.sofisica.com.br)>

Observe o seguinte circuito e passo-a-passo de resolução para idealizar o conceito:



Para encontrar a **resistência equivalente** neste caso, podemos partir de duas formas distintas, mas que levam ao mesmo resultado.

### 1º Modo de fazer: “Soma de dois em dois”, ou melhor: **Produto pela soma**

Toma-se os dois primeiros resistores do circuito e executa a seguinte operação matemática:

$$Req: \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$Req: \frac{30\Omega \cdot 20\Omega}{30\Omega + 20\Omega} \rightarrow \frac{600\Omega}{50\Omega} = 12\Omega$$

Esse valor obtido é a resistência equivalente dos resistores R1 e R2 associados em paralelo. Tendo esse valor em mãos, o próximo passo é fazer a mesma operação, mas desta vez, acrescentando o valor do último resistor (substituindo o valor de R2), veja:

$$Req: \frac{12\Omega \cdot R2}{12\Omega + R2}$$

$$Req: \frac{12\Omega \cdot 10\Omega}{12\Omega + 10\Omega} \rightarrow \frac{120\Omega}{22\Omega} = 5,45\Omega$$

Esse é o valor da resistência equivalente do circuito em questão. Mas imagine só, fazer essa operação com um circuito contendo 10 ou 20 resistores? Certamente seria bem cansativo, no entanto, a forma a seguir muda totalmente essa visão de dificuldade na resolução das associações em série.

**2º Modo de fazer:** Em função das tensões de todos os resistores serem iguais, podemos encontrar a resistência equivalente também através da seguinte equação:

$$\frac{1}{Req} : \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{Rn} = Req$$

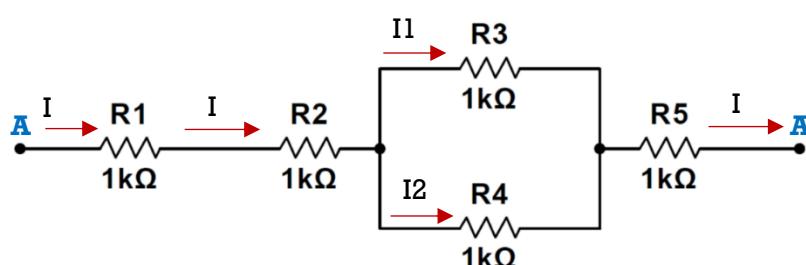
$$\frac{1}{Req} : \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{10\Omega} = 5,46\Omega$$

\*Na calculadora científica:

$$1 \div ((1 \div 30) + (1 \div 20) + (1 \div 10)) = 5,46\Omega$$

## Associação mista de resistores

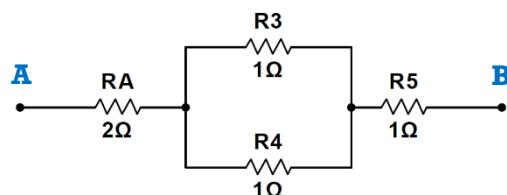
Os resistores são associados em **série e paralelo**, formando conjuntos de resistências. Para resolver esse modelo de associação de forma assertiva, requer muita atenção e prática. Observe a representação:



Para encontrar os valores desse tipo de resolução, se faz necessário utilizar os modos, **série** e **paralelo** de forma separada, aplicando também suas características em relação à corrente elétrica e a tensão elétrica. Isso pode ser feito **redesenhando** o circuito. Vale lembrar que há várias formas de encontrar a resistência equivalente, a mais comum e de fácil entendimento, observe o passo-a-passo:

### 1º Passo:

$$RA: R1 + R2$$

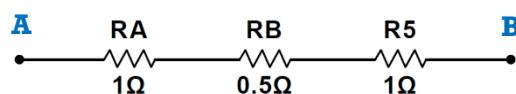


Matematicamente, tem-se:

$$RA: 1\Omega + 1\Omega = 2\Omega$$

### 2º Passo:

$$RB: \left[ \frac{R3 \cdot R4}{R3 + R4} \right] \text{ ou } \frac{RB}{1} : \left[ \frac{1}{R3} + \frac{1}{R4} \right]$$



Matematicamente tem-se:

$$RB: \left[ \frac{1\Omega \cdot 1\Omega}{1\Omega + 1\Omega} \right] = 0.5\Omega \text{ ou } \frac{RB}{1} : \left[ \frac{1}{1\Omega} + \frac{1}{1\Omega} \right] = 0.5\Omega$$

### Curiosidade

Os primeiros resistores usados em eletrônica eram conhecidos como resistores de fio e consistiam em um enrolamento feito de materiais como o constantânio e ligas de cobre o qual era alojado sobre uma base de cerâmica.



### 3º Passo:

Portanto, tem-se resistência total através das somas dos conjuntos:

$$Req: RA + RB + R5$$

$$\text{Matematicamente tem-se: } Req: 2\Omega + 0.5\Omega + 1\Omega = 3.5\Omega$$



E dessa forma, pode-se resolver qualquer associação serie-paralelo, mas fique atendo, pois, nem sempre os circuitos possuem *formatos geométricos* favoráveis, então lembre-se: **redesenhar é o caminho mais fácil** e assertivo.



# O que é tensão, corrente e potência? CONCEITO DAS GRANDEZAS FUNDAMENTAIS

**VI**



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Quando o assunto é o funcionamento de qualquer circuito ou até mesmo um aparelho elétrico, logo, assimilamos a ideia de movimentação de cargas elétricas. Ao ligarmos um determinado equipamento ou até mesmo uma lâmpada, por exemplo, pequenos elementos denominados de **elétrons** se movimentam através dos cabos ou fios condutores de eletricidade. Esse fenômeno é definido como Corrente Elétrica.

No entanto, para funcionar de forma eficiente, os componentes e circuitos dependem de algumas **grandezas** mais, neste módulo especial, vamos falar sobre **corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica**.

## Corrente elétrica

A corrente elétrica se caracteriza pelo **movimento ordenado dos elétrons** em um determinado condutor. Sua unidade de medida é o **Ampère [A]**.

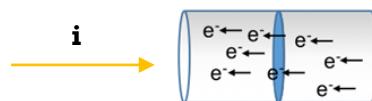
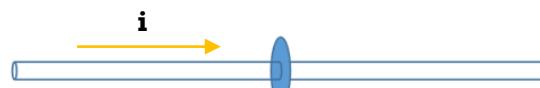


Figura 40 Seção de um condutor - <pt.khanacademy.org>

Conceitualmente ilustrando:

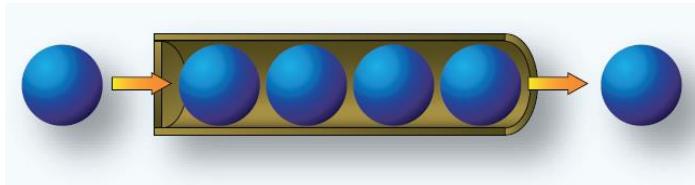


Figura 41 - Elétrons em movimento - <hangamma.com.br/>

O movimento ordenado dos elétrons é medido através da **quantidade de elétrons que passam por um ponto específico** do condutor (**seção ou bitola**) em um determinado momento, isto é, quanto mais elétrons passarem por este ponto, maior a intensidade da corrente elétrica. E essa, por sua vez, é representada por **[i]**. Veremos mais sobre as relações dessas grandezas no *Módulo 1<sup>a</sup> Lei de Ohm*.

Através dessa relação, temos então que:

**1A (ampère)** é a quantidade de cargas equivalentes a **1C (coulomb)[C]** que fluem em um condutor a cada segundo **[s]**. Veja a equação a seguir:

$$i: \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde:

i: Intensidade de corrente elétrica [A]

Q: carga elétrica [C]

## Entendendo o átomo e as cargas elétricas

As cargas elétricas estão presentes em exatamente tudo que há na natureza!

Uma prova disso é a experiência realizada com limões no *Módulo 7*. Os elementos da natureza são compostos e por moléculas e as moléculas são compostas por átomos. Os átomos por sua vez, são formados por minúsculas entidades, como: **elétrons, prótons e nêutrons**. Os elétrons possuem cargas elétricas negativas [-e], os prótons possuem cargas elétricas positivas. Já os nêutrons não possuem cargas elétricas.

Os elementos em seu estado normal, possuem quantidades de cargas negativas iguais as cargas positivas e, portanto, desse modo, se encontram em equilíbrio. Como pode-se observar na Figura 27, o núcleo atômico é formado por prótons e nêutrons, já os elétrons compõem estão situados nas regiões externas do átomo, denominada de eletrosfera.

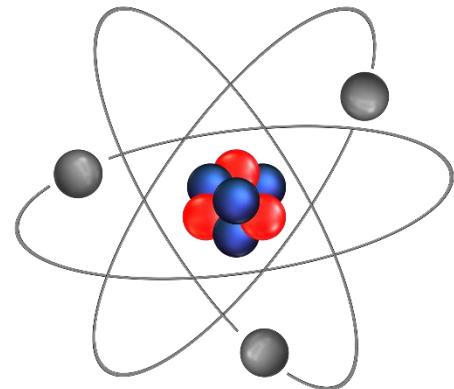


Figura 42 – Modelo de Bohr - <querobolsa.com.br>

Um condutor de um determinado material (ex: cobre, alumínio e ouro) é formado por milhões de átomos, alguns dos elétrons estão presos ou mais próximos ao núcleo,

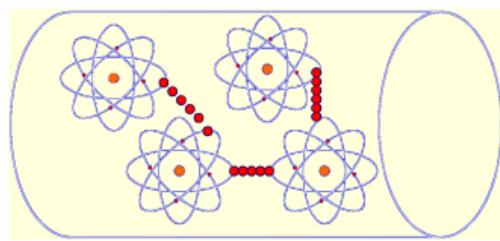


Figura 43 – Desequilíbrio na eletrosfera - <eletronicafacil.net>

enquanto isso, os chamados **elétrons livres** podem “migrar” de um átomo para o outro devido ao calor. Calor esse que é causado por uma ddp (tensão elétrica).

## Tensão elétrica

A **tensão elétrica**, tecnicamente falando, é a **diferença de potencial elétrico entre dois pontos**, conhecida por: **ddp**. No entanto, há uma dúvida cruel entre os iniciantes no mundo da eletroeletrônica: O que é uma diferença de potencial em eletricidade? Vamos entender juntos através da seguinte analogia:

### Fazendo uma analogia

No sistema hidráulico apresentado, a água se desloca da caixa d'água **A** para a **B**, devido a diferença de altura  $\Delta h$ , cada ponto no espaço percorrido tem um potencial gravitacional proporcional à altura. Logo, podemos deduzir que o fluxo de água nesse sistema só existe devido o potencial gravitacional diferente entre as duas caixas. Se fossem postas em uma mesma altura, não haveria deslocamento da água.

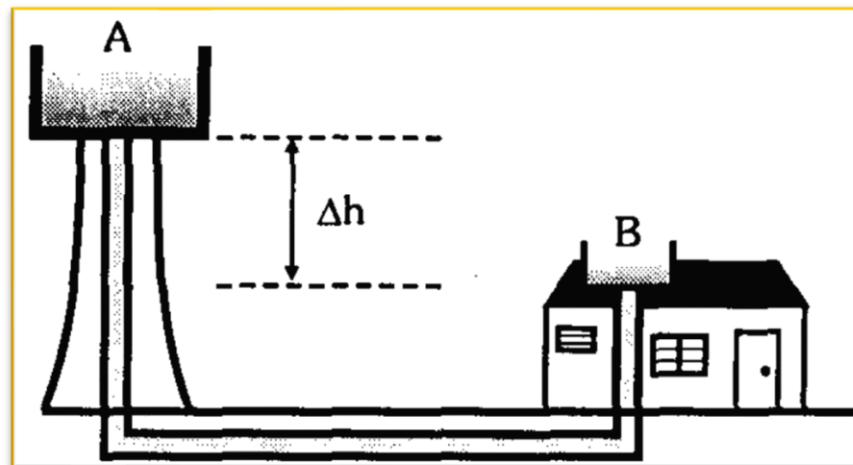


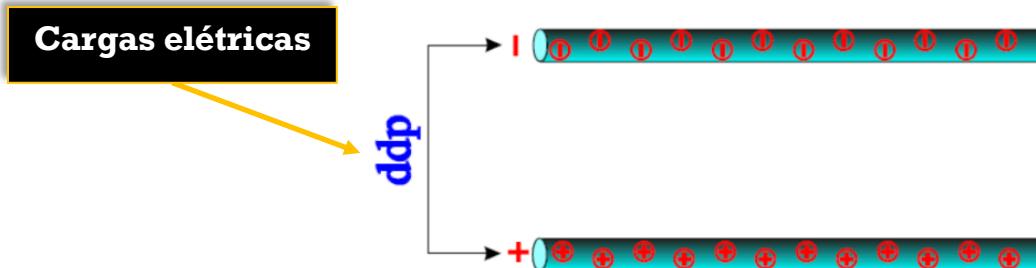
Figura 44 – Analogia de tensão elétrica - <O. Markus / editoraerica>

**O deslocamento da água seria o movimento dos elétrons, o desnível entre as caixas d'água a tensão elétrica.**

Quando falamos em corrente elétrica é notável que, para que haja uma movimentação dos elétrons em um condutor, uma **força externa** precisa impulsioná-los. A tensão elétrica é responsável por esse efeito, sua unidade de medida é o **Volt [V]**. É fornecida por um gerador, por exemplo: pilhas, baterias ou até mesmo a concessionária de energia local.

**As cargas elétricas** ( $e^-$ ) acumuladas buscam se equilibrar e, de certa forma, estão sendo resistidas [ $\Omega$ ] ou “barradas” (causando uma tensão [V]).

Quando as partes forem unidas (não havendo resistência suficiente para contê-las totalmente) em um corpo com um potencial elétrico menor, vão buscar por equilíbrio e, portanto, tem-se o deslocamento dos elétrons (corrente elétrica [ $i$ ]).

Figura 45 – Diferença de potencial elétrico <<https://libgen.is>>

Quando conectamos um aparelho eletrodoméstico na tomada, ela apresenta uma tensão, normalmente, de 220V ou 127V e o aparelho um potencial elétrico baixo, 0V. Quando interligados, a busca pelo **equilíbrio** das cargas acontece, e então temos o fluxo de elétrons.

Figura 46 – Exemplos tensão elétrica – <[portaldaeengenharia.com](http://portaldaeengenharia.com)>

## Potência elétrica

A potência elétrica mensura a quantidade de “**trabalho**” que uma determinada carga consegue entregar, sendo ele luminoso, térmico, indutivo etc.

Pode-se dizer que, a potência elétrica é a **força** e quantidade em que as cargas elétricas são “empurradas” em determinado condutor em um dado momento.

Essa grandeza é dada pelo *produto* da tensão elétrica pela corrente elétrica. E sua unidade de medida é o **Watt [W]** ou o Joule por segundo.

$$P: V \cdot i$$

Onde:

P: Potência elétrica [**W**]

V: Tensão elétrica [**V**]

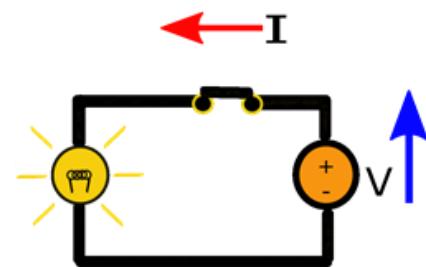


Figura 47 – DDP no circuito elétrico – <blogdefisica.blogspot.com>

## Conhecendo o Quilowatt-Hora

Todos os meses, as concessionárias de energia enviam em nossas casas a “conta de luz”. A energia consumida é expressa por números muito grandes quando se usa a unidade joule. Assim, na prática usa-se outra unidade de energia: o quilowatt-hora, cujo símbolo é kWh. Podemos verificar a existência dessa unidade se observamos a conta de energia de sua casa. Para simplificar os números grandes em sua conta, as companhias de energia adotam a unidade descrita acima.

Um quilowatt-hora constitui a energia consumida em 1 hora quando a potência é um quilowatt: Por definição, temos que a potência é dada pela relação:

$$P = \frac{\epsilon}{\Delta t}$$

$$\epsilon = P \cdot \Delta t$$

$$1kWh = (1kW) \cdot (1h)$$

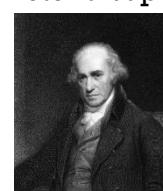
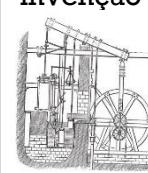
$$1kWh = (10^3 W) \cdot (3600_s)$$

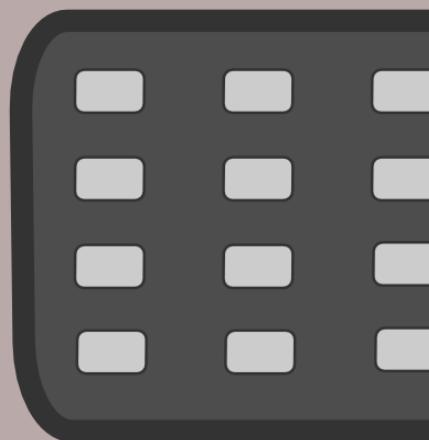
$$\text{Então, temos: } \mathbf{1kWh = 3,6 \times 10^6 J}$$

O  **$\epsilon$**  seria a Energia, em kWh.

### Curiosidade

Denominou-se esta unidade como **Watt** em homenagem a **James Watt**, foi adotada pelo segundo congresso da associação britânica para o avanço da ciência em **1882**. James contribuiu grandemente na invenção do motor a vapor.





# C.A. & C.C.

APLICAÇÕES, DEFINIÇÕES E MUITO MAIS

VII



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Todo circuito elétrico precisa de uma **fonte geradora de energia** para que os elétrons executem algum tipo de trabalho, sendo ele luminoso, térmico, mecânico etc. É importante ter em mente o seguinte conceito: diferentes tipos de **fontes geradoras** produzem correntes distintas e, consequentemente, formatos de onda diferentes. Há dois tipos de corrente elétrica: corrente contínua e corrente alternada, falaremos sobre esse assunto nesse módulo.

## Corrente contínua

Esse tipo de corrente elétrica é caracterizado por ter um **fluxo direcionado estável** dos elétrons em relação ao tempo. As fontes geradoras mais comuns desse tipo de corrente atualmente são: pilhas, baterias, **reações químicas** celulares em geral e os famosos circuitos retificadores, mas isso é assunto para outro módulo.

## Corrente contínua em pilhas e baterias

As baterias e pilhas convertem energia química em energia elétrica através de um processo chamado **reação eletroquímica**. Normalmente, isso acontece quando dois metais são submersos em um determinado tipo de produto químico e, os átomos do metal reagem com os átomos do produto químico e produzem partículas carregadas. Em uma das placas de metal acumulam-se cargas negativas, e na outra, cargas positivas. A diferença de cargas entre as placas cria uma ddp e, essa tensão (ddp) é suficiente para “empurrar” os elétrons pelo circuito criando então um deslocamento de elétrons, desse modo tem-se uma corrente elétrica.

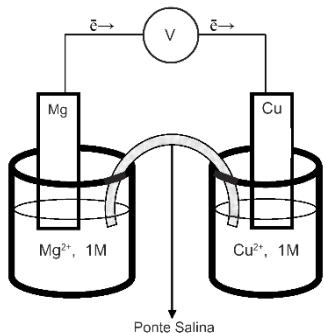


Figura 48 Reação química pilhas - <ebah.com.br>

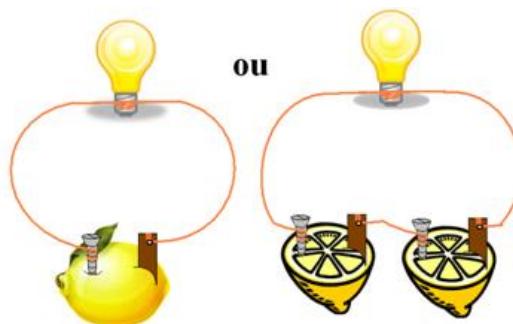


Figura 49 – Experiência com limões - <alunosonline.uol.com.br>

## Forma de onda corrente contínua

A corrente contínua, ao contrário do que muitos pensam, não é obrigatoriamente apenas um sinal retilíneo em relação ao tempo, e sim todo tipo de sinal de onda que **não varia de positivo para negativo em relação ao tempo**, esses sinais são definidos como: corrente contínua, abreviados por C.C. e D.C. Veja algumas situações representativas:

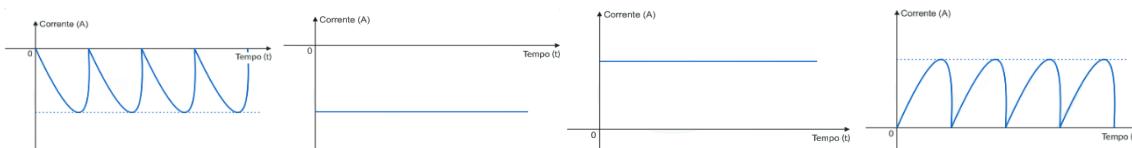


Figura 50 – Exemplos de formatos de onda corrente contínua CC

## O sentido convencional e o sentido real

**Sentido Real:** ocorre nos condutores sólidos, é o movimento dos elétrons e acontece do polo **negativo** para o polo **positivo**.

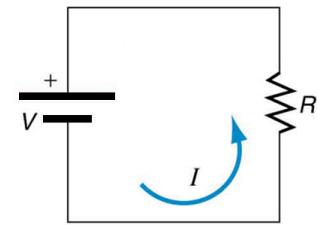


Figura 51 – Sentido real

**Sentido convencional:** é o sentido da corrente elétrica que corresponde ao sentido do campo elétrico no interior do condutor, que vai do polo **positivo** para o **negativo**.

**OBS.:** O sentido convencional é sempre usado para análise da corrente elétrica.

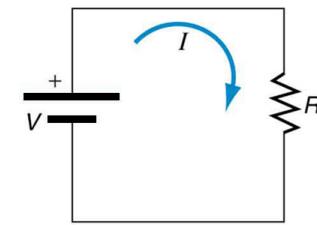


Figura 52 – Sentido convencional

## Corrente alternada

A corrente alternada é definida pela **variação da polaridade em relação ao tempo**. Em nossas casas, quando conectamos algum aparelho eletroeletrônico na tomada, temos disponível um sinal alternado de corrente. Esse tipo de corrente é fornecido por **geradores de corrente alternada**, é um sistema mais seguro para transferência de energia a longas distâncias além de proporcionar mais potência e menos perda em relação a corrente contínua.

## Conhecendo um gerador de corrente alternada

As usinas de transformação de energia têm como objetivo **processar recursos naturais**, como por exemplo: carvão, água, petróleo, urânio e gás natural para produzir energia elétrica. Por essa característica, diz-se que, a energia elétrica é uma **energia secundária**, é proveniente de uma fonte primária de energia.

A transformação de energia, basicamente, consiste em um **imã que gira em torno de enrolamentos** feitos de um material condutor. Uma turbina acoplada nos enrolamentos, que é movida mecanicamente por energias primárias, ganha um movimento rotativo, rotacionando também as bobinas (enrolamentos) e com isso tem-se um **desequilíbrio na eletrosfera** dos átomos do elemento.

Esse desequilíbrio faz com os elétrons

“saltem” da eletrosfera de um átomo para a do outro, então temos um fluxo de elétrons. Podemos dizer então que: a corrente elétrica é induzida no fio.

O que faz a corrente induzida ser alternada em relação ao tempo é que: quando o amã se posiciona em uma direção, os elétrons fluem positivamente, mas quando se posiciona outra direção os elétrons fluem negativamente. Veja a representação a seguir:

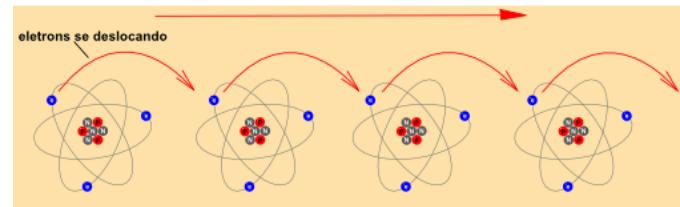


Figura 53 – Deslocamento de elétrons - <eletronpi.com.br>

### Curiosidade

Induzir corrente, significa incitar os elétrons sem que haja atrito com os enrolamentos de material condutor. Isso através do campo magnético.

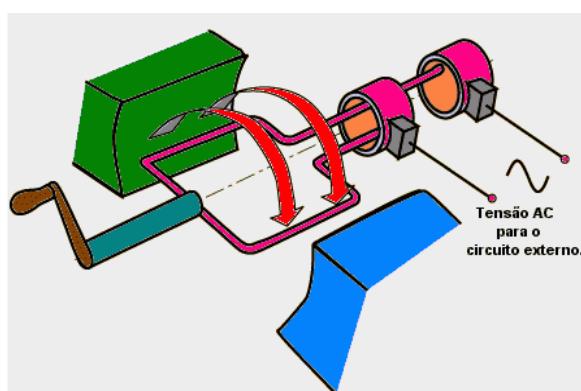


Figura 54 – Gerador CA – <tecnogera.com.br>

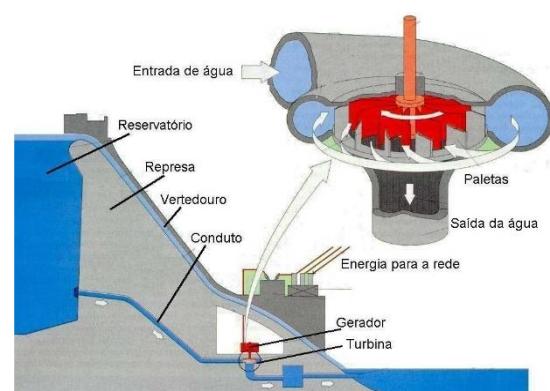


Figura 55 – Usina hidrelétrica - <infosverdes.wordpress.com>

O formato de onda da corrente alternada pode ser demonstrado da seguinte maneira:



Figura 56 – Formato de onda corrente alternada

## Definindo a frequência elétrica

A corrente alternada, como já sabemos, está constantemente **alterando sua polaridade** devido a forma que é gerada, logo, não se pode demonstrar sua intensidade com um algarismo apenas, como normalmente se faz com C.C.

A bobina das 60 voltas completas a cada segundo, com isso, o fluxo dos elétrons muda de direção 120 vezes por segundo. Quando o fluxo dos elétrons faz uma volta completa (o que acontece 60 vezes por segundo), denominamos esse fenômeno de *ciclo*. A quantidade de ciclos por segundo é chamada de frequência elétrica, medida em Hertz [Hz]. É importante saber que a frequência é padronizada pelo país, por exemplo, os Estados Unidos, Canadá e o Brasil utilizam como padrão uma frequência de 60Hz, já a grande maioria dos países da Europa utilizam 50Hz, geralmente os países utilizam 60Hz e 50Hz.

Temos que frequência é:

$$F: \frac{1}{T}$$

Onde:

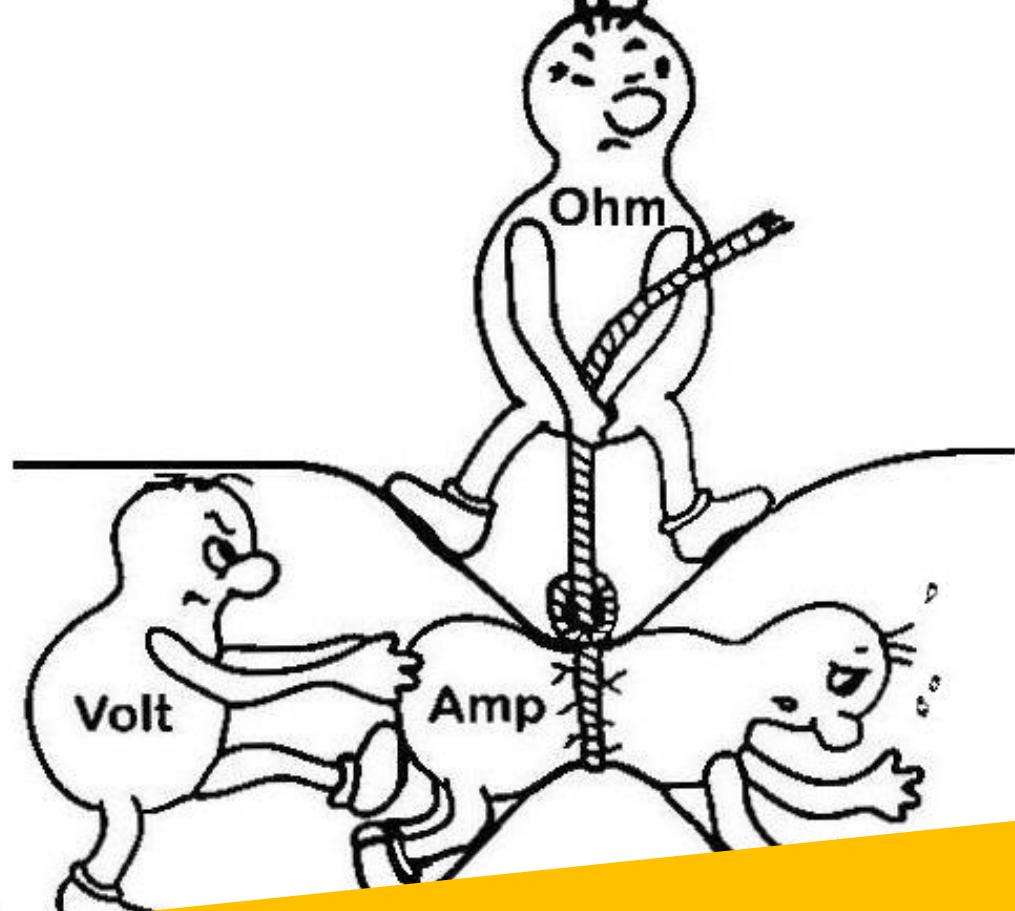
F: Frequência elétrica [Hz]

1: Um ciclo completo



Figura 57 – Período de uma CA - &lt;ibytes.com.br&gt;

Grandezas de um sinal alternado



## Lei de Ohm

A MAIS IMPORTANTE LEI DA ELETRICIDADE

XIII



A eletricidade foi descoberta há um bom tempo e até hoje coisas novas podem ser feitas com esse fenômeno da física. Muitos físicos, engenheiros e cientistas têm dedicado suas carreiras para descobertas que atendam as situações do problema do mundo contemporâneo. Vamos falar nesse módulo sobre a famosa 1<sup>a</sup> lei de Ohm, uma das mais importantes leis da eletricidade.

George Simon Ohm, cujo nome da lei em homenagem ao próprio, definiu uma relação entre corrente, tensão e resistência elétrica em um circuito elétrico. Foi a partir daí que se formou a Lei de Ohm.

## Entendendo a 1<sup>a</sup> Lei de Ohm

A Lei de Ohm estabelece uma relação das seguintes grandezas elétricas:

**Tensão elétrica [V], [U] ou [E]**

**Resistência elétrica [R]**

**Corrente elétrica [I]**

George, no início do século 19 comprovou essa relação, em uma das suas experiências que se baseava em conectar os terminais de um resistor em uma fonte de tensão variável. Era de extrema importância manter a temperatura do resistor constante, pois se ovesse aquecimento haveria dilatação e, com isso, não teria um padrão de repetitividade que é de extrema importância em qualquer experimento.

Ohm variava então a tensão da fonte (V) e realizava medições da intensidade da corrente elétrica (I) que circulava no circuito. Depois de muitos testes, observou de forma empírica que, a razão entre a tensão elétrica e a intensidade da corrente elétrica era a mesma, ou seja, comprovou-se uma constância.

$$\frac{U^1}{I^1} = \frac{U^2}{I^2} = \frac{U^3}{I^3} \dots$$

Afirmou-se então a tese de que, mantendo **constante a temperatura de um resistor**, a diferença de potencial aplicada nos seus extremos é **diretamente proporcional à intensidade da corrente elétrica**. Essa relação é representada pela seguinte equação:

## **$U: R \cdot I$**

Onde:

**U: Tensão elétrica [V]**

**R: Resistência elétrica [ $\Omega$ ]**

**I: Corrente elétrica [A]**

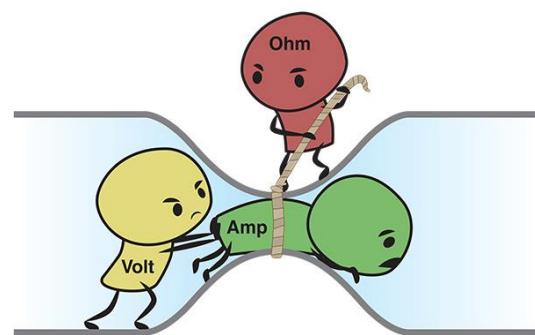


Figura 58 – Ilustração Lei de Ohm <engfam.com.br>

A **corrente elétrica**, em um circuito é, diretamente proporcional a tensão e inversamente proporcional a resistência. Isto é, para uma

Dessa forma, podemos ter as seguintes equações derivadas da fórmula original, já que é uma relação matemática:

Para encontrar **corrente elétrica**:

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

Para encontrar **resistência elétrica**:

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

As fórmulas da Lei de Ohm vão além, com apenas **equivalências matemáticas**, derivou-se as seguintes fórmulas:

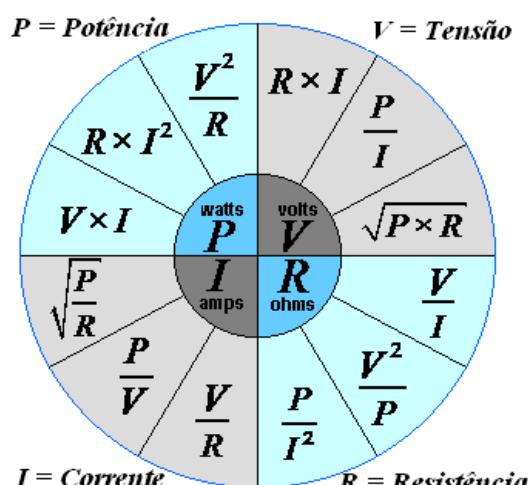


Figura 60 – Formulário completo Lei de Ohm

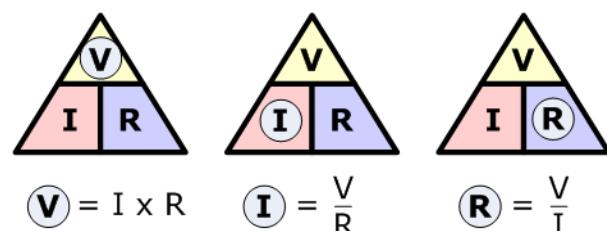


Figura 59 – Fórmulas básicas Lei de Ohm – <gt-mre.ufsc.br>

### Curiosidade

Memorial para Ohm  
(por Wilhelm von Rümann)  
na Universidade Técnica de  
Munique.

*Campus Theresienstrasse.*





# O famoso efeito joule

COMPREENDENDO O EFEITO JOULE DE UMA VEZ!

**IX**



CURSO DE  
ELETROÔNICA FÁCIL

Quando a corrente elétrica percorre um determinado condutor, alguns **efeitos** são apresentados. Neste módulo, falaremos especificamente sobre o **efeito térmico**, mais conhecido como **Efeito Joule**.

## Definindo o Efeito Joule

O Efeito Joule é o aquecimento do condutor. Isso se dá em função da colisão (impacto) dos elétrons ao passarem de uma átomo para o outro. Ao receberem essa energia mecânica (impacto), os átomos vibram mais intensamente e, a temperatura do condutor é diretamente proporcional a quantidade de vibração em questão.

Esse efeito é o princípio de funcionamento dos aparelhos elétricos destinados a aquecer, como: ferro de passar, aquecedor de ar, ducha elétrica e até mesmo famosa lâmpada incandescente.

## Exemplos de Efeito Joule no dia-a-dia

A descoberta da relação entre eletricidade e o calor trouxe múltiplos benefícios para a humanidade. Alguns desses benefícios podem ser notados no princípio de funcionamento de muitos presentes no dia a dia, alguns exemplos são:

**Lâmpada (incandescente):** um filamento de tungstênio no interior da lâmpada é aquecido com a passagem da corrente elétrica tornando-se incandescente, emitindo luz.



Figura 61 – Lâmpada Incandescente  
<br.banggood.com/>

**Chuveiro Elétrico:** um resistor aquece por Efeito Joule a água que o envolve.



Figura 62 – Ducha elétrica  
<blogs.ne10.uol.com.br>

São vários os aparelhos que possuem resistores e trabalham por Efeito Joule, como por exemplo, o secador de cabelo, o ferro elétrico e a torradeira. Outra aplicação que utiliza esta teoria é a proteção de circuitos elétricos por fusíveis. Os fusíveis são dispositivos que têm como objetivo proteger circuitos elétricos de possíveis incêndios, explosões e outros acidentes. O fusível é percorrido pela

corrente elétrica do circuito. Caso esta corrente tenha uma intensidade muito alta, a ponto de danificar o circuito, o calor gerado por ela derrete o filamento do fusível interrompendo o fornecimento de energia, protegendo o circuito.

## A matemática básica do Efeito Joule

Matematicamente, podemos calcular o efeito joule através da seguinte equação:

$$Q: I^2 \cdot R \cdot t$$

Onde:

Q: Calor gerado por uma corrente constante em relação ao tempo [J]

I: Intensidade da corrente elétrica [A]

R: Resistência elétrica do condutor [ $\Omega$ ]

É importante lembrar que, essa relação é verdadeira apenas se a **intensidade** da corrente for **constante**.



# 2<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff

DESCOMPLICANDO AS LEIS DE KIRCHHOFF

X



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Os circuitos elétricos são compostos por diversos componentes e “caminhos” em que a corrente elétrica pode percorrer. Ao longo desses “caminhos” tem-se: geradores, receptores, resistores, indutores entre outros tipos de componentes elétricos.

Para determinar a intensidade e o sentido da corrente elétrica e suas grandezas físicas que caracterizam os elementos dos circuitos, utilizamos das Leis de Kirchhoff. Estudaremos em especial a 2<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff neste módulo.

## Lei das Malhas ou Lei das Tensões

Antes de qualquer coisa, é importante ter em mente o seguinte conceito: Em um circuito elétrico composto por mais de uma fonte de alimentação é possível que a corrente entre polo **positivo** e saia através do **negativo**. Desta maneira, ao invés da fonte agir como gerador, funcionaria como receptor ativo compondo o circuito.

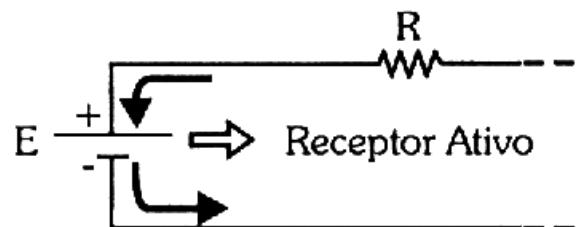


Figura 63 – Receptor ativo

## O que é uma malha?

Definimos malha como: todo circuito elétrico ou parte de um circuito elétrico que forma um **caminho fechado** para o fluxo da corrente elétrica.

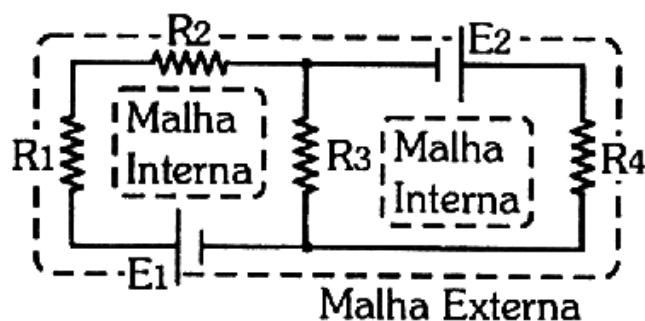


Figura 64 – Definição de malha eletrônica

## Definindo a 2<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff

A 2<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff, **Lei das Tensões ou Lei das Malhas**, é definida pela forma na qual a **tensão elétrica se distribui** pelos circuitos elétricos.

Essa lei afirma que, quando a corrente elétrica percorre uma malha por um determinado sentido, partindo e chegando no mesmo ponto, a soma das tensões é igual a 0. Pode ser definida de duas formas equivalentes, analise o circuito e entenda:

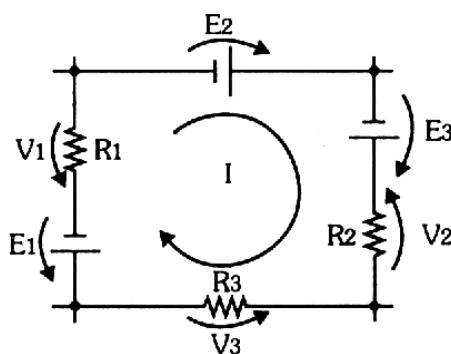


Figura 65 – Malha elétrônica

- "A soma algébrica das tensões em uma malha é zero".

$$+E_2 + E_3 - V_2 - V_3 - E_1 - V_1 = 0$$

- "A soma das tensões que, no sentido da corrente adotada, elevam o potencial do circuito é igual à soma das tensões que causam a queda de potencial".

$$E_2 + E_3 = V_2 + V_3 + E_1 + V_1$$

### Curiosidade

**Gustav Robert Kirchhoff**, era alemão e, foi o primeiro cientista a demonstrar que a corrente elétrica flui na velocidade da luz através de um condutor. As Leis de Kirchhoff, para circuitos elétricos, foram desenvolvidas entre 1824 - 1887 e, foram denominadas de: Lei dos nós e Lei das malhas.



# 1<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff

DESCOMPLICANDO AS LEIS DE KIRCHHOFF

**XI**



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

## Lei das correntes ou Lei dos Nós

As Leis de Kirchhoff são aplicadas em circuitos elétricos complexos, onde há associações de componentes em série e em paralelo. Nesse módulo, vamos tratar sobre a 1<sup>a</sup> lei de Kirchhoff, conhecida também por **Lei das Correntes ou Lei dos Nós**.

### O que é um nó?

Denomina-se “nó” qualquer junção de 3 ou mais ramos presentes em um determinado circuito elétrico.

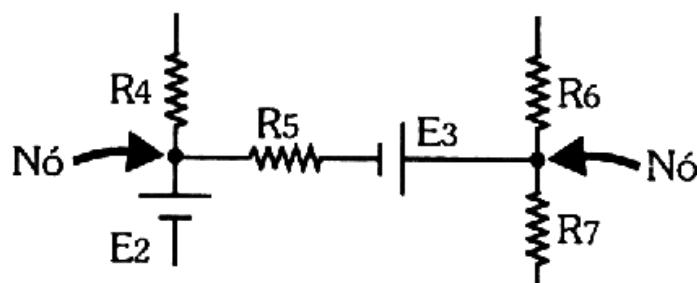


Figura 66 – Definição de um nó

### Definindo a 1<sup>a</sup> lei de Kirchhoff

A Lei dos Nós ou Lei das Correntes, diz que: a **soma das correntes que entram** por um nó é a **mesma** que a **soma das correntes que saem** deste mesmo nó. Desse modo não há acumulação de carga no nó.

Podemos enunciar essa Lei de 2 formas equivalentes:

- "**A soma algébrica das correntes em um nó é igual a zero**".

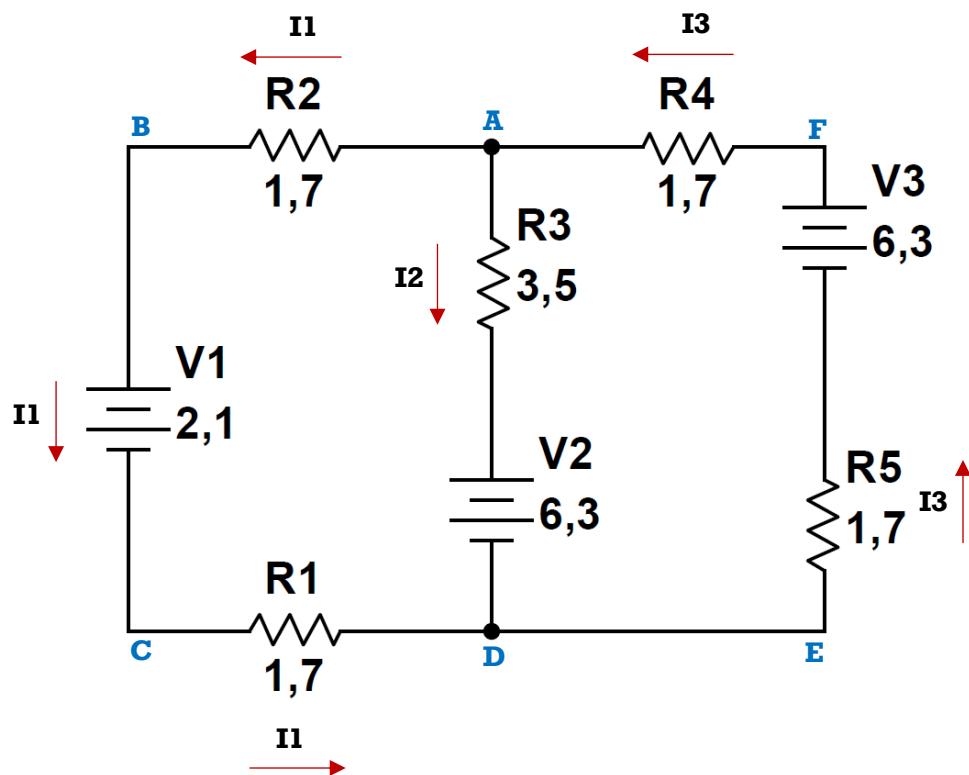
$$+I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

- "**A soma das correntes que chegam a um nó é igual à soma das correntes que saem desse nó**".

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

## Aplicando as Leis de Kirchhoff

Vamos aplicar a Lei de Kirchhoff no circuito a seguir, encontrando as correntes nos três ramos do circuito.



Aplica-se então a Lei do Nós (1<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff), temos que:

$$i_1 + i_2 = i_3$$

Nesse momento, aplicamos a Lei das Malhas (2<sup>a</sup> Lei de Kirchhoff), percorrendo inicialmente do ponto **A** e seguindo pela malha **ABCD**, no sentido anti-horário, encontra-se:

$$-i_1 \cdot 1,7\Omega - V_1 - i_1 \cdot 1,7\Omega + V_2 + i_2 \cdot 3,5\Omega = 0$$

Ou

$$2 \cdot (i_1 \cdot 1,7\Omega) - i_2 \cdot 3,5\Omega = V_1 - V_2$$

Logo,

$$2 \cdot (i_1 \cdot 1,7\Omega) - i_2 \cdot 3,5\Omega = 2,1V - 6,3V$$

Agora percorrendo a malha ADEF, no sentido horário, temos:

$$+i3 \cdot R4 - V3 + i3 \cdot R5 + V2 + i2 \cdot R3 = 0$$

Ou

$$2(i3 \cdot 1,7\Omega) + i2 \cdot R3 = 0$$

Após a separação de valores, nos encontramos com 3 equações contendo 3 incógnitas:

$$i1 + i2 = i3$$

$$2 \cdot (i1 \cdot 1,7\Omega) - i2 \cdot 3,5\Omega = 6,3V - 2,1V$$

$$2 \cdot (3i \cdot 1,7) + i2 \cdot 3,5\Omega = 0$$

Matematicamente resolvendo as equações, temos os seguintes valores:

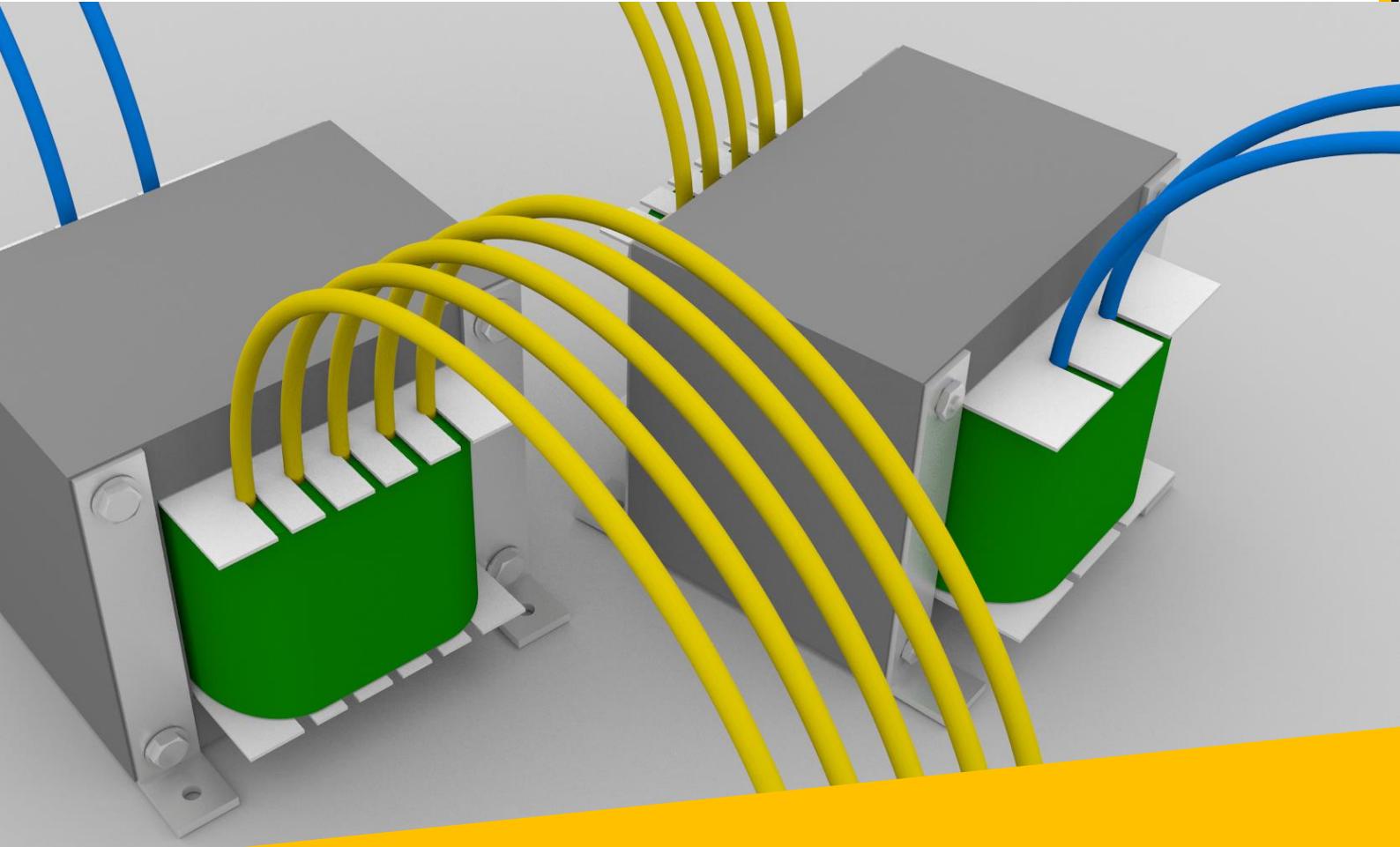
$$i1=0,82A$$

$$i2=-0,4A$$

$$i3=0,42A$$

A prova de que o sentido e  $i1$  e  $i3$  foram escolhidos corretamente é a **diferença de sinais**, pois  $i2$  está com o sinal negativo, essa corrente segue fluxo apontando para cima no ramo do centro do circuito.

Vale lembrar que a forma de resolver os circuitos variam de acordo com a forma de pensar de cada um, mas o que vale é chegar no mesmo resultado, através das Leis de Kirchhoff.



# Transformadores

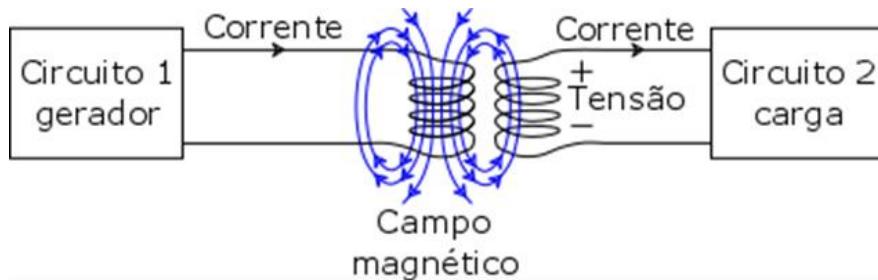
TEORIA E APLICAÇÃO DOS TRANSFORMADORES

**XII**



CURSO DE  
ELETROÔNICA FÁCIL

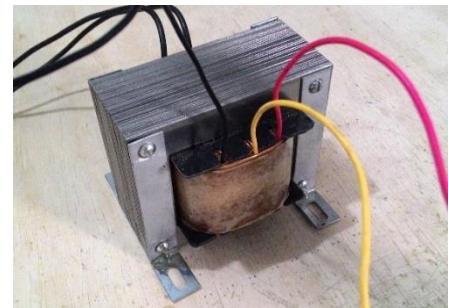
O transformador é um dispositivo elétrico que “transfere” a energia elétrica entre dois ou mais circuitos através do princípio da indução magnética. Os diferentes circuitos são ligados às bobinas do transformador, e quando uma corrente alternada é aplicada em uma dessas bobinas, é gerado um campo magnético variável, que por sua vez induz tensão nas outras bobinas.

Figura 67 – Conceito de um transformador - <[www.entran.com.br](http://www.entran.com.br)>

Esse efeito da indução, é denominado de Lei da Indução de Faraday, em função do físico que a registrou em 1831. O enunciado dessa Lei é o seguinte:

**“A força eletromotriz induzida em qualquer circuito fechado é igual ao negativo da variação do fluxo magnético com o tempo na área delimitada pelo circuito”**

Como a variação do campo magnético gera desequilíbrio atômico, consequentemente temos tensão elétrica. Um campo magnético fixo, não gera tensão elétrica, e é por isso que os transformadores funcionam em corrente alternada.

Figura 68 – Transformador monofásico  
<[pt.quora.com](http://pt.quora.com)>

## Conhecendo a construção do Trafo

Só com as bobinas o transformador teria um desempenho muito baixo, e é em função disso que são construídos com ligas de ferro que intensificam a potência do campo magnético. As bobinas então são posicionadas em torno desse núcleo onde concentra-se o campo magnético.

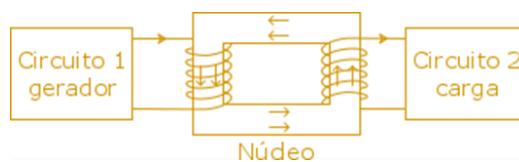


Figura 69 - Construção de um transformador

Por definição, identificamos as bobinas dessa forma:

**Círcuito gerado** = Primário

**Círcuito da carga** = Secundário

Suponhamos que um determinado transformador com uma tensão **V<sub>p</sub>** e corrente **I<sub>p</sub>** aplicados no primário, que tem **N<sub>p</sub>** voltas. O secundário tem **N<sub>s</sub>** voltas e gera uma tensão **V<sub>s</sub>** e corrente **I<sub>s</sub>**.

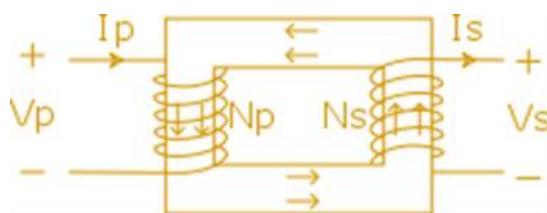


Figura 70 – Identificando as tensões de um transformador

A Lei de Faraday nos permite deduzir que: a tensão no secundário, **V<sub>s</sub>**, é uma função da tensão no primário, **V<sub>p</sub>**, e do número de voltas das duas bobinas.

$$\frac{V_p}{N_p} = \frac{V_s}{N_s}$$

Com 100% de eficiência, um transformador ideal, a potência no primário é igual à potência fornecida no secundário. Assim sendo, podemos calcular a relação entre as correntes e o número de voltas de cada bobina.

$$\frac{I_s}{N_p} = \frac{I_p}{N_s}$$

Vale lembrar que, transformadores ideais não existem, até porque os condutores não são perfeitos ou até mesmo puros na sua composição. No entanto, como a eficiência costuma ser elevada, essas perdas não geram erros significativos.

Conhecendo as equações da Lei de Faraday, de forma análoga, podemos deduzir que se a bobina do secundário conter menos voltas que a bobina do primário, teremos no secundário, em relação ao primário, uma tensão menor e corrente maior. Mas se a bobina do secundário tiver mais voltas que a bobina do primário, teremos no secundário, em relação ao primário, uma tensão maior e corrente menor.

## Conhecendo os transformadores monofásicos

Os transformadores monofásicos foram os primeiros a serem descobertos, e, portanto, têm uma construção mais simples, mas que funciona muito bem. Possuem somente uma bobina ligada ao circuito primário (gerador). Esse é o tipo mais comum de transformador usado em equipamentos eletroeletrônicos, eletrodomésticos e máquinas de pequeno porte.

Vamos tomar como exemplo de transformador monofásico um transformador cujo primário que é ligado à rede de 127V e o secundário gera 12V para alimentar uma lâmpada incandescente 12V 50W. Veja na figura abaixo:

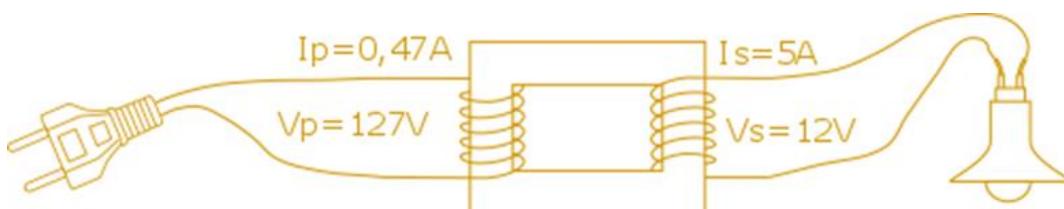


Figura 71 - Circuito com transformador e relação de transformação

## Os transformadores trifásicos e as altas tensões de trabalho

Esse modelo de equipamento é usado comumente nas redes de transformação e distribuição de energia, bem como nos processos industriais que exigem altas tensões de trabalho. Possuem três bobinas ligadas ao circuito primário (gerador). Esse é o tipo mais comum de transformador usado na rede de transmissão e distribuição de energia e em máquinas de grande porte.

Nos transformadores trifásicos, o núcleo tem três segmentos, um para cada fase. Em cada segmento fica um enrolamento primário e um ou mais enrolamentos secundários.

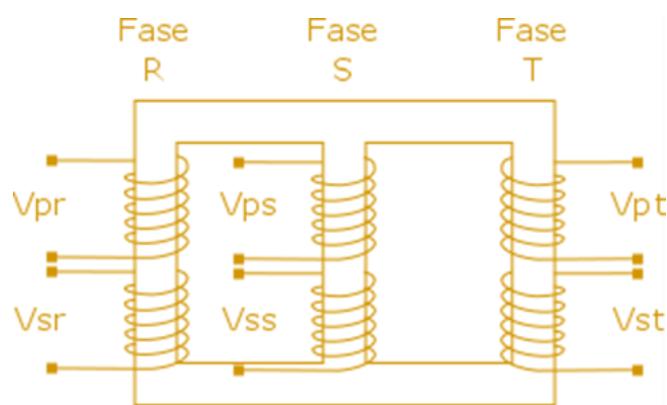


Figura 72 – Transformador trifásico circuito

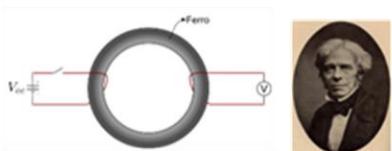
No transformador trifásico, desde que as tensões em nas fases do primário tenham **igual** magnitude de **desfasamento de 120°**, as mesmas relações entre tensões, número de voltas e corrente usados para o monofásico valem.

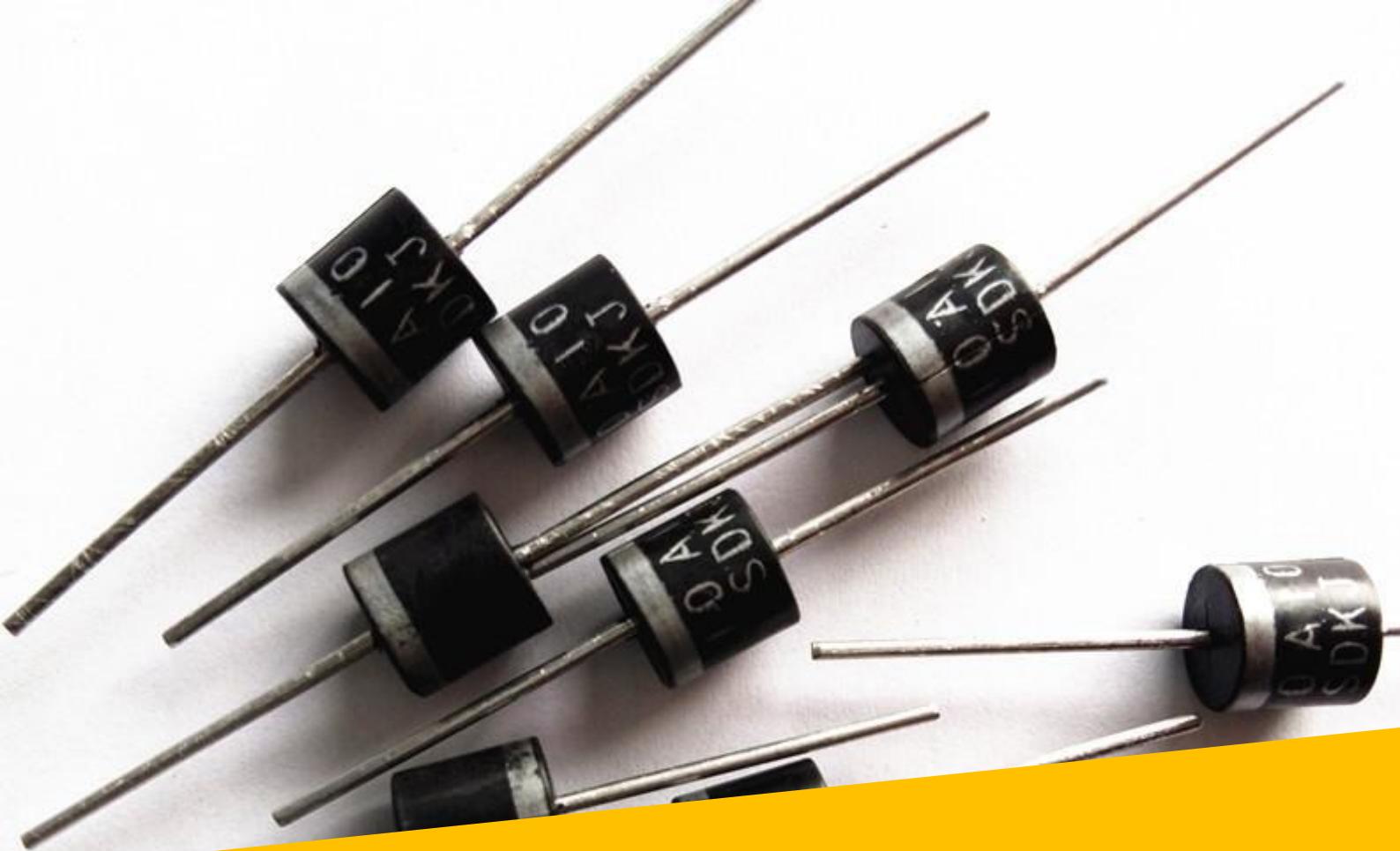


Figura 73 – Exemplos de transformadores - <trafosteel.ind.br>

## Curiosidade

O transformador é entendido como uma **máquina elétrica estacionária** (não rotativa) baseada na “Lei da indução de Faraday”.





## Diodos semicondutores

CONHECENDO OS DIODOS SEMICONDUTORES

**XIII**



CURSO DE

ELETRÔNICA FÁCIL

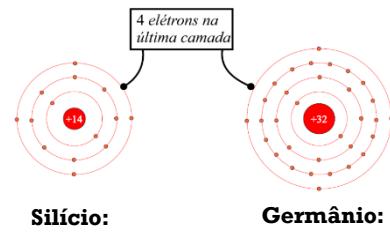
A eletrônica tem evoluído constantemente nos últimos anos, não é mesmo? A cada dia que passa, novos componentes são lançados no mercado com o objetivo de simplificar nossos projetos e com isso desenvolvem-se equipamentos mais sofisticados.

Um dos fatos que contribuiu grandemente para essa evolução foi a descoberta e aplicação dos **materiais semicondutores**. Nesse módulo, falaremos sobre o primeiro componente fabricado com esse material, o diodo semicondutor, que é até hoje aplicado nos processos de transformação de **corrente alternada em corrente contínua**.

## Materiais semicondutores

Os materiais semicondutores são aqueles que manifestam características intermediárias entre os isolantes e os condutores. Em condições normais, se comportam como isolantes e não permitem o deslocamento de elétrons, porém quando recebem energia externa, passam a ser condutores.

Os principais elementos usados para a fabricação de componentes eletrônicos semicondutores são o **Germânio (Ge)** e o **Silício (Si)**. Esses elementos possuem uma distribuição eletrônica **tetravalente na camada de valência** (camada de elétrons mais distante do núcleo), formando então ligações covalentes (onde os elétrons são compartilhados entre os átomos ao lado). Essas ligações covalentes dificultam a locomoção dos elétrons, fazendo então dos materiais que a possuem materiais impossibilitados de conduzirem corrente elétrica.



## Dopagem, formando cristais P e N

Para tornar um material semicondutor em material condutor, podemos fornecer para ele cargas elétricas necessárias, assim havendo um excesso de cargas negativas (elétrons). Muitas dessas cargas podem não se encontrar

emparelhadas para formar uma ligação e, como consequência, esses elétrons estarão livres ao redor dos átomos, podendo se movimentarem sem muita dificuldade. Desse modo, tem-se a condução de corrente elétrica, chamamos esse fenômeno de condução extrínseca.

## Cristal tipo N

O cristal N é o cristal com **excesso de cargas negativas (-)**. Esse excesso é proveniente de um processo, onde são introduzidas impurezas, elementos com mais elétrons na camada de valência que os do material semicondutor base. Processo esse denominado de dopagem.

Por exemplo, o silício (4 elétrons na camada de valência) é dopado negativamente com a introdução de fósforo, arsênio ou antimônio em pequena quantidade em sua estrutura, com pequenas quantidades de fósforo, arsênio ou antimônio (*que possuem 5 elétrons na camada de valência, um elétron a mais que o silício*). Os elétrons adicionais são chamados de elétrons livres, e por esse motivo formam a corrente elétrica.

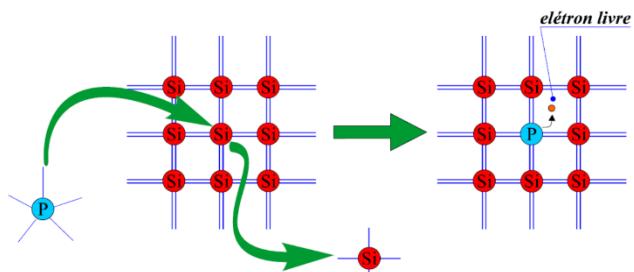


Figura 75 - Dopagem em fósforo - &lt;libgen.is&gt;

## Cristal tipo P

Para os cristais tipo P, podemos introduzir um **excesso de cargas positivas** na estrutura do material. Dessa forma, tem-se uma falta de elétrons, chamamos esse fenômeno de lacuna (espaço vazio). A presença dessas lacunas também facilita a condução de corrente elétrica, pois o excesso de cargas positivas promove a “captura” de elétrons, permitindo, dessa forma, locomoção.

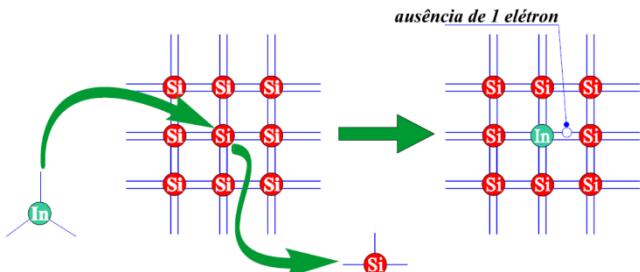


Figura 76 – Elétron livre - &lt;libgen.is&gt;

Introduzindo impurezas com menos elétrons de valência que o material semicondutor base, é dessa forma que se tem o excesso de cargas positivas. O silício, por exemplo, é dopado positivamente com impurezas de boro, gálio ou índio (3 elétrons de valência, um elétron a menos).

## Formação do diodo: Junção PN

O diodo é formado por uma **junção dos cristais P e N**, denominada de junção PN. Posteriormente à formação da junção PN, uma parte dos elétrons livres passam do cristal tipo N para o tipo P. Da mesma forma, as lacunas do cristal P passam para a cristal N.

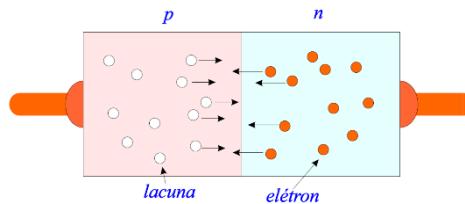


Figura 77 – Junção PN - &lt;libgen.is&gt;

As cargas produzidas próximas da junção são fixas à rede cristalina. Denominamos essa região de cargas próximas à junção de **região de depleção** ou **barreira de potencial**.

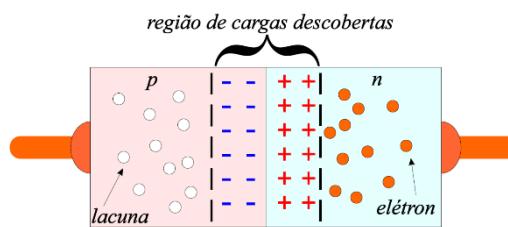


Figura 78 – Barreira de potencial - &lt;libgen.is&gt;

Com o surgimento da barreira de potencial, a passagem de elétrons para o lado P é bloqueado, já que eles são repelidos pela região carregada negativamente na parte do cristal P. O mesmo acontece com as lacunas, já que o transporte para o lado N é repelido pelas cargas positivas contidas no lado N.

Com as características apresentadas, após a formação da barreira, surge uma tensão (d.d.p.). **0,7V** para os diodos de **silício** e de **0,3V** para os de **germânio**.

## Identificação e simbologia do diodo

O diodo é um componente que possui polaridade, diferente dos resistores e indutores, por exemplo. Logo, a forma em que a tensão é aplicada no diodo implica diretamente em seu funcionamento, por isso é importante saber identificar um diodo.

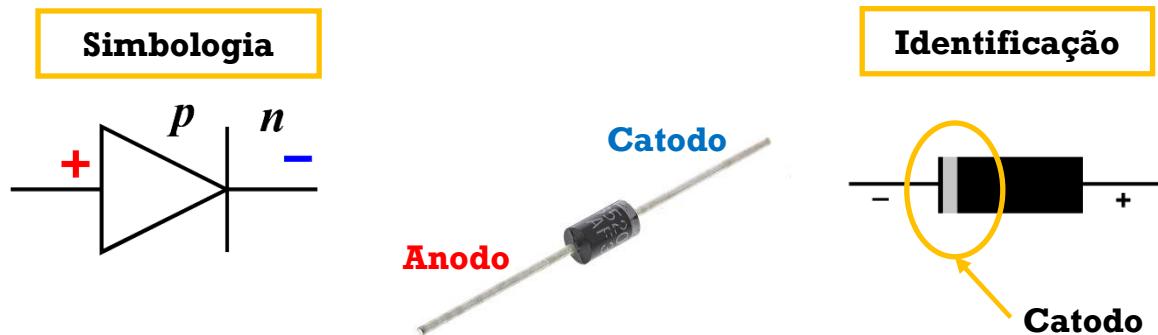


Figura 79 – Identificação do diodo semicondutor - <cursodeeletronicafacil>

## Polarização direta

Essa é a forma de polarização é a que o diodo **conduz eletricidade**. Basicamente, se o valor de tensão aplicado nos terminais do diodo é superior ao valor da barreira de potencial ( $V > V_B$ ), as lacunas do lado P e os elétrons do lado N possuem energia suficiente para superar a barreira de potencial, com isso há um grande aumento de corrente elétrica fluindo através do diodo. Quando o diodo está polarizado diretamente e conduzindo, diz-se que o diodo está em condução.

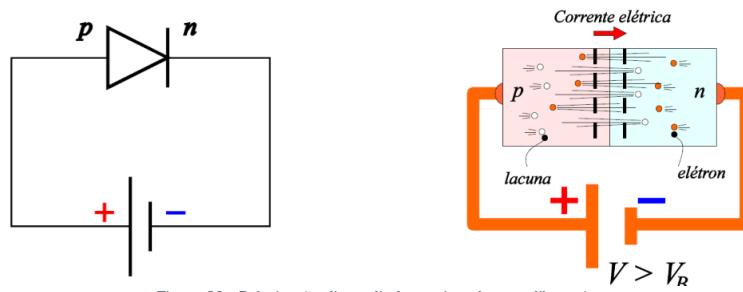


Figura 80 – Polarização direta diodo semicondutor - <libgen.is>

## Polarização reversa

Esse modo de polarização, a polarização reversa (ou inversa), é quando o cristal N fica sujeito a um potencial elétrico positivo relativo ao cristal P. Logo, os

polos da fonte externa atraem os elétrons do lado N e lacunas do lado P, esse fenômeno os afasta da junção. Veja na ilustração:

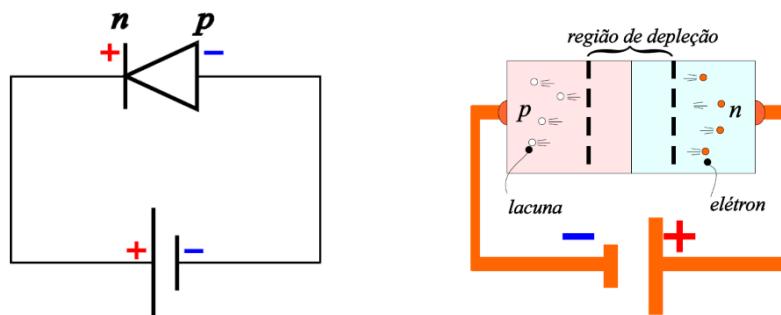
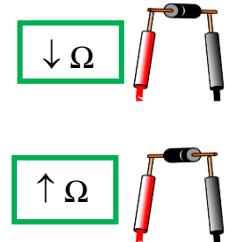


Figura 81 – Polarização reversa - &lt;libgen.is&gt;

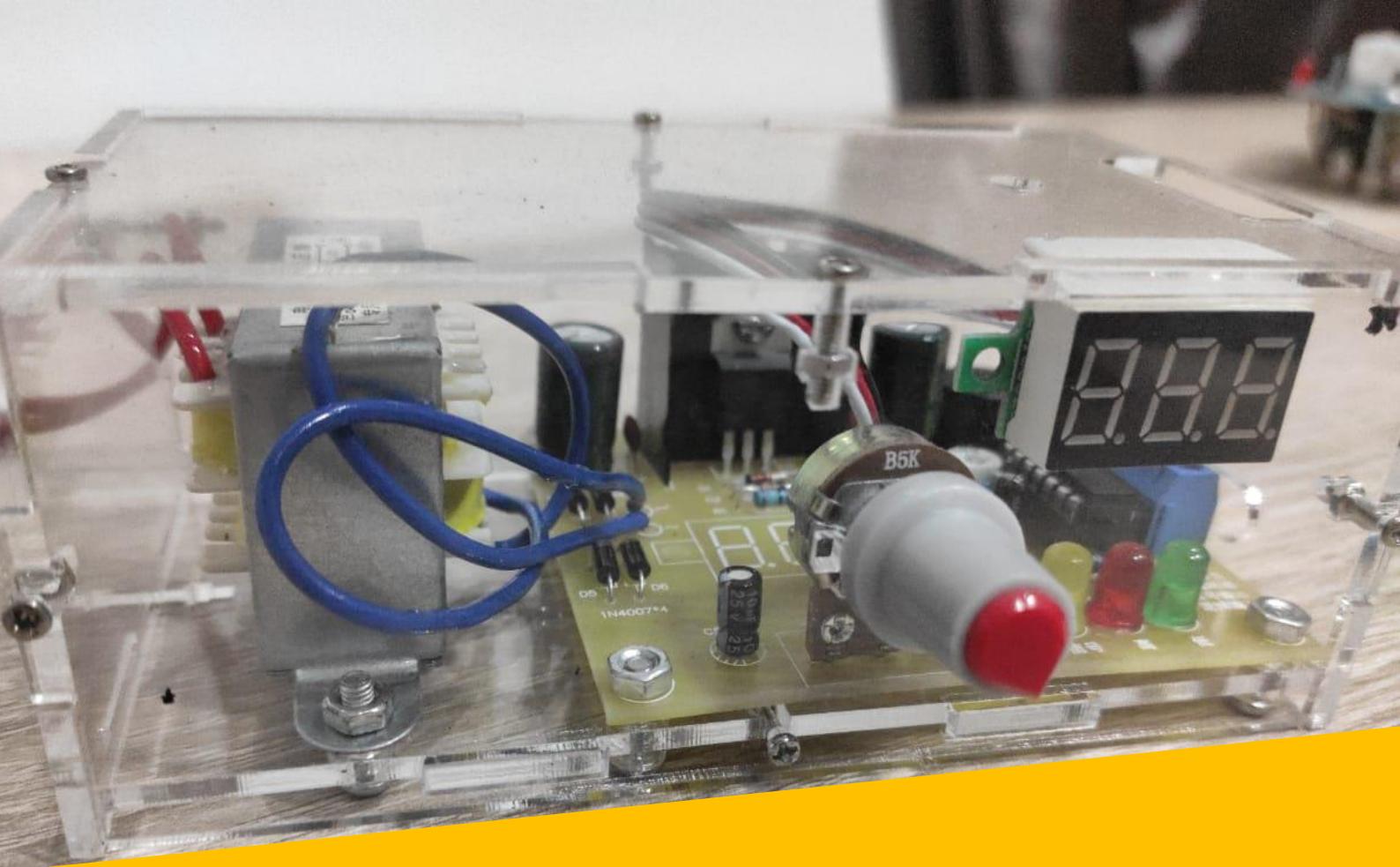
## Testando o diodo

→ **Diodo em boas condições:** O diodo deve apresentar resistência baixa para um dos sentidos e ao inverter as pontas de prova do ohmímetro (ou multímetro) deve então apresentar alta resistência.  
As duas leituras devem apresentar resistências diferentes.



→ **Diodo em curto:** Se as duas leituras indicarem baixa resistência o diodo está em curto conduzindo nas duas direções.

→ **Diodo aberto:** Se as duas leituras indicarem alta resistência, o diodo está aberto, interrompido eletricamente.



# Circuitos retificadores

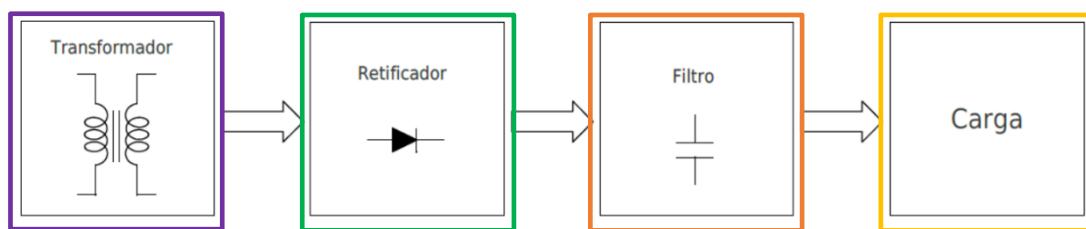
OS TÃO UTILIZADOS RETIFICADORES!

**XIV**



CURSO DE  
ELETROÔNICA FÁCIL

Os circuitos retificadores são extremamente importantes para o funcionamento de muitos equipamentos eletroeletrônicos e os circuitos eletrônicos de modo geral. Pois, quase tudo que está a nossa volta, funciona em corrente contínua. Os circuitos retificadores são responsáveis por fazer a conversão da corrente alternada da rede em corrente contínua, tornando possível a energização dos equipamentos e circuitos eletrônicos que funcionam em C.C.



O **transformador** tem a função de elevar ou reduzir a tensão que será aplicada no retificador.

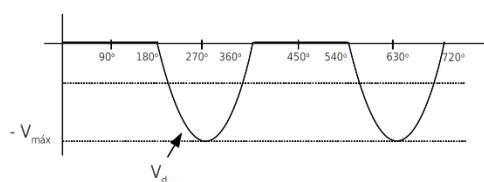
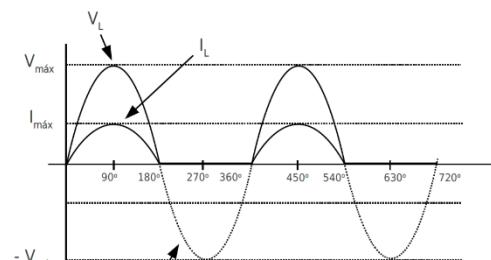
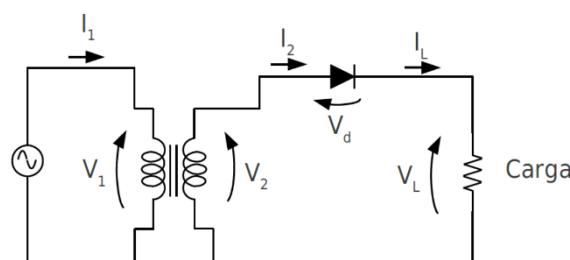
O **retificador**, que por sua vez, converte C.A. em C.C, a tensão não varia de positivo para negativo, mas continua pulsante.

É posto um **filtro**, que tem a função de plainar a tensão.

A **carga**, esta representa o círculo a ser alimentado. É através da carga que todo o circuito retificador é dimensionado.

## Retificador meia onda

O retificador de meia onda, conduz apenas um semiciclo da onda até carga. Esse modelo utiliza apenas um diodo retificador que conduz um semiciclo da corrente quando polarizado diretamente.



Corrente secundária	$I_2 = \frac{V_{máx}}{R_L}$
Tensão média na carga	$V_{máx} = \frac{V_{máx}}{\pi}$
Corrente média na carga	$I_{CC} = \frac{I_{máx}}{\pi} = \frac{V_{máx}}{R_L \cdot \pi}$
Tensão inversa média no diodo	$V_{d_{máx}} = -\frac{V_{máx}}{\pi}$
Tensão de pico inversa no diodo	$V_{máx}$
Corrente média no diodo	$I_{CC}$

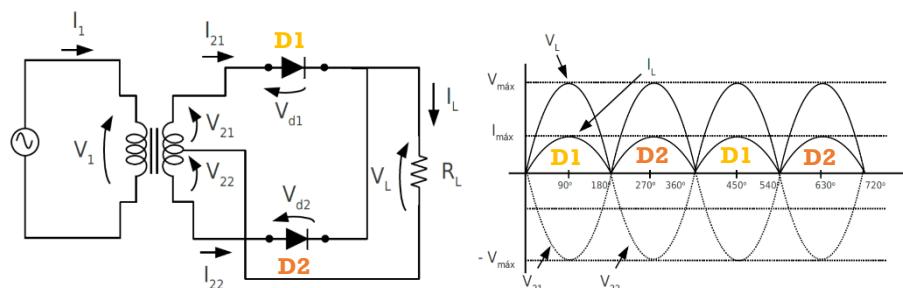
Fórmulas para tensões e correntes circuito retificador meia onda.

Tabela 11 – Formulário de tensões e correntes retificador meia onda

## Retificador onda completa trafo center tape

Esse circuito possui dois diodos retificadores. Um deles é responsável por conduzir um semiciclo da corrente e o outro conduz o outro semiciclo da corrente. Isso só é possível devido ao transformador possuir uma derivação central, chamada center tape. Essa derivação funciona como um transformador possuindo um enrolamento primário e dois secundários, com cada secundário fornecendo corrente para um semiciclo da onda.

Acompanhe a sequência de atuação dos diodos, ON: diodo conduzindo OFF: diodo em bloqueio.



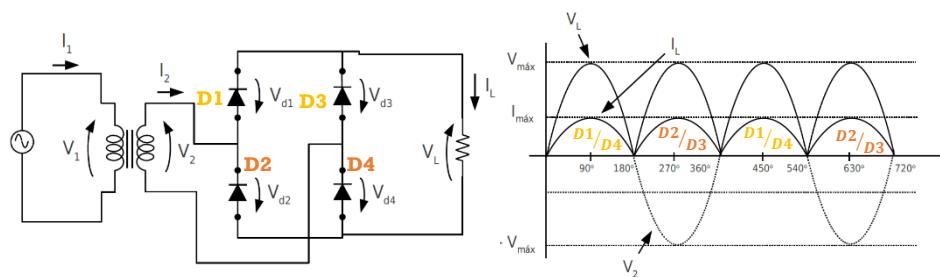
Corrente secundária (cada secundário)	$I_2 = \frac{V_{\text{máx}}}{R_L}$
Tensão média na carga	$V_{\text{mád}} = \frac{2V_{\text{máx}}}{\pi}$
Corrente média na carga	$I_{CC} = \frac{2I_{\text{máx}}}{\pi} = \frac{2V_{\text{máx}}}{R_L \cdot \pi}$
Tensão inversa média no diodo	$V_{d_{\text{med}}} = -\frac{2V_{\text{máx}}}{\pi}$
Tensão de pico inversa no diodo	$V_{\text{máx}}$
Corrente média no diodo	$\frac{I_{CC}}{2}$

Tabela 12 – Formulário de tensões e correntes retificador onda completa

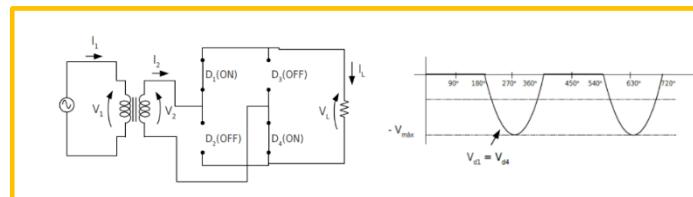
Fórmulas para tensões e correntes circuito retificador onda completa com center tape.

## Retificador onda completa em ponte

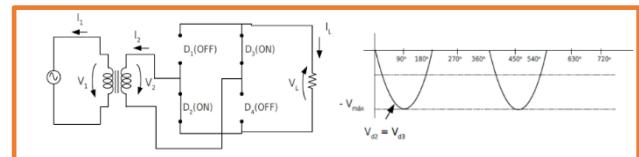
Esse modelo de retificador utiliza 4 diodos. Emprega um transformador de secundário simples. É importante observar que neste circuito, os diodos possuem a metade do valor de tensão reversa  $2V_{\text{max}}$ .



Atuação D1/D4



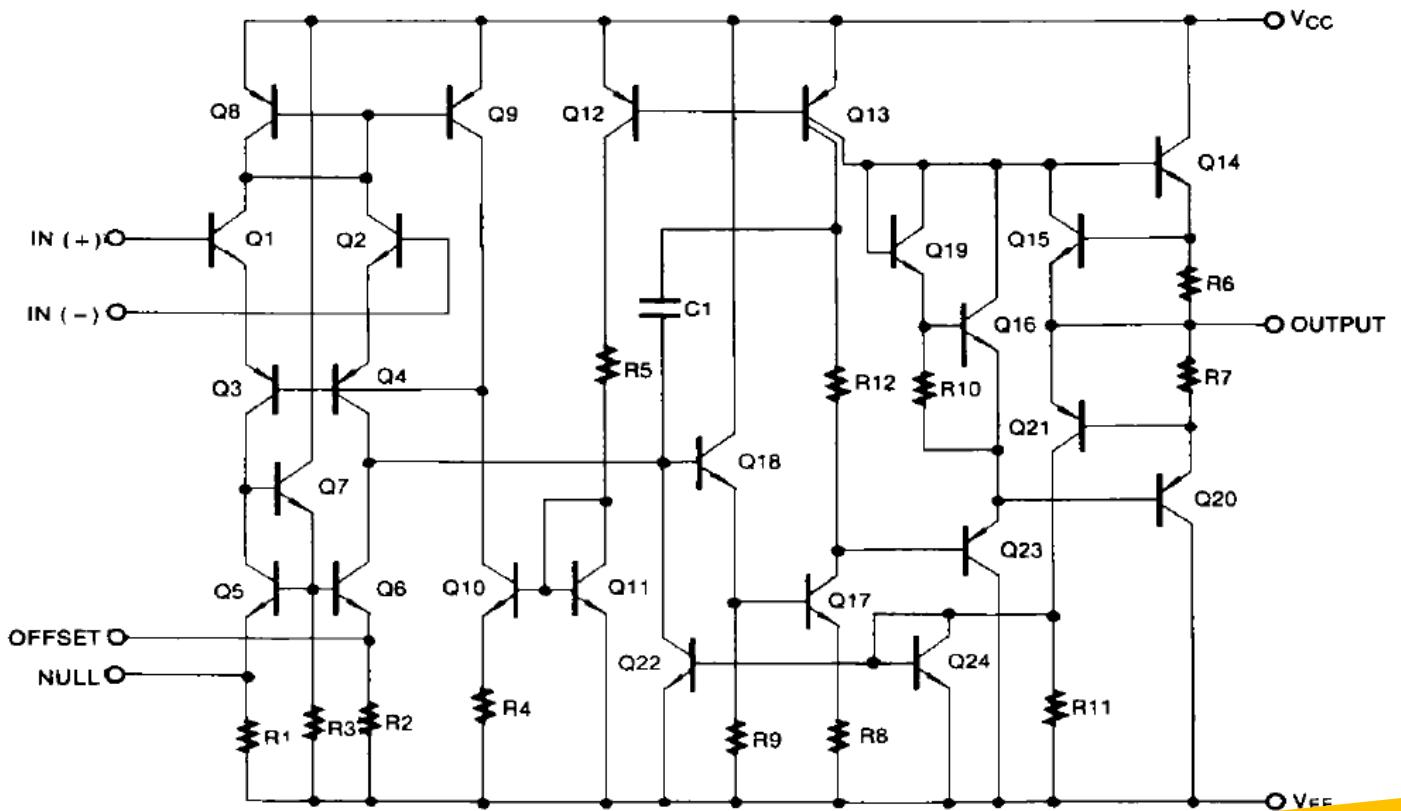
Atuação D2/D3



Corrente secundária	$I_2 = \frac{V_{\text{máx}}}{R_L}$
Tensão média na carga	$V_{\text{mád}} = \frac{2V_{\text{máx}}}{\pi}$
Corrente média na carga	$I_{CC} = \frac{2I_{\text{máx}}}{\pi} = \frac{2V_{\text{máx}}}{R_L \cdot \pi}$
Tensão eficaz na carga	$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$
Corrente eficaz na carga	$I_{\text{rms}} = \frac{I_{\text{máx}}}{\sqrt{2}}$
Tensão inversa média no diodo	$V_{d_{\text{med}}} = -\frac{V_{\text{máx}}}{\pi}$
Tensão de pico inversa no diodo	$V_{\text{máx}}$
Corrente média no diodo	$\frac{I_{CC}}{2}$

Tabela 13 – Formulário de tensões e correntes retificador onda completa em ponte

Fórmulas para tensões e correntes circuito retificador onda completa em ponte.



# Reguladores de tensão fixa A FAMOSA “FAMÍLIA 78XX”

**XV**

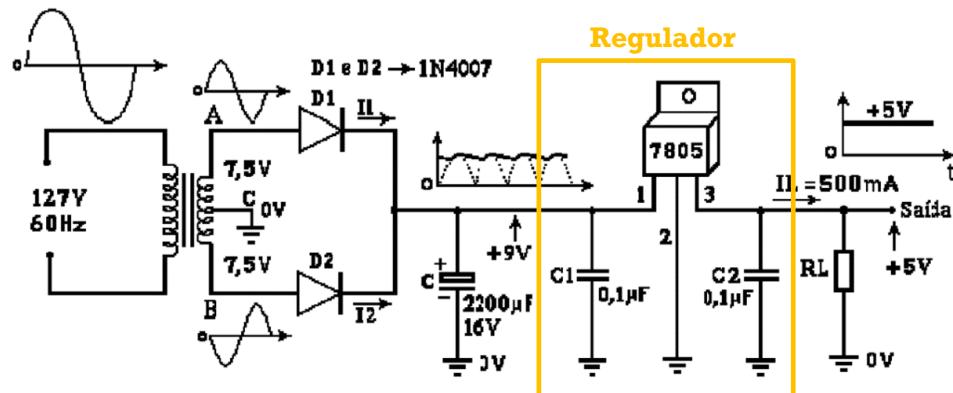


CURSO DE

ELETROÔNICA FÁCIL

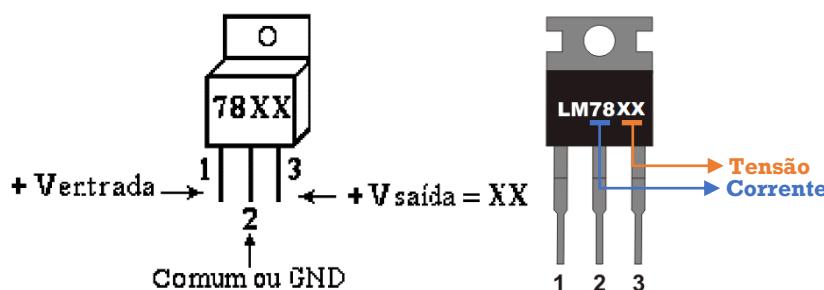
Os reguladores de tensão têm como finalidade evitar que **variações de tensão** elétrica afetem a saída da fonte (*circuito retificador*). Tomando como exemplo uma fonte de 5VDC, que terá sempre em sua saída (carga) esse **mesmo valor de tensão**, mesmo que a tensão da rede elétrica oscile.

Podem ser implementados em um circuito ou são empregados na forma de **circuitos integrados**. Nesse módulo vamos falar da família dos Reguladores 78XX.



## Reguladores família 78XX

É importante destacar que, os reguladores de **tensão fixa** podem fornecer **uma só tensão de saída**. Existem, comercialmente, diversos modelos para as mais variadas tensões de saída. Umas das séries mais conhecidas e, portanto a que se aborda no curso, é a série **LM78XX**.



Os primeiros 2 algarismos simbolizam a corrente que o regulador trabalha e os dois últimos correspondem a tensão elétrica que ele fornece. Também possuem uma **tensão mínima e máxima** de entrada para que trabalhe corretamente, essa pode ser consultada no *datasheet*.

Reguladores de tensão 78XX – 79XX				
Código		Tensão máxima a aplicar na entrada (E)	Tensão de saída (S) regulada	Corrente máxima na saída
Positivo	Negativo			
7805	7905	35V	5V	1A
7806	7906	35V	6V	1A
7810	7910	35V	10V	1A
7812	7912	35V	12V	1A
7815	7915	35V	15V	1A
7818	7918	35V	18V	1A
7824	7924	40V	24V	1A

Tabela 14 – Reguladores de tensão 78XX –&lt;unesp.com.br Profº Marcelo Wendling&gt;

## Encontrando os valores

A série 78XX possui, internamente, **proteção** contra curtos-circuitos em suas saídas, dispensando componentes para essa função. Se o invólucro do componente estiver danificado, você pode calcular alguns valores importantes para projeto através das seguintes fórmulas:

## Potência dissipada

A previsão da potência dissipada no regulador, além de ser disponibilizada no datasheet ela pode ser calculada através da fórmula da potência elétrica, veja:

$$P_d = (U_{in} - U_{out}) \cdot I_c$$

Onde:

$P_d$ : Potência elétrica dissipada em watts;

$U_{in}$ : tensão de entrada no regulador;

$U_{out}$ : Tensão de saída no regulador;

$I_c$ : Corrente elétrica na carga alimentada.

## Queda de tensão de entrada

Para calcular a queda de tensão na **entrada** de um regulador de tensão, para funcionar dentro da **tensão máxima de entrada**, se a corrente da carga for constante, temos:



$$V = \frac{(Vi - Vx)}{I}$$

Onde:

$Vi$ : Tensão de entrada no circuito;

$Vx$ : Tensão de entrada máxima dos CI's;

$I$ : Intensidade da corrente da carga.

## Potência dissipada

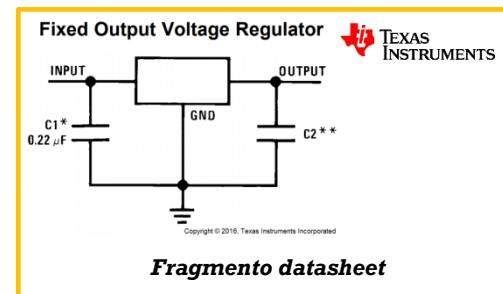
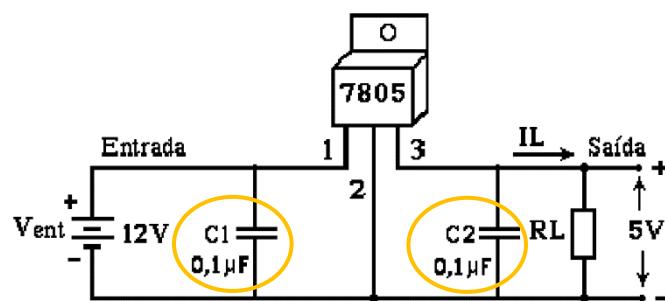
Observe que não se tem a necessidade de calcular a corrente exigida pelo regulador, pois ela é bem baixa.

Com os mesmos dados, calcula-se a **potência dissipada** no resistor através da fórmula:

$$P = (Vi \cdot Vx) \cdot (I)$$

## Sobre os capacitores antirruídos

Para eliminar os ruídos, na entrada e saída dos reguladores, são colocados 2 capacitores, um na entrada e outro na saída. Os valores dos capacitores são encontrados no datasheet de cada componente.





# Os famosos capacitores

CONHECENDO OS CAPACITORES E MUITO MAIS

**XVI**



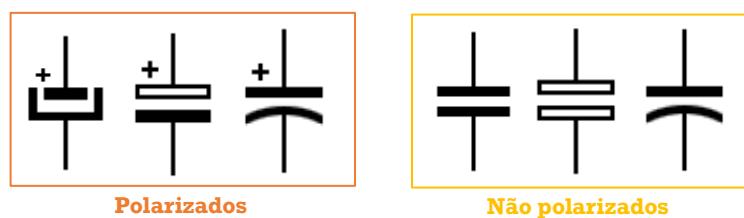
CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

Os capacitores são componentes altamente aplicados em circuitos eletrônicos de modo geral. Servem para **armazenar cargas elétricas** em seu interior, **desacoplar ruídos** nas entradas e saídas de um determinado circuito (como vimos no módulo regulador de tensão fixa 78XX) e muito mais. Neste módulo, vamos aprender como funciona um capacitor, como identificar um capacitor e entender seu funcionamento.

## Simbologia x classificação x unidade de medida

As simbologias dos capacitores já dizem muito sobre o modelo do componente que está sendo empregado. São classificados em dois grandes grupos, os **polarizados** e os **não polarizados**.

Os não polarizados são, em sua grande maioria, capacitores cerâmicos ou de poliéster. Já os polarizados, são os capacitores eletrolíticos, esses armazenam quantidades de cargas elétricas e, por essas características, são aplicados em filtros e sistemas de amplificação.



A unidade de medida dos capacitores é dada em **Faraday [F]**. Geralmente os capacitores são aplicados em submúltiplos (*Ex: micro, nano e pico Faraday*).

## Capacitância

A capacidade, em resumo, é a **capacidade de armazenamento de carga de um capacitor**. Uma proporcionalidade entre a carga do capacitor e a tensão, veja:

Onde:

$$Q = Q \cdot V \text{ ou } C = \frac{Q}{V}$$

*C*: Capacitância [F]

*Q*: Carga elétrica

*V*: Tensão elétrica nos terminais

## Construção física x Funcionamento

Um capacitor eletrolítico, basicamente, é formado por **duas placas** de um determinado material condutor, chamamos essas placas de: armaduras. As armaduras são **isoladas** eletricamente entre si, separadas por um material **dielétrico**.

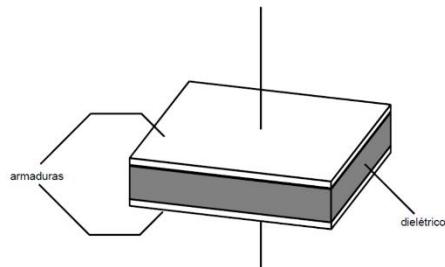


Figura 82 – Armadura de um capacitor - &lt;libgen.is&gt;

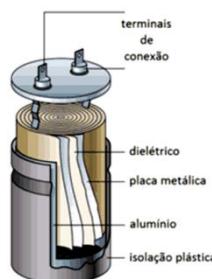


Figura 83 – Interno de um capacitor &lt;libgen.is&gt;



Figura 84 – Capacitor 4700uF - &lt;libgen.is&gt;

O material que compõe as armaduras é eletricamente neutro e, em cada uma das armaduras, o número de **prótons** e **elétrons** é igual, não havendo diferença de potencial entre elas em seu estado natural. Quando conectamos o capacitor a uma fonte C.C. surge então uma diferença de potencial elétrico entre as armaduras devido a atração e repulsão de cargas temos os elétrons organizados em uma das armaduras e os prótons em outra.

## Capacitores de disco cerâmico

Os capacitores de disco cerâmico são aplicados em sistemas desacopladores de ruído (ex:  $C1$  e  $C2$  dos Reguladores de tensão fixa 78XX). Esse modelo de capacitor possui uma capacidade baixa, e por esse motivo são aplicados em filtro.



Figura 85 – Interno capacitor cerâmico &lt;blog.novaeletronica.com.br&gt;

## Leitura dos capacitores cerâmicos de disco

A leitura dos capacitores cerâmicos de disco é de extrema importância quando o assunto é manutenção e substituição de capacitores nas placas, pois provavelmente sem o projeto eletrônico em mãos, você vai precisar interpretar a representação dos capacitores para substituí-los. Observe:

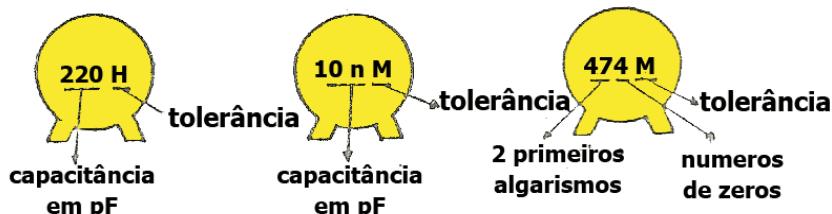


Figura 86 – Identificação capacitor cerâmico - <[blog.novaelectronica.com.br](http://blog.novaelectronica.com.br)>

1º DÍGITO	2º DÍGITO	3ª MULTIPLICADOR	TOLERÂNCIA	
0	0	0	1 ×	C $\pm 0,25 \text{ pF}$
1	1	1	$\times 10$	D $\pm 0,5 \text{ pF}$
2	2	2	$\times 100$	E $\pm 1 \text{ pF}$
3	3	3	$\times 1000$	G $\pm 2\%$
4	4	4	$\times 10000$	J $\pm 5\%$
5	5	5	$\times 100000$	K $\pm 10\%$
6	6	6	$\times 1000000$	L $\pm 15\%$
7	7	7	$\times 10000000$	M $\pm 20\%$
8	8	8	$\times 100000000$	N $\pm 30\%$
9	9	9	$\times 1000000000$	Z <b>80% A 20%</b>

Tabela 15 – Código de identificação capacitores cerâmicos - <[cursoseletronicafacil.com.br](http://cursoseletronicafacil.com.br)>

## Leitura dos capacitores de poliéster

É importante termos em mente que os valores de referências são indicados com um número de três dígitos seguido por uma letra. Os dois primeiros dígitos indicam o número inicial, enquanto o terceiro dígito representa o número de zeros que devem ser adicionados ao número inicial para obter o valor final. O resultado obtido é necessário considerá-lo em **picofarad**.

## Exemplo de codificações:

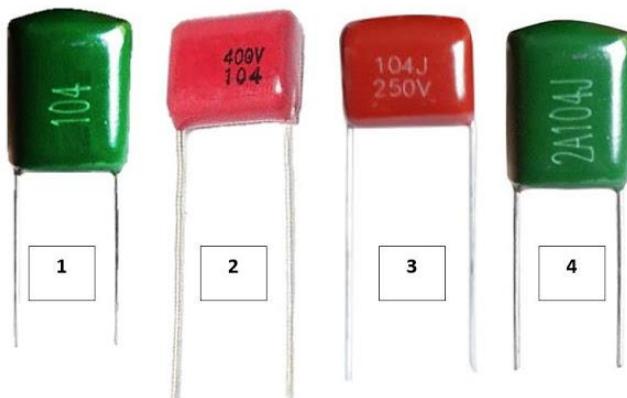


Figura 87 – Capacitores cerâmicos - <[www.fvml.com.br](http://www.fvml.com.br)>

### Capacitor 1:

104 - Que é a sua capacitância, e sem mais nenhuma informação.

### Capacitor 2:

400V - Que é a tensão de trabalho.

104 - Que é seu valor em pF

### Capacitor 2:

104 - Que é sua capacitância em pF

J - É a sua tolerância

250V - Que é a tensão de tabalhor.

### Capacitor 4:

2A - Que é o valor da sua tensão máxima

104 - Que é sua capacitância em pF

J - É a sua tolerância

## Carga e descarga de um capacitor

O capacitor ao ser conectado a uma fonte, surge uma **tensão entre as armaduras**, essa tensão tem o mesmo valor prático que o da fonte para efeito de projeto. Quando isso acontece, dizemos que o **capacitor está carregado**, pois mesmo quando desconectado, possui a mesma tensão da fonte. Dessa forma acontece o armazenamento das cargas elétricas em um capacitor.

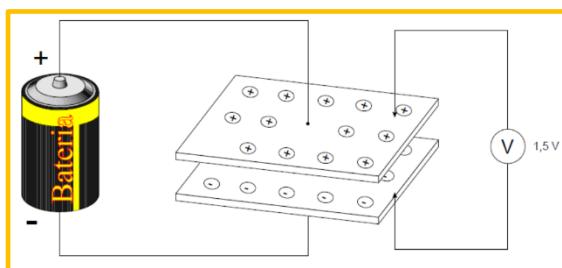


Figura 88 – Cargas elétricas no capacitor  
<libgen.is>

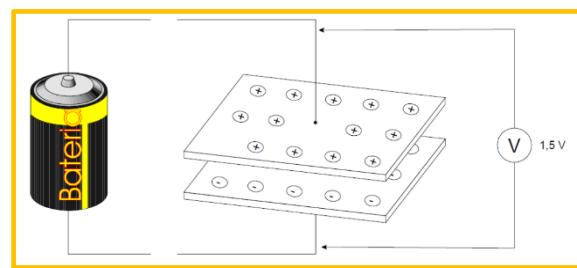


Figura 89 – Cargas elétricas no capacitor  
<libgen.is>

Quando os terminais de um **capacitor carregado** são conectados em uma **carga** tem-se então uma corrente elétrica, já que o capacitor atua como fonte de tensão (figura 88). Quando todos os elétrons em excesso contido em uma das armaduras se movimentam para a outra que possui falta de elétrons, se estabelece novamente o equilíbrio potencial entre elas, portanto o capacitor se encontra descarregado (figura 89).

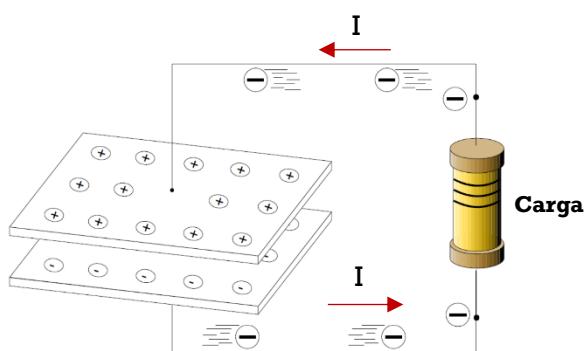


Figura 89 – Capacitor carregando - <libgen.is>

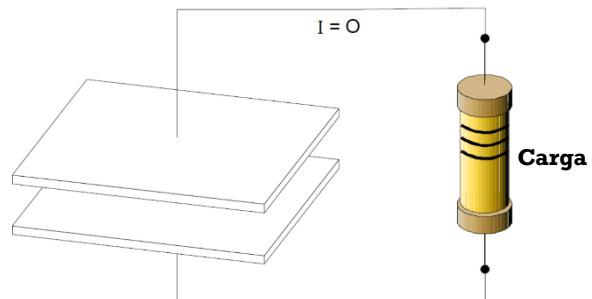


Figura 90 – Capacitor carregando - <libgen.is>

## Associação de capacitores

Bem como os reitores, os capacitores também possuem uma padronização de valores comerciais e, por esse motivo, não se encontra capacitores disponíveis em

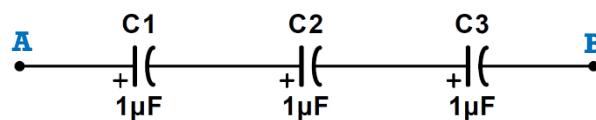
todos os valores. Mas não se preocupe, pois os capacitores são facilmente associados, porém seguem uma regra inversa a dos resistores.

## Associação em série

Na associação em série conectamos os capacitores no mesmo ramo, onde as cargas elétricas armazenadas nas armaduras de cada um dos capacitores sejam iguais. Nesse modelo de associação, a armadura carregada positivamente é ligada à armadura carregada com carga negativa do capacitor seguinte.

A **capacitância**, neste modo, é dada por:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_n}$$



Pode-se utilizar também, para encontrar os valores de 2 em 2 capacitores:

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

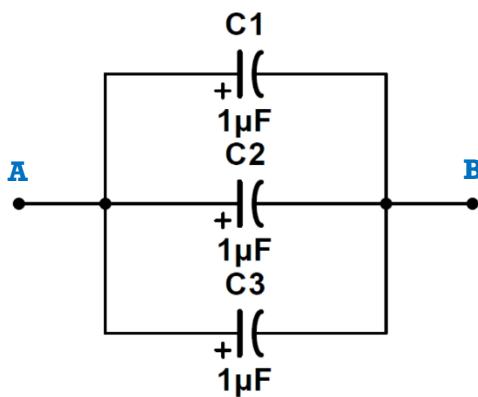
Deste modo pode-se notar que: capacitância equivalente desse circuito é sempre menor que a capacitância de menor valor que compõe o circuito.

## Associação em paralelo

Quando associados em paralelo, a tensão é igual para todos os capacitores. Na associação de capacitores em paralelo, o potencial elétrico é igual para todos os capacitores. As cargas acumuladas nas placas de todos os capacitores são iguais. Então, se as cargas são iguais, mas as capacitâncias são diferentes, então os potenciais também serão diferentes.

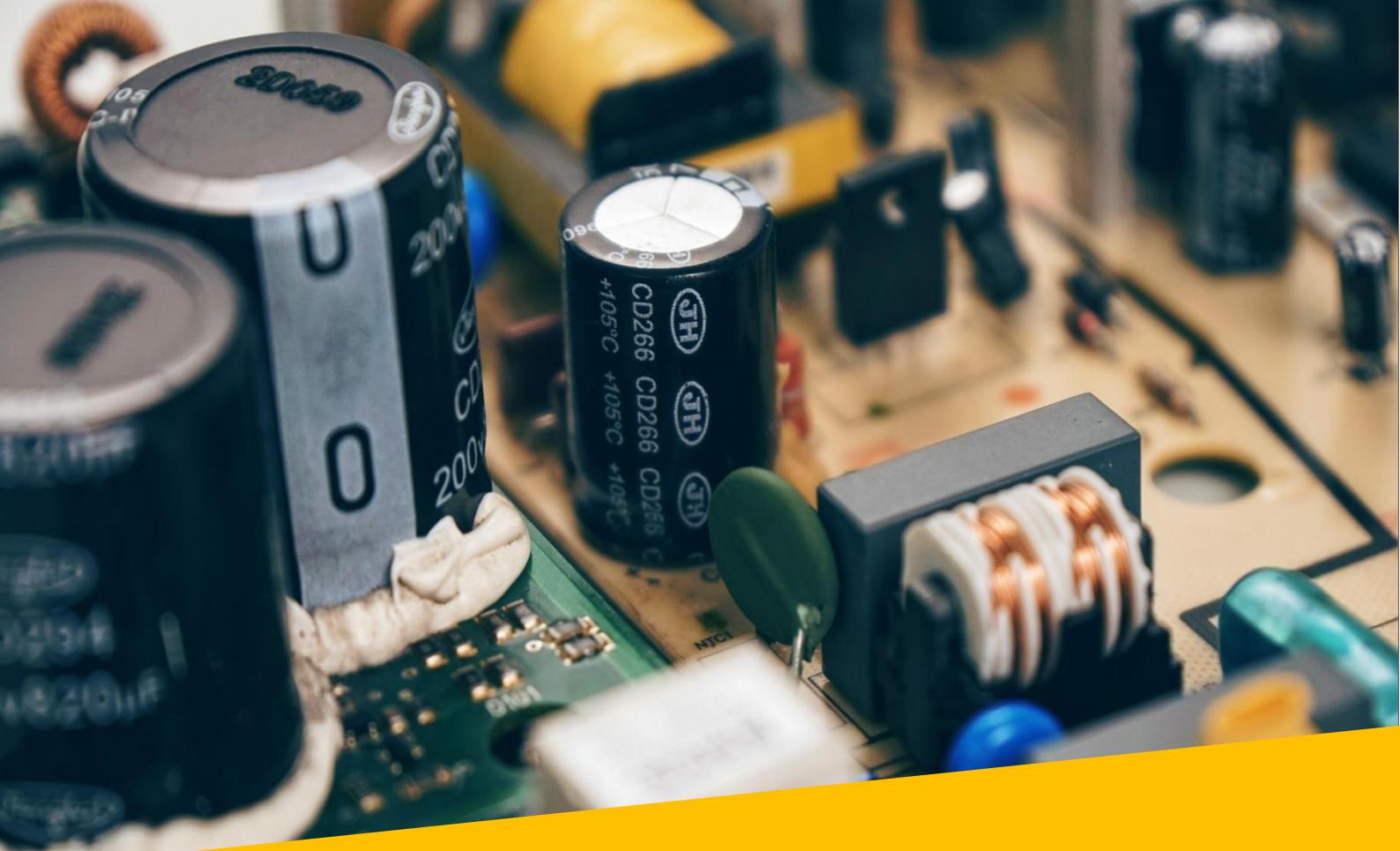
A **capacitância**, neste modo, é dada por:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_n$$



### Associação mista

A associação mista de capacitores consiste em aplicar as características da associação em série junto às da associação em paralelo. Lembrando que para determinarmos a **capacitância equivalente** de capacitores ligados nesse tipo de associação, devemos resolver primeiramente a associação em série, e depois a associação em paralelo, que é o inverso da associação de resistores.



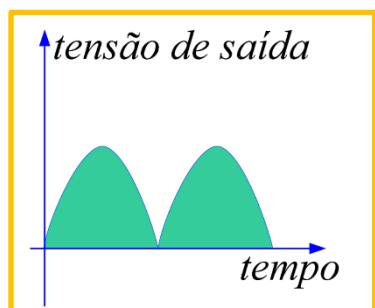
Filtro capacitivo e estabilizador de tensão  
CÁLCULOS, OBSERVAÇÕES E MUITO MAIS

XVII



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

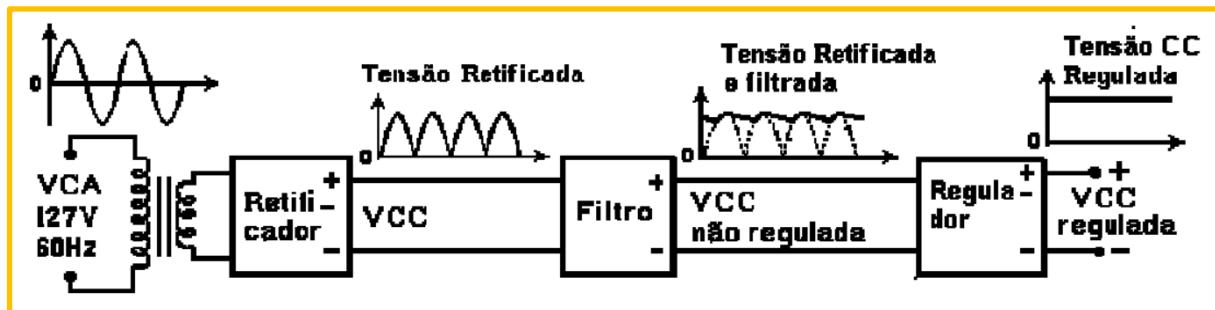
Caracteriza-se como **corrente contínua** aquela que **não varia sua polaridade em relação ao tempo**, como já vimo no módulo XIII. No entanto, esse formato de onda não é usual em **circuitos lógicos**, onde predominam os famosos 0 e 1 (0: desligado e 1: ligado).



**Formato de onda após retificador  
onda completa (sem filtro)**

Figura 91 – Formato de onda sem filtro - <libgen.is>

Esse “defeito” característico em um circuito retificador comum é resolvido pelo filtro capacitivo seguido de um regulador de tensão 78XX. Veja a seguir um diagrama de blocos de uma fonte de alimentação com saída regulada os respectivos formatos de onda:



## Tensão de ondulação

Como já citado, os intensivos processos de carga e descarga do capacitor de filtro geram um novo formato de onda. Os intervalos de tempo  $t_1$  e  $t_2$  representados na Figura 55 definem o tempo de carga e descarga desse capacitor.

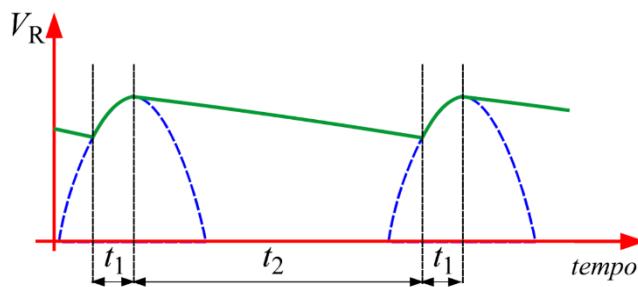


Figura 92 – Tensão de ondulação - <libgen.is>

Como podemos observar, a tensão de saída não tem um valor constante, não assume um valor constante, possui uma variação entre  $V_1$  e  $V_{máx}$ . Essa variação é a tensão de *ripple* ou tensão de ondulação.

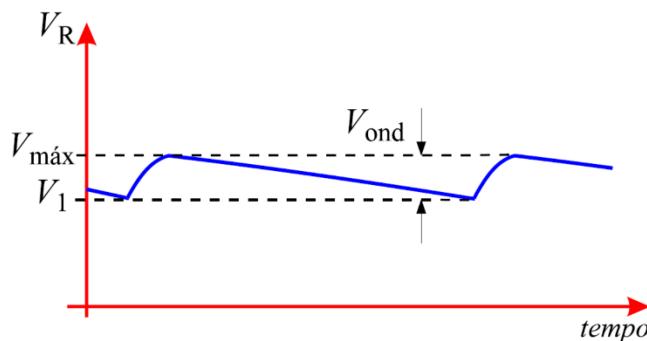


Figura 93 – Capacitor carregando - <libgen.is>

Matematicamente temos:

$$V_{ond} = V_{máx} - V_1 \text{ ou } V_{ond} = \frac{I}{C \cdot f}$$

## O capacitor de filtro

Como já visto no Módulo XXII “Os famosos capacitores”, sabe-se que o capacitor é um elemento armazenador de cargas elétricas e, é através da carga e descarga de um capacitor **conectado diretamente na saída do circuito retificador** é que se tem uma tensão filtrada.

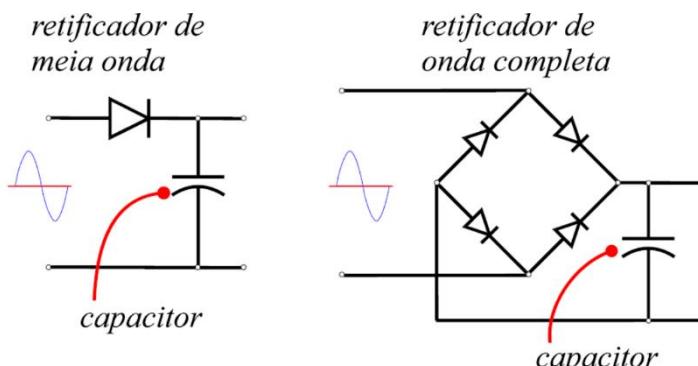
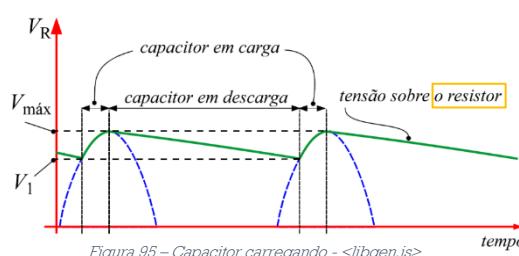


Figura 94 – Capacitor de filtro - <libgen.is>

Com a carga e descarga do capacitor acontecendo, um novo formato de onda é obtido, denominado de: tensão de ondulação ou tensão de ripple.



\*Resistor = carga a ser alimentada

Figura 95 – Capacitor carregando - <libgen.is>

## Calculando o capacitor de filtro

O capacitor de filtro é **calculado em função do regulador de tensão** escolhido. O elemento filtrante é responsável por assegurar uma tensão de ondulação dentro das especificações do regulador de tensão em questão. Podemos tomar como exemplo um regulador de tensão 7805, que precisa de no mínimo 2V a mais para manter a retileinedade gráfica do sinal contínuo. Assim sendo, entende-se que a ondulação e a capacitância são inversamente proporcionais, logo a ondulação precisa ser mínima, o valor do capacitor precisa aumentar e vice-versa.

Dessa forma, para calcular o **capacitor de filtro**, temos:

$$C_f = \frac{I}{V_{ond} \cdot f}$$

Onde:

*Cf*: Capacitor de filtro [F]

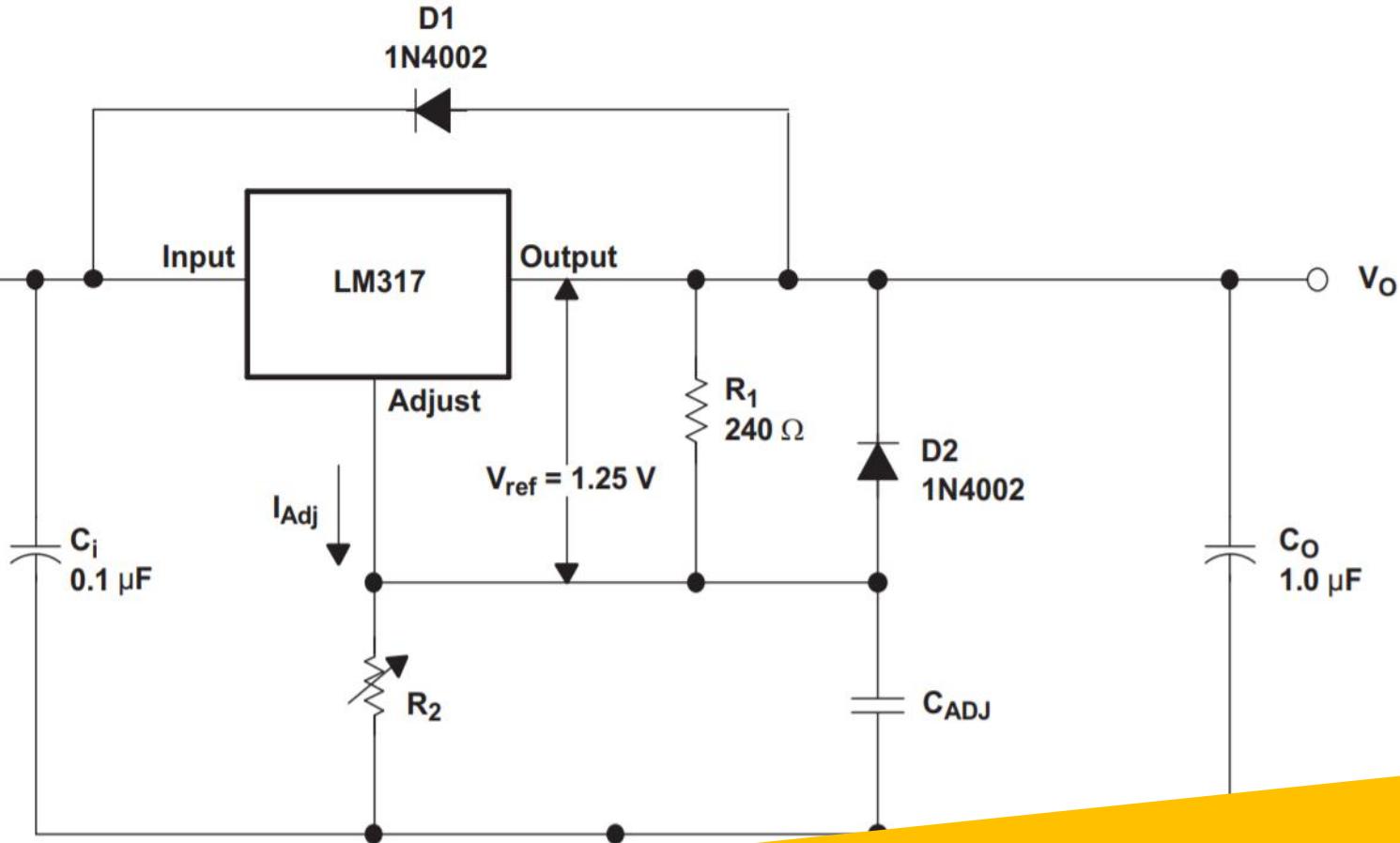
*Vx*: Tensão de ondulação ou Ripple [V]

*I*: Intensidade da corrente da carga [A]

*f*: Frequência de entrada no filtro [Hz]

## Curiosidades

Em paralelo com o regulador de tensão, normalmente, é posto um diodo, denominado de: **Diodo de proteção Bypass**. Esse diodo protege o circuito contra alimentação inversa (alimentar a saída ao invés da entrada).



# Regulador de tensão ajustável

O FAMOSO LM317 E MUITO MAIS

# XVIII

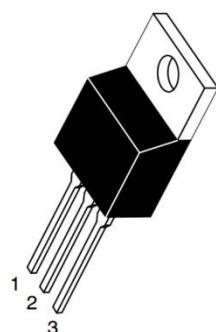


Como já vimos anteriormente, mais especificamente no Módulo XVI, os reguladores de tensão são elementos de extrema importância para a estabilidade do sinal das fontes de alimentação. Os reguladores de tensão também podem oferecer **valores de tensão de saída ajustáveis**, e é disso que vamos falar neste módulo.

Para efeito de aplicação prática (projeto da fonte de alimentação ajustável do curso) e didática simples, trataremos em especial do **LM317**, um dos circuitos mais simples e elementares quando o assunto é regulador de tensão ajustável. Lembrando que esse modelo **também possui tensão mínima de entrada** e quase todas as características do regulador fixo, fique atento ao *datasheet*.

## Falando de pinagem

É importante **não confundir a sequência de pinagem** com os reguladores de tensão fixa, pois uma montagem feita de forma errada pode danificar o componente, por isso, fique atento à seguinte configuração dos pinos:



- 1: Ajuste: (Ajuste);
- 2: Vout: (Tensão de saída);
- 3: Vin: (Tensão de entrada).

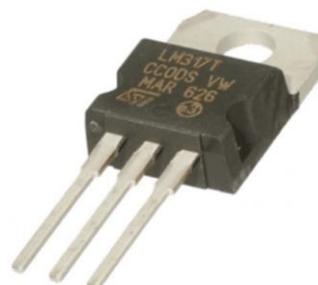
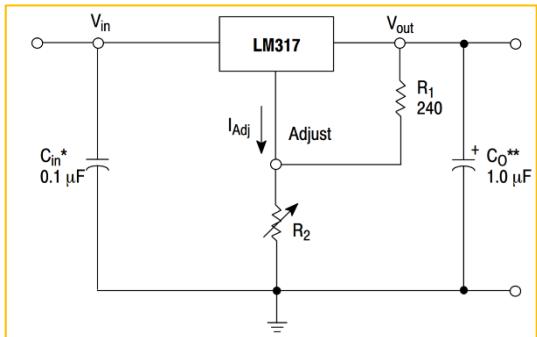


Figura 96 - LM317 - <[baudaelectronica.com.br](http://baudaelectronica.com.br)>

## Círcuito x funcionamento x tensão de saída

O LM317 é um regulador de tensão ajustável positivo de três pinos, é capaz de fornecer mais de 1,5A e uma tensão de saída que varia de 1,2V a 37V. Requer apenas 2 resistores para perfeito funcionamento, um potenciômetro (R2) e um resistor fixo (R1), ou em casos onde requer tensão fixa, usa-se os dois resistores de valor fixo. Sem contar é claro com os capacitores C1 e C2 (de valores recomendados pelo fabricante), cujo assunto já foi tratado também no Módulo XVI.

**Círcuito comum de ligação do LM317**

\*A configuração do circuito pode sofrer alterações em alguns *datasheet*, como por exemplo os valores dos capacitores de filtro, por esse motivo, consultem sempre o datasheet do fabricante e siga as recomendações.

→ A tensão de saída do LM317 é determinada pela **relação entre os dois resistores** de realimentação R1 e R2.

→ A tensão através do resistor de realimentação R1 é uma **tensão de referência constante** de 1,25V,  $V_{ref}$  é produzida entre o terminal de “saída” e o terminal de “ajuste”.

→ A corrente do “terminal de ajuste” é uma **corrente constante de 100 $\mu$ A**.

→ Como a tensão de referência através do resistor R1 é constante, uma corrente constante I fluirá através do outro resistor R2, isso resulta na tensão de saída  $V_{out}$  do regulador ajustável.

Dessa forma, **calcula-se a tensão de saída** através da seguinte expressão:

$$V_{out} = 1,25 \cdot \left( 1 + \frac{R2}{R1} \right) + I_{Adj} \cdot R2$$

**Dica:**

Onde:

$V_{out}$ : tensão de saída ajustada [V];

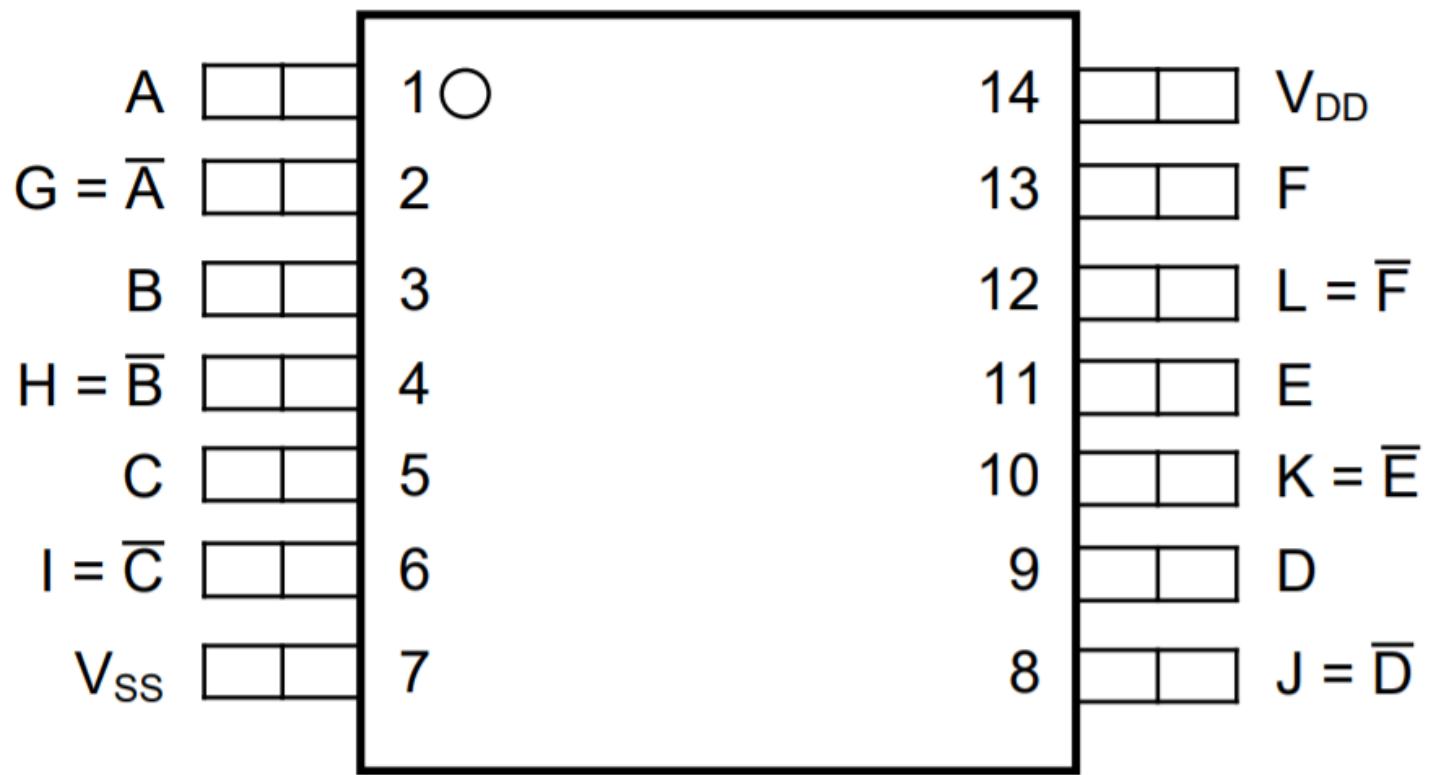
1,25: Tensão de referência [V];

I: Constante da fórmula;

R2 e R1: Resistência relacionadas [ $\Omega$ ];

$I_{Adj}$ : Corrente de ajuste [50 microA];

Lembrando que a resistência R2, teoricamente é um **potenciômetro**, um resistor ajustável. No entanto seu valor deve ser medido na prática após o ajuste para efeitos de cálculo com maior precisão e assertividade.



CI CD4069

SINALIZAÇÃO DA FONTE

XIX



CURSO DE  
ELETROÔNICA FÁCIL

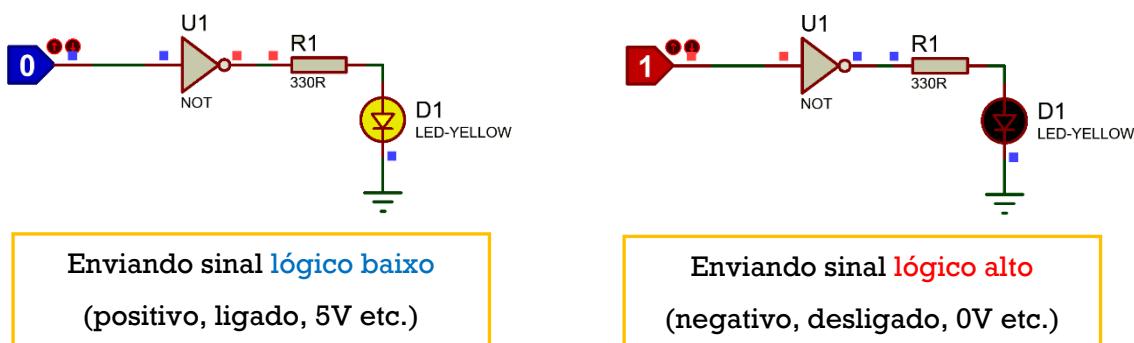
Os circuitos integrados são conhecidos por sua facilidade na hora da montagem dos circuitos eletroeletrônicos e ainda são responsáveis por cada vez mais os circuitos tornarem-se mais compactos e funcionais.

## A porta lógica inversora

No mundo da eletroeletrônica temos um assunto bastante comum que são as famosas lógicas de controle. As lógicas de controle nada mais são do que um estado de funcionamento lógico. Por exemplo: quando temos um interruptor paralelo no corredor, onde pode-se ligar e desligar a lâmpada de qualquer um dos dois pontos, chamamos isso de lógica OU.

A porta lógica inversora é conhecida como **NOT** (Não). Basicamente, ela funciona invertendo o sinal lógico que recebe em sua entrada. Podemos acompanhar o funcionamento através das tabelas da verdade e demonstrações a seguir:

ENTRADA	SAÍDA
0	1
1	0



## O CI 4069

O CI **CMOS 4069** consiste em um componente que contém **6 portas lógicas inversoras** que são independentes eletricamente entre si. Possui um

encapsulamento DIL 14 pinos. Pode ser alimentado com tensão de 3V a 15V e corrente de 500mA a 1A.

## Pinagem



## Limites de Operação

Os limites de operação de um determinado componente variam de acordo com o fabricante e todas as informações estão contidas no *datasheet* de cada componente. Veja:

### UTC CD4069

### CMOS IC

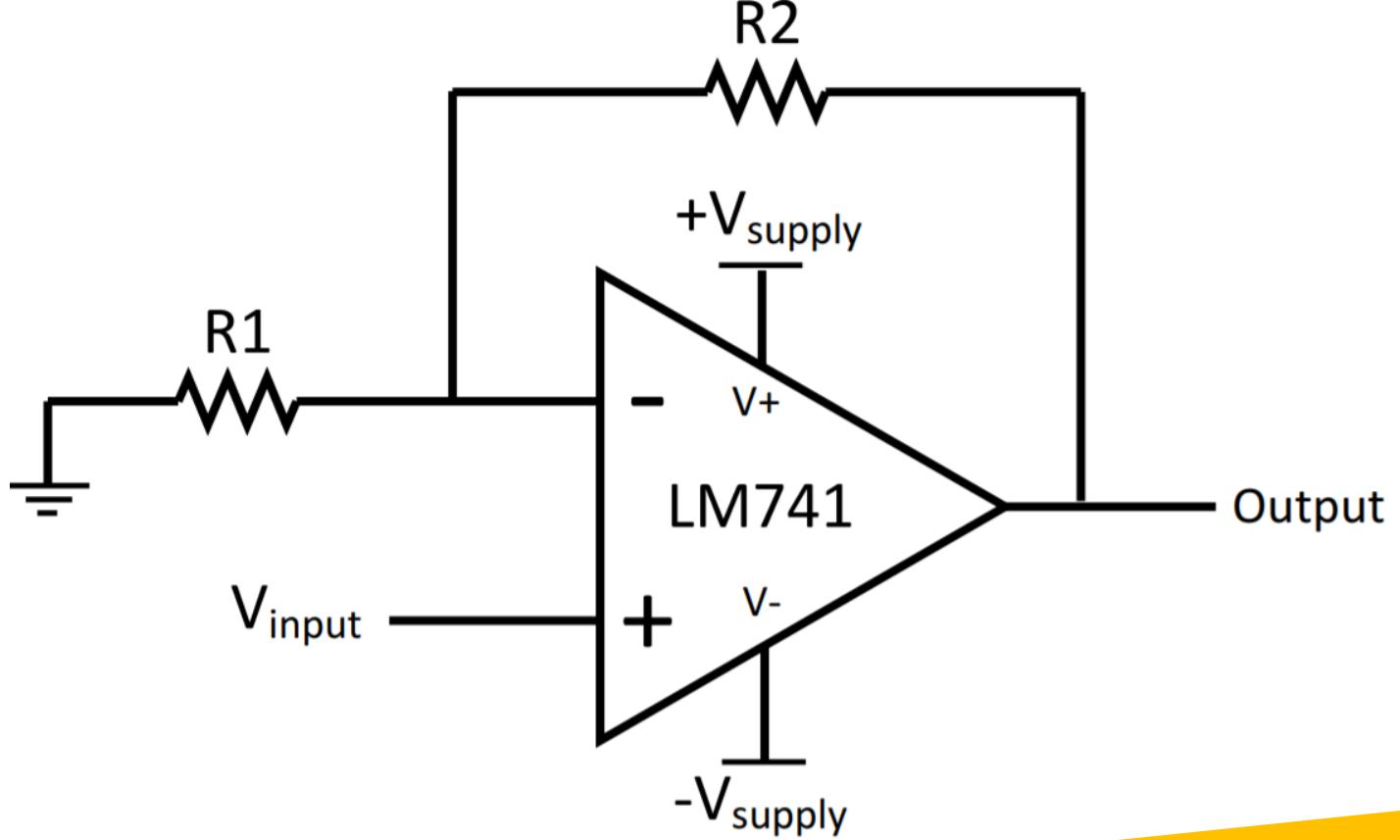
#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1, Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	RATINGS	UNIT
DC Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	-0.5 ~ +18	V
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	-0.5 ~ V <sub>DD</sub> +0.5	V
Storage Temperature Range	T <sub>S</sub>	-65 ~ +150	°C
Power Dissipation	P <sub>D</sub>	700 500	mW
DIP-14 SOP-14			
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	T <sub>L</sub>	260	°C

#### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	RATINGS	UNIT
DC Supply Voltage	V <sub>DD</sub>	3 ~ 15	V
Input Voltage	V <sub>IN</sub>	0 ~ V <sub>DD</sub>	V
Operating Temperature Range	T <sub>a</sub>	-40 ~ 85	°C

Tabela 16 – Limites de operação - Fonte: <[http://www.ece.mtu.edu/labs/EEElabs/EE2304/EE2304\\_website\\_2008/Stepper%20Motor%20Resources/CD4069.pdf](http://www.ece.mtu.edu/labs/EEElabs/EE2304/EE2304_website_2008/Stepper%20Motor%20Resources/CD4069.pdf)>



## Amplificador operacional

CONHECENDO O AMPLIFICADOR OPERACIONAL

**XX**

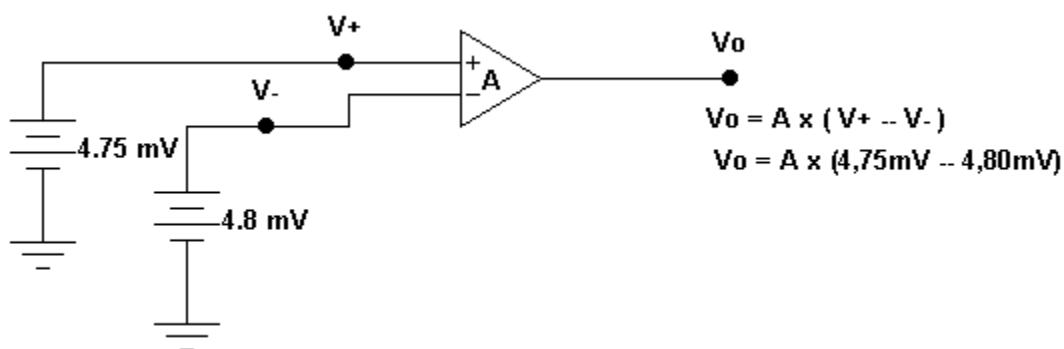


O amplificador operacional é um componente eletrônico construído através da junção de resistores, capacitores e transistores. Esse componente está presente em quase todos os tipos de circuitos eletrônicos, sendo eles aplicados no ramo industrial, eletrodomésticos ou até mesmo indústrias petroquímicas e outras áreas mais específicas.

Os primeiros amplificadores operacionais surgiram na década de 40, através das famosas válvulas eletrônicas, e com o surgimento dos transistores na década de 50 essas características passaram a ser razoáveis, no entanto, o auge foi na década de 60 com o surgimento dos circuitos integrados que a sua aplicação passou a ser de fato relevante. O primeiro amplificador em formato de CI foi lançado pela empresa FAIRCHILD.

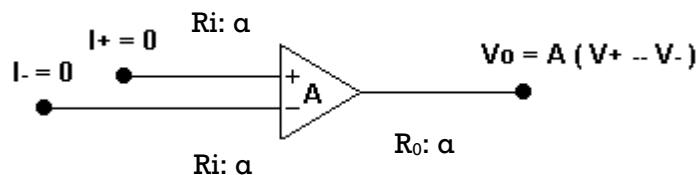
## O funcionamento do amplificador operacional

O AOP tem a função de **amplificar** o resultado da **diferença entre suas entradas**. Veja a representação a seguir:



Podemos notar, que no exemplo acima, usa-se a diferença entre dois sinais contínuos. Supondo que o **A** seja de 100.000. Logo, a tensão de saída ( $V_o$ ) será, portanto:  $V_o: 100.000 (4,75\text{mV} - 4,8\text{mV}) = -5,0\text{V}$ . Por definição sempre o **ganho A será positivo** e sempre que  $V_+ - V_-$  for **menor que zero** a tensão de saída será **negativa** ou vice-versa.

## Conhecendo um amplificador ideal



- 1) AOP ideal só amplifica a diferença dos sinais de entrada, nunca amplifica o sinal comum às duas entradas. Portanto podemos dizer que o AOP ideal nunca satura.
- 2) AOP ideal não consome e nem fornece corrente através de suas entradas, consequentemente a impedância das entradas do AOP é infinita ( $R_i = \infty$ )
- 3) AOP ideal tem impedância de saída nula ( $R_o = 0$ ). Isto significa que a saída é uma fonte de tensão ideal independente da corrente drenada pela carga acoplada a saída.
- 4) AOP ideal deve ter ganho  $A = \infty$  (infinito), ou seja, para que a ampliação seja viável, inclusive para sinais de baixa amplitude o ganho de tensão é infinito.
- 5) AOP ideal deve ter um ganho  $A$  constante que independe do valor da frequência dos sinais de entrada, não deve introduzir defasagem ou mesmo atraso no circuito e  $A$  é um número real e positivo.
- 6) AOP ideal deve apresentar insensibilidade a temperatura.

## Conhecendo um amplificador real

### Ganho de Tensão

O ganho de tensão que é obtido através da relação entre a tensão de saída pela tensão de entrada.

### Tensão de OFFSET

Um AOP real tem a saída de um amplificador ideal nula, mas quando suas entradas estão em curto-circuito. Nos amplificadores reais acontece um casamento

de impedâncias imperfeito dos dispositivos de entrada normalmente diferencial a saída do AOP pode ser diferente de zero quando ambas as entradas assumem potencial zero. Significa dizer que há uma tensão CC equivalente, na entrada chamada de tensão de OFFSET. Os valores desta tensão normalmente nos amplificadores comerciais estão situados na faixa de 1 a 100mV os componentes comerciais estão dotados de entradas para ajuste da tensão de OFFSET.

## SLEW RATE

Define-se SLEW RATE (SR) de um amplificador como sendo a máxima variação de tensão de saída por unidade de tempo. Normalmente o SR é dado em  $V/\mu s$ .

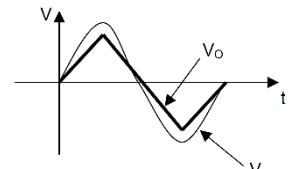
Em termos gerais, podemos dizer que o valor de SR nos dá a “velocidade” de resposta do amplificador. Quanto maior o SR, melhor será o amplificador. O AOP 741 possui o  $SR = 0,5V/\mu s$ , o LF351 possui  $SR = 13V/\mu s$  e o LM318 possui  $SR=70V/\mu s$ . Em textos nacionais costuma-se traduzir SLEW RATE por taxa de subida, taxa de resposta, taxa de giro etc.

Para calcular o SR basta aplicar a fórmula abaixo:

$$SR = 2\pi \cdot F \cdot V_p$$

Convém frisar que  $V_p$  é a amplitude máxima ou valor de pico do sinal senoidal de saída.

A equação nos diz que a função SR (determinado pelo fabricante), o projetista deverá estabelecer um comprometimento entre as variáveis  $F$  e  $V_p$ , ou seja, para  $F$  deve ser  $F$  fixado ter-se-á um valor máximo de  $V_p$  e vice-versa. Caso não observe este fato, o sinal de saída poderá sofrer uma distorção acentuada, conforme a figura abaixo (no caso de onda senoidal).



## OVERSHOOT

Finalmente, resta-nos considerar uma outra característica citada nos manuais dos fabricantes denominada OVERSHOOT, a qual costuma ser traduzida por “sobre-

passagem” ou “sobre disparo”. O OVERSHOOT é o valor, dado em porcentagem, que nos indica quanto o nível de tensão de saída foi ultrapassado durante a resposta transitória do circuito, ou seja, antes da saída atingir o estado permanente. Para o 741, o OVERSHOOT é da ordem de 5%. Convém frisar que o OVERSHOOT é um fenômeno prejudicial, principalmente quando se trabalha com sinais de baixo nível.

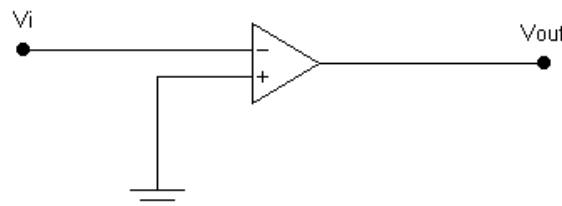
## Polarização do amplificador operacional

Agora que já conhecemos o amplificador operacional podemos estudar seus modos de operação que são:

- Sem Realimentação;
- Realimentação Positiva;
- Realimentação Negativa;

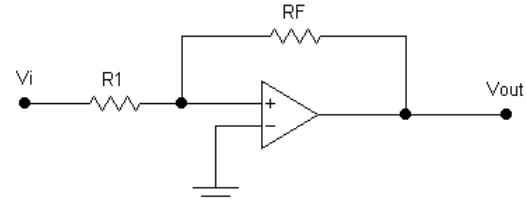
### Sem Realimentação

Este modo é conhecido como operação em malha aberta, por utilizar o ganho do operacional estipulado pelo fabricante, ou seja, não se tem o controle dele. Este modo de operação é largamente empregado em circuitos comparadores.



### Realimentação positiva

Este modelo de operação é denominado operação em malha fechada. Pois o ganho do operacional é obtido pelo projetista. Apresenta como desvantagem uma instabilidade ao circuito. Aplicado em circuitos osciladores.



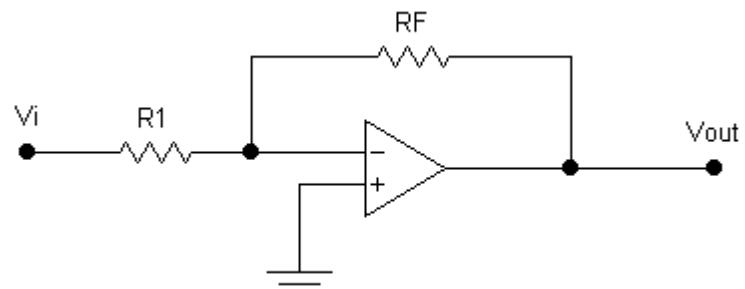
Neste modo de operação o AOP não trabalha como amplificador de sinais, pois sua resposta não é linear.

## Realimentação Negativa

Este modo de operação é o mais importante e o mais utilizado em circuitos com AOP, veja que a saída é reaplicada à entrada inversora do AOP através de RF.

Existem várias aplicações para os AOP com realimentação negativa entre elas podemos destacar:

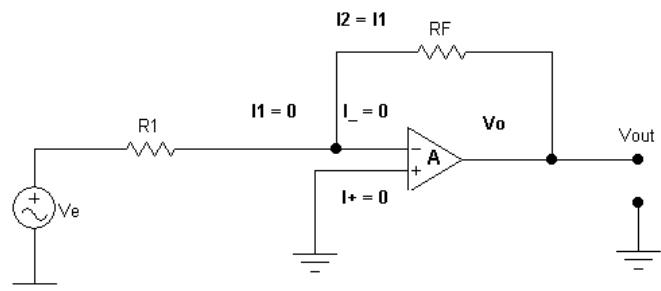
- Amplificador Inversor;
- Amplificador Não Inversor;
- Amplificador Somador;
- Amplificador Diferencial;
- Diferenciador;
- Integrador;
- Filtros Ativos etc.



Segue o mesmo modo da realimentação positiva tem característica de malha fechada, ou seja, o ganho é determinado por  $R_1$  e  $RF$  e pode ser controlado pelo autor do projeto.

## Circuitos básicos e configurações

O amplificador operacional é um componente extremamente versátil para o mundo da eletroeletrônica. Por esse motivo, ele é aplicado de diversas formas, e essas formas de aplicação acompanham montagens distintas entre si. **Amplificador inversor**



Vamos conhecer cada componente presente nesta configuração de circuito. **Gerador** de sinal  $V_E$ , responsável por alimentar todo o circuito. Em seguida, temos um **amplificador operacional** com um ganho qualquer. A **saída**  $V_0$  do amplificador que, por sua vez, também é a saída

do circuito  $V_{out}$ . Contamos ainda com os dois **resistores** R1 e RF, note que R1 está ligando eletricamente o sinal de entrada ( $V_E$ ) com a entrada inversora do AOP, RF está fornecendo um caminho elétrico entre a saída ( $V_{OUT}$ ) e a entrada inversora do AOP.

**“A grandeza mais importante em um circuito analógico é o ganho de tensão do circuito, denominado de  $A_v$ ”.**

Para efeito de cálculos, nesta configuração do AOP, temos:

**Ganho de tensão:**

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_e}$$

Na equação acima temos  $V_{OUT}$  sendo a própria saída do amplificador. Logo temos dois ganhos de tensão: o ganho do circuito ( $A_v$ ) e o ganho interno do AOP (A). para efeito de simplificação, determinamos as correntes de cada ramo, conforme observamos neste circuito, pela Lei das Correntes de Kirchhoff:

$$I_1 = I_2 + I_-$$

Neste momento da análise devemos ter em mente as características do AOP ideal onde mostra que as entradas do operacional não drenam corrente. Portanto:

$$I_+ = 0 \text{ e } I = 0$$

Dessa forma, então, podemos dizer que:

$$I_1 = I_2$$

Podemos expressar então as correntes da seguinte maneira:

$$I_2 = \frac{V_- - V_0}{R2} \text{ e } I_1 = \frac{V_E - V_-}{R1}$$

## Amplificador não inversor

Sabendo que o AOP ideal tem como saída  $V_o = A(V_+ - V_-)$  no circuito proposto a entrada não inversora está aterrada, ou seja,  $V_+ = 0$  e  $V_o = V_{out}$ . Desta forma  $V_{out} = -AV_-$  ou seja,  $V_- = -V_{out}/A$ . Substituindo na expressão anterior temos:

$$R_1 V_{out} - (R_1 - R_F) \frac{V_S}{A} = -R_F V_E$$

A expressão acima não nos diz muita coisa, mas quando forçamos um  $A$  muito elevado, o termo  $A^{-1}(1 + R_F/R_1)$  do denominador tende a zero e a expressão acima se simplifica para:

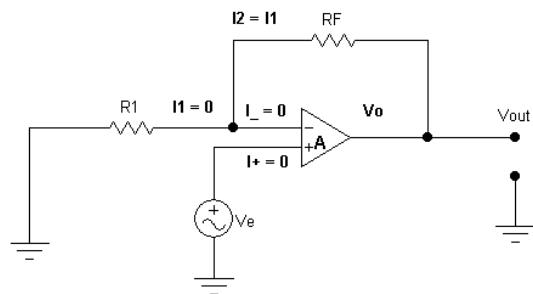
$$\frac{V_{out}}{V_E} = -\frac{R_F}{R_1}$$

Esta expressão é utilizada para determinar o ganho do amplificador inversor, ele possui este nome devido ao sinal negativo na frente de  $R_F/R_1$ . Sabemos que um sinal negativo corresponde a uma inversão de fase, ou seja, graficamente ele corresponde a um espelhamento em relação ao eixo x, isto é, no tempo o sinal da saída é invertido em relação ao sinal de entrada.

E pressuposto também que o ganho de tensão do amplificador operacional nunca sature, ou seja, ele sempre trabalhará na região linear onde a expressão  $A(V_+ - V_-)$  é válida. Esta observação é válida para todos os circuitos de AOP com modo de operação de realimentação negativa.

Na verdade, um AOP quando usado para amplificar sinais, sempre é empregado com algum tipo de realimentação entre o sinal e sua saída e os sinais em suas entradas, no nosso exemplo no circuito mostrado no inicialmente temos um resistor RF que executa esse papel que é fechar a ligação entre a saída e a entrada.

Sempre que há um caminho fechado entre saída e entradas chamamos de circuito de malha fechada. Um AOP quando é utilizado para amplificar sinais



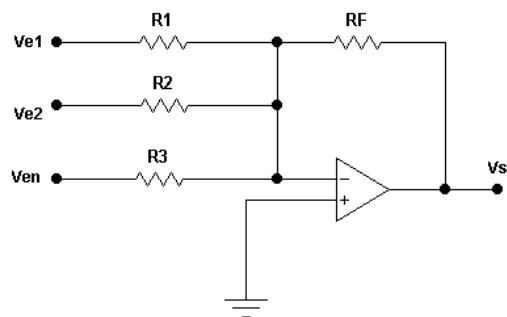
sempre é empregada a condição de malha fechada. Podemos dizer de fato que o AOP em malha aberta tem um ganho infinito. Desta forma o comportamento do circuito se dá através de características de componentes externos.

## Amplificador Somador

Amplificador somador tem a finalidade somar dois ou mais valores de entradas analógicas ou digitais em tempo real. Exemplo pode-se somar uma rampa, uma senoide e um nível contínuo instantaneamente em tempo real.

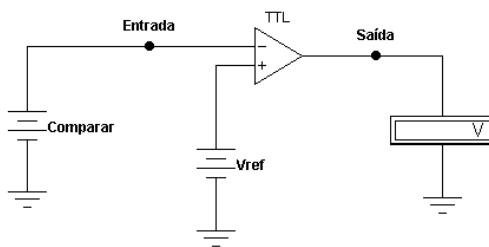
Empregado em misturadores de sinal

Circuito Padrão:



## Comparador

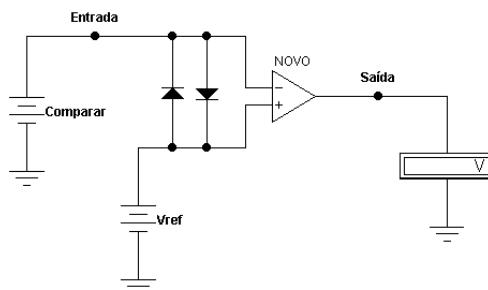
Frequentemente precisamos comparar uma tensão com outra para verificar qual delas é a maior. Tudo o que precisamos é uma resposta sim/não. Um comparador é um circuito com duas tensões de entrada (não inversora e inversora) e uma tensão de saída. Quando a tensão não inversora for maior que a tensão inversora, o comparador produzirá uma alta tensão; quando a entrada não inversora for menor que a entrada inversora, a saída se baixa. A saída alta simboliza a resposta sim e a resposta não será mais baixa. A maioria dos circuitos comparadores são construídos por AOP's na configuração de malha aberta ou às vezes tendo sua tensão de saída limitada por diodo zener. Na maioria dos casos o diodo zener também é utilizado como tensão de referência.



Equação Geral:

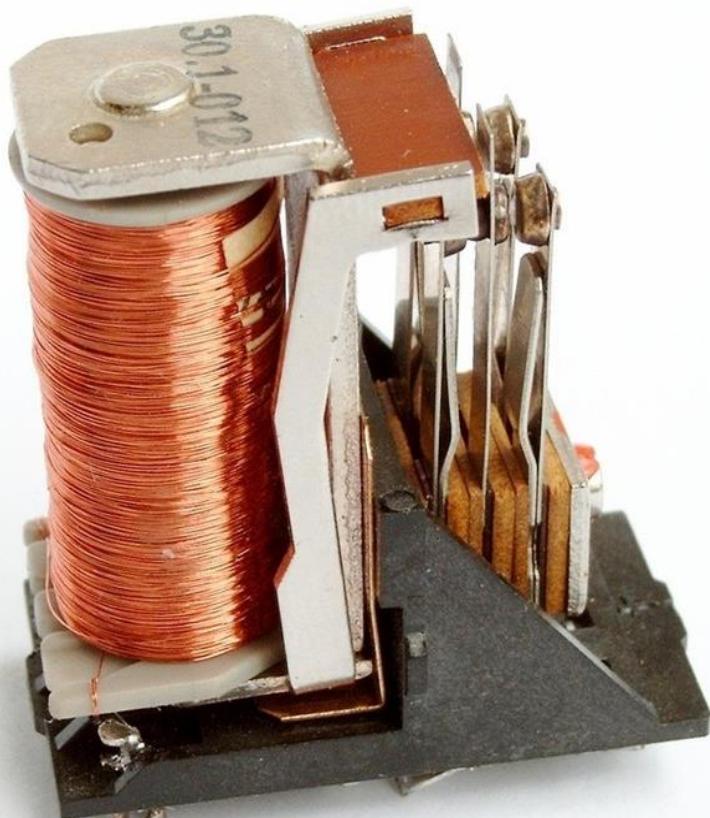
$$V_s = A (V_+ - V_-)$$

Na prática quando se projetam circuitos comparadores, é muito comum a utilização de dois diodos em antiparalelo, colocados entre os terminais da entrada para proteger o estágio diferencial contra possíveis sobretensões ou sobrecorrentes que possam danificar o integrado. Conforme o circuito abaixo:



## Curiosidade

Os amplificadores têm nomenclaturas distintas para cada tipo de fabricante. Ex: **Fairchild** μA741, **National** LM741, Texas SN741 etc. São equivalentes entre si, portanto podem ser substituídos em casos de manutenção, mas não deixe de consultar o *datasheet*.



# Relé

DESVENDANDO O RELÉ E ACIONANDO CARGAS

**XXI**



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

## Sobre os relés

Quando falamos de eletrônica e acionamento de cargas, quase sempre teremos algum tipo de interface envolvida em nosso circuito e/ou projetos. O relé permite o acionamento de circuitos que exigem altas potências em relação aos microcontroladores ou qualquer tipo de sistema de controle, que por sua vez possuem corrente baixa. Podemos acionar cargas de altas potenciais como: motores, lâmpadas, eletroímãs etc.

Podemos tomar como exemplo de aplicação um dado circuito que é composto por um transistor de pequena potência da ordem de 0,1<sup>a</sup>, e essa corrente não é suficiente o bastante para, porém esta corrente consegue ativar um relé para através deste controlar a carga que possui maior potência (motor).

Concluímos então que: este componente isola o circuito de controle do circuito que está sendo controlado, o que dá segurança. Não há contato elétrico entre o circuito da bobina e os contatos. Assim, não existe passagem de corrente elétrica do circuito que ativa o relé para o circuito que ele controla.

## Qual a composição básica de um relé?

### Bobina

A bobina é responsável por gerar um campo magnético indispensável para acionar o circuito magnético. É constituída por um enrolamento de fio de cobre envernizado e isolado. Normalmente a potência da bobina varia entre 0,5 W e 2 W, atingindo 6 W nos casos de relés de potência. Existem relés sensíveis, com consumo muito inferior.

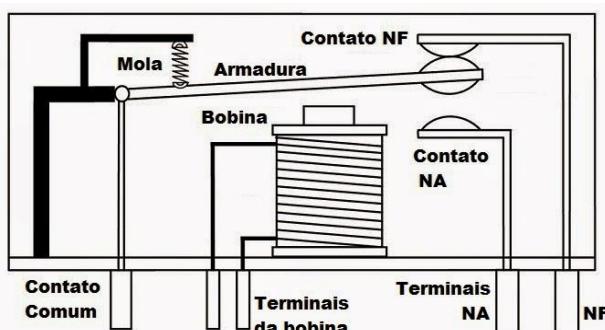


Figura 97 – Relé eletromecânico vista interna - <2.bp.blogspot.com>

## Círcuito magnético

O circuito magnético é basicamente formado por 3 partes:

- **Núcleo** (interior da bobina)

- **Armadura fixa** (suporte do relé)

- **Armadura móvel**, essa se move pela força de atração do campo magnético, esse movimento, por sua vez, é responsável pelo movimento dos contatos.

Para efeitos de projeto é extremamente importante observar as recomendações de uso e limitações físicas do produto. No geral, as peças desse conjunto são feitas em metais com ligas especiais para evitar magnetização permanente ou desgaste, que é mais conhecido por “contatos colados”.

## Contatos

Esses são os responsáveis por permitir ou não o acoplamento da carga com a fonte de alimentação dela, ou seja, eles abrem ou fecham o caminho da corrente elétrica. Possuem duas partes, uma fixa e uma móvel.

Os contatos NC (NF: normalmente fechado) em estado de repouso, possibilitam a passagem da corrente elétrica.

Já os NO (NA: normalmente aberto) quando é induzida uma corrente na bobina, esta movimenta a armadura móvel, na qual os contatos estão fixados, logo os contatos NO comutam e fecham após a bobina ser excitada.

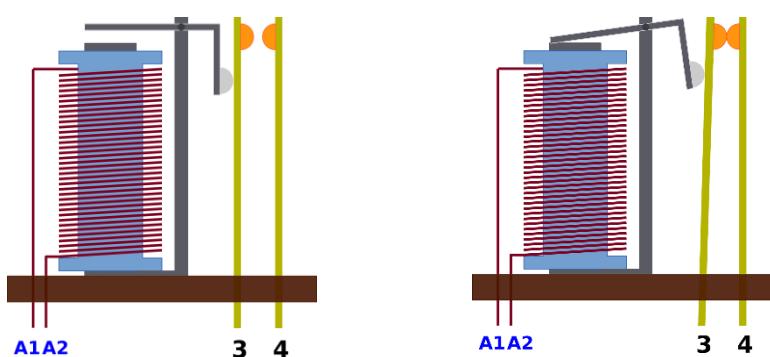


Figura 98 – Relé eletromecânico vista dos contatos - <2.bp.blogspot.com>

## Valores de dimensionamento de um relé

→ Tensão nominal – a bobina deve ser submetida a esta tensão;

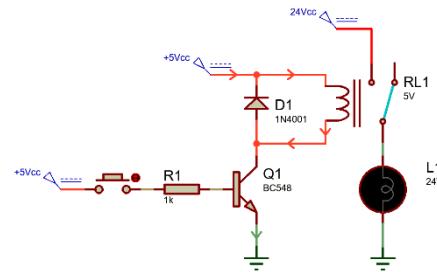
- Intensidade nominal – intensidade de corrente que circula na bobina quando submetida à tensão nominal;
  
- Tensão mínima de acionamento ou de resposta – mínimo valor de tensão capaz de comutar o relé (cerca de 80% da tensão nominal);
  
- Intensidade mínima – intensidade de corrente que circula na bobina quando submetida à tensão mínima.
  
- Tensão de relaxação – tensão em que o relé retorna à posição de repouso;
  
- Intensidade de corrente correspondente à tensão de relaxação.

## Falando sobre os contatos

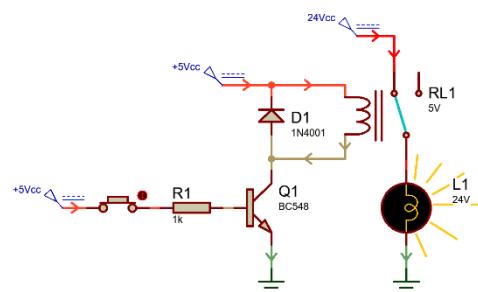
- Tensão nominal – tensão aplicada aos contatos antes que se fechem;
  
- Máxima tensão nominal – tensão de isolamento dos contatos;
  
- Máxima corrente de circulação – máxima intensidade de corrente tolerada pelos contatos;
  
- Pressão dos contatos – força que os contatos aplicam um sobre o outro quando são fechados;
  
- Resistência de contato – resistência ôhmica apresentada entre dois pontos de contato quando unidos por pressão.

## O circuito de acionamento de um relé

A carga é conectada nos terminais de potência do relé. Podendo ser comandada para desligar a partir de um comando ou a ligar a partir desse mesmo comando. Essa possibilidade se dá devido aos contatos NA e NF, como já mencionado anteriormente.



Quando a bobina é exposta a um sinal lógico alto [+5Vcc], surgindo então o campo eletromagnético, que por sua vez desloca a armadura do seu estado normal



(desligado) para seu estado atípico (ligado). Note que a tensão e, consequentemente a corrente que circulam no circuito da carga (lâmpada) é diferente ao circuito de acionamento. Em função disso é que o relé se torna um dispositivo excepcional de interfaceamento de cargas.

## O diodo nos circuitos com relés

Você já deve ter notado que, quase sempre, um diodo que acompanha os circuitos de acionamento dos relés. Mas já parou para pensar o porquê disso? Pois bem, acompanhe a teoria da coisa.

Quando o relé é desligado, as linhas de força do campo magnético gerado para puxar o núcleo onde os contatos estão localizados para baixo que se encontravam em seu estado de expansão máxima se contraem. Após essa contração, as espiras da bobina são “cortadas”, e, portanto, há uma indução de corrente elétrica. Essa corrente se caracteriza, por leis da física, em ter um sentido oposto àquela que gerou o campo magnético na bobina no momento de acionar o relé, e por sua vez pode assumir valores de tensão elevados. E mecanicamente

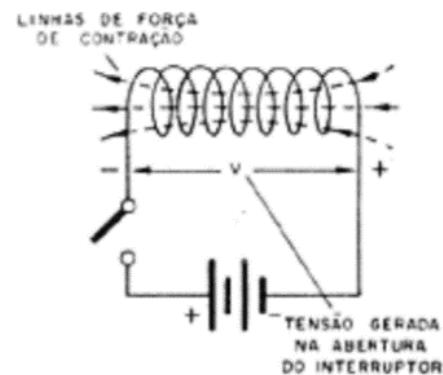
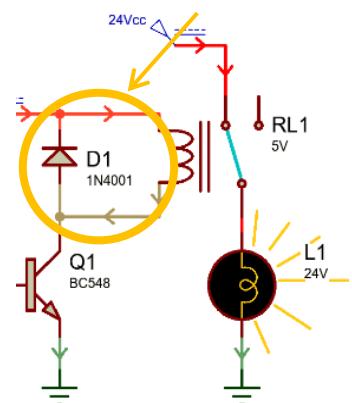


Figura 99 - <tabalabs.com.br>

falando, o núcleo móvel do relé, ao retornar à sua posição inicial, contribui com este fenômeno.

O diodo, nessa situação, funciona como um bloqueio à tensão reversa gerada. De forma análoga, podemos comparar com um veículo subindo uma via inclinada, enquanto o motor está ligado ele mantém seu deslocamento ideal, quando o motor é desligado esse veículo tende a “voltar”, e é aí que o freio (diodo) entra em ação evitando esse fenômeno.





# Transistor NPN e PNP I

CONHECENDO OS TRANSISTORES

**XXIII**



CURSO DE  
ELETRÔNICA FÁCIL

A descoberta dos transistores revolucionou a eletrônica, tanto é que rendeu prêmio Nobel a três cientistas da Bell Labs USA. O transistor é um componente construído utilizando dos cristais semicondutores, sim, aqueles mesmos cristais que compõe os diodos semicondutores.

O transistor é capaz de atuar como **controlador de corrente**, o que lhe permite à amplificação de sinais e pode atuar ainda como **chave eletrônica**. Nas duas funções o transistor pode atuar em uma ampla gama de aplicações, como:

- **Amplificador de sinais:** Imagem e som, equipamentos do parque industrial;
- **Chave eletrônica:** Computadores eletrônicos, chaves 0-1.

## Construção física do transistor TJB

Basicamente, o transistor bipolar é formado por **duas camadas de material semicondutor** do mesmo tipo de dopagem, entre elas é inserido um terceiro tipo de camada de material semicondutor de dopagem diferente.

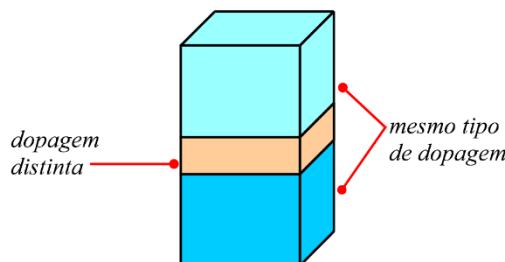


Figura 100 – Construção simples transistor - <libgen.is>

## Diferenciando os tipos de transistores

Como já estudado anteriormente, sabemos que possuem dois tipos distintos de cristais semicondutores, sendo eles: tipo N e o tipo P. Essa eventualidade permite que possamos formar dois tipos de transistores, o transistor NPN e o transistor PNP.

Com a camada interna sendo do tipo P e as externas do tipo N, tem-se então o transistor NPN, acionado com sinais positivos (P). Já o que possui as camadas

externas em cristal P e a camada interna em cristal N, temos o transistor PNP, acionado com sinal lógico baixo (N).

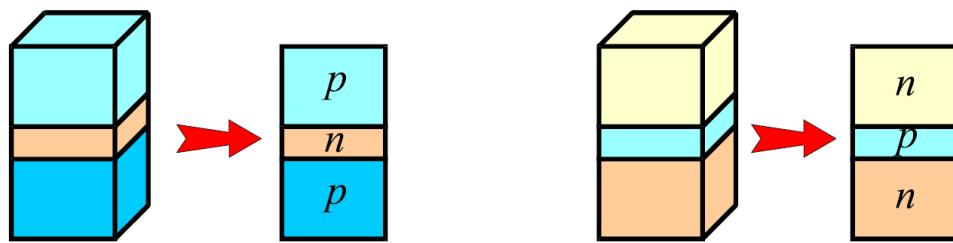


Figura 101 – Construção simples transistor PNP e NPN - <libgen.is>

## Os terminais de um transistor

Cada uma das camadas existentes no transistor, sendo ele PNP ou NPN, são conectadas em um terminal, esse terminal é responsável pela conexão elétrica do componente com o restante do circuito. Temos então, com a quantidade de cristais, três terminais: Coletor, emissor e base.

- Base: A camada do meio (central) é denominada de BASE [B];
- Coletor: Uma das camadas externas é denominada de COLETOR [C];
- Emissor: A outra camada externa é denominada EMISSOR [E].

Para os dois tipos de transistores temos então:

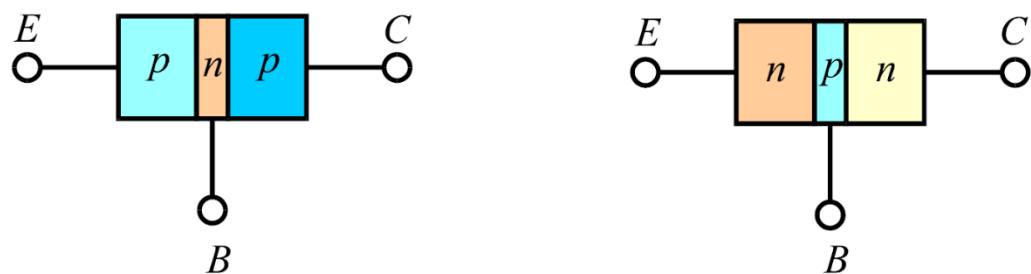
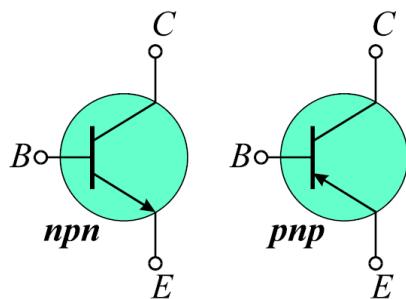


Figura 102 – Terminais dos transistores NPN e PNP - <libgen.is>

## Falando de simbologia

Os transistores, como todo e qualquer componente eletrônico, também possui simbologia para efeito de identificação em diagramas e esquemáticos eletroeletrônicos. Pelo fato de existirem dois tipos de transistores, suas simbologias também variam de acordo com o transistor em questão. Veja:



**Dica:**

**NPN:** seta **N**ão penetra no transistor

**PNP:** seta **P**enetra no transistor

Figura 103 – Símbologia transistores NPN e PNP - <libgen.is>

## Aparência dos transistores

Podem apresentar diversos tipos de **encapsulamentos**, em função da capacidade de dissipar calor e aplicações em questão.



Figura 104 – Invólucros dos transistores - <libgen.is>

## Princípio de funcionamento do transistor bipolar

A aplicação de **tensões externas** provoca o movimento de **elétrons livres** e lacunas no interior da estrutura cristalina (como visto no módulo dos diodos semicondutores), dando origem às correntes nos terminais do transistor. Utiliza-se como representação de circuito para essas correntes as indicações contidas na figura a seguir:

**I<sub>B</sub>** = corrente de base.

**I<sub>C</sub>** = corrente de coletor.

**I<sub>E</sub>** = corrente de emissor.

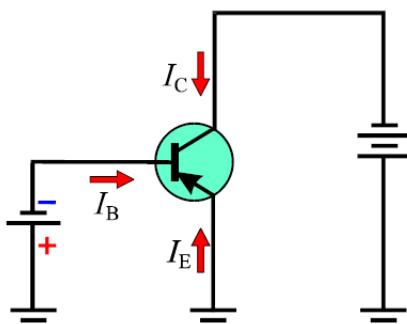


Figura 105 – Identificação das correntes - <libgen.is>

O sentido das correntes representadas segue uma convenção que estabelece: **Correntes positivas são aquelas que fluem do circuito externo para os terminais do transistor.**

Essa convenção diz que, as correntes nos terminais do transistor têm a seguinte relação:

$$I_b + I_c + i_E = 0$$

Seguindo a convenção adotada, para transistores **n-p-n** e **p-n-p** operando na região ativa, os sinais das três correntes definidas da seguinte maneira:

Corrente	Transistor <i>p-n-p</i>	Transistor <i>n-p-n</i>
$I_B$	negativa	positiva
$I_C$	negativa	positiva
$I_E$	positiva	negativa

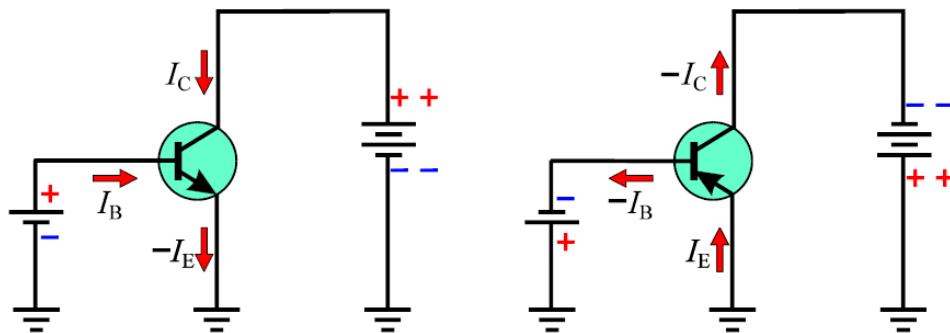


Figura 106 – Identificação das correntes - &lt;libgen.is&gt;

## Corrente da base

A corrente de base é polarizada e produzida através de uma tensão externa aplicada diretamente na base, causando um efeito semelhante ao momento em que o diodo semicondutor passa a conduzir o fluxo (como se fosse uma válvula). Com um **valor superior ao potencial de barreira** da junção base-emissor, facilita a injeção de lacunas do emissor para a base e de elétrons livres no sentido inverso.

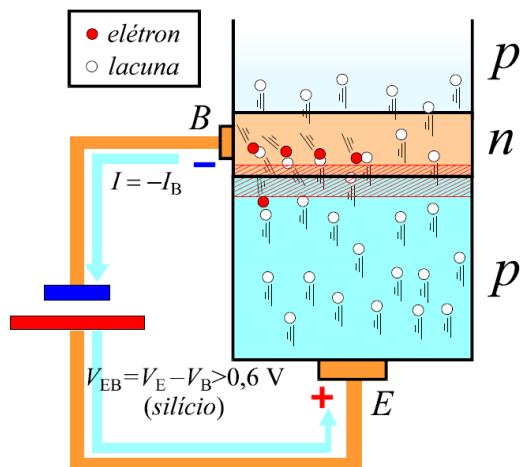


Figura 107 – Corrente de base - &lt;libgen.is&gt;

Como no caso de uma junção semicondutora comum, o potencial de barreira é tipicamente 0,6 a **0,7 V para o silício** e 0,2 a **0,3V para o germânio**.

$$V_{EB} + V_E - V_B$$

Transistores são construídos com o emissor tendo um grau de dopagem muito superior ao da base. Dessa forma o fluxo de portadores ocorre predominantemente por parte das lacunas injetadas na base.

A pequena quantidade de elétrons disponíveis na base se recombina com parte das lacunas já injetadas, dando origem à corrente de base. Com o pequeno grau de dopagem da base, poucas recombinações ocorrem, resultando em um pequeno valor para a corrente de base, normalmente na faixa de microampères a miliampères. Assim, a maior parte das lacunas provenientes do emissor não se recombina com os elétrons da base, podendo, portanto, atingir a junção base-coletor.

## Corrente do coletor

Devido à pequena espessura da região da base e ao seu pequeno grau de dopagem, o excesso de lacunas que não se recombinaram com os elétrons naquela região atinge a junção base-coletor. Como a junção base-coletor está inversamente polarizada, essas lacunas são aceleradas pela queda de potencial existente naquela junção, dando origem à corrente de coletor.

A corrente de coletor tem um valor muito superior à corrente de base porque a grande maioria das lacunas provenientes do emissor não se combinam com os elétrons da base, sendo, portanto, injetadas diretamente no coletor. Tipicamente, um máximo de 5% do total de

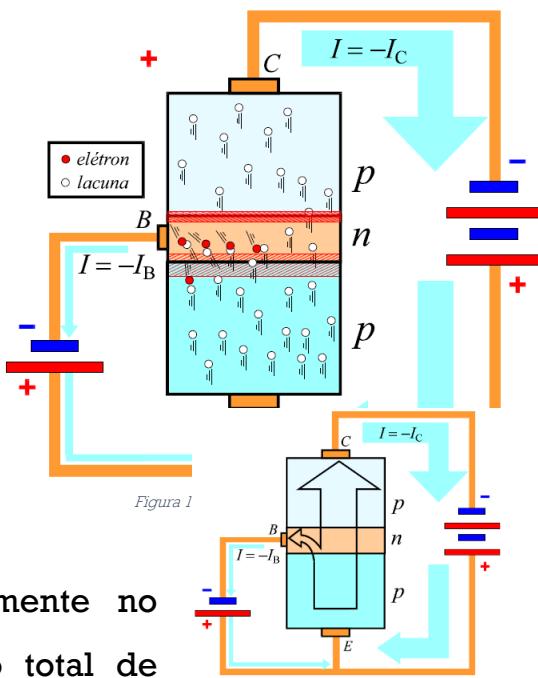


Figura 108 – Corrente de coletor - &lt;libgen.is&gt;

lacunas provenientes do emissor produz a corrente de base, com o restante dando origem à corrente de coleto. Veja na Figura 108.

## Corrente do emissor

De acordo com a convenção adotada para definir as correntes nos terminais do transistor:

$$I_E = (-I_B) + (-I_C)$$

De acordo com a convenção adotada para definir as correntes nos terminais do transistor, os sinais a elas atribuídos, são compatíveis com os sentidos dos fluxos de corrente, mostrados na figura abaixo. Consequentemente, para o transistor *pnp* operando na região ativa:

- $I_B < 0 \Rightarrow (-I_B) > 0$ , indicando que a corrente na base flui do terminal *B* para o circuito.
- $I_C < 0 \Rightarrow (-I_C) > 0$ , indicando que a corrente no coleto flui do terminal *C* para o circuito.
- $I_E > 0$  indica que a corrente no emissor flui do circuito para o terminal *E*.

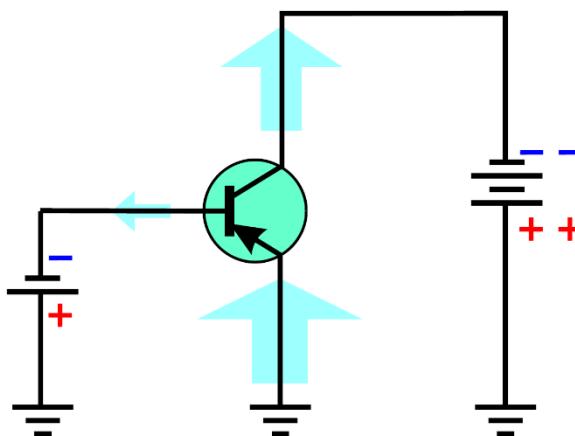


Figura 109 – Corrente de emissor - <libgen.is>

## Como acontece o controle de corrente no transistor?

A principal característica do transistor reside no fato de a corrente de base poder controlar eficientemente a corrente de coleto. A corrente de base pode ser

modificada pelo ajuste externo da tensão na junção base-emissor, conforme ilustrado na fig.110.

Dessa forma, qualquer variação na tensão da fonte aparece diretamente como uma variação na altura da barreira de potencial da junção base-emissor, fazendo que mais ou menos portadores provenientes do emissor sejam injetados na base. Como as correntes de base e de coletor variam em proporção direta com o número de portadores provenientes do emissor, conclui-se que variações na tensão aplicada à junção base-emissor ~~atuam diretamente na corrente de coletor~~ causam variações na corrente de coletor.

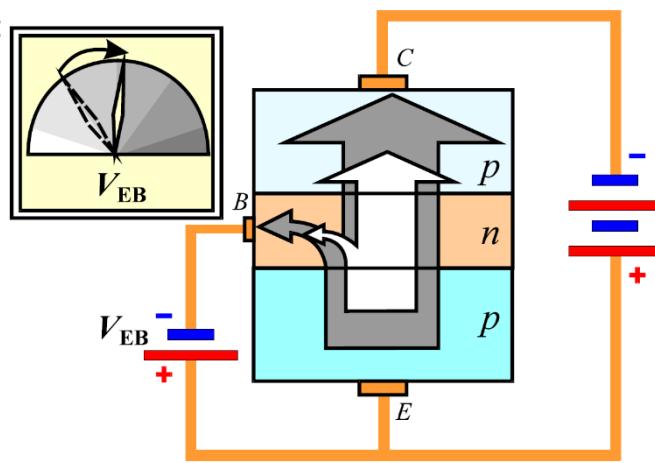


Figura 110 – Controle de corrente no transistor - <libgen.is>

Nota-se que apesar de a corrente de base ser de pequeno valor, ela atua essencialmente de forma a liberar a passagem de mais ou menos corrente do emissor para o coletor. Dessa forma a corrente de base atua como corrente de controle, e a corrente de coletor, como corrente controlada.

## Sobre o ganho de corrente no transistor

Como discutido na seção anterior, através de um transistor é possível utilizar um pequeno valor de corrente  $I_B$  para controlar a circulação de uma corrente  $I_C$ , de valor bem mais elevado.

Uma medida da relação entre a corrente controlada  $I_C$  e a corrente de controle  $I_B$  pode ser obtida do parâmetro

$$\beta_{DC} \equiv \frac{I_C}{I_B}$$

definido como o **ganho de corrente contínua entre base e coletor**.

Como na região ativa as correntes  $I_C$  e  $I_B$  têm o mesmo sinal, nesse regime de operação o parâmetro  $\beta_{DC}$  é um número positivo. Cada transistor é fabricado com um valor bem definido para o parâmetro  $\beta_{DC}$ , que depende das características materiais e estruturais do componente e do regime de operação do transistor. Tem-se que:

$$I_C = \beta_{DC} \cdot I_B$$

A equação acima mostra que, a corrente de coletor, é diretamente proporcional à corrente de base, e que  $I_C$  pode ser calculado a partir do conhecimento dos valores de  $\beta_{DC}$  e  $I_B$ .

É importante salientar que o fato de o transistor permitir a obtenção de um ganho de corrente entre base e coletor não implica em criação de correntes no interior da estrutura. **Todas as correntes que circulam em um transistor são provenientes das fontes de alimentação, com a corrente de base atuando no sentido de liberar a passagem de mais ou menos corrente do emissor para o coletor.**

**Os transistores NÃO GERAM ou criam correntes internamente, atuando apenas como controladores do nível de corrente fornecido externamente.**

## Os tipos de arranjos do transistor TJB

Existem três possibilidades de configurar um transistor em um circuito. O nome dado a cada configuração é definido com base no terminal do transistor que é comum às duas malhas do circuito. Dessa forma, três configurações são possíveis:

- **Configuração emissor comum:** o terminal do emissor é comum às duas malhas do circuito, como mostrado na **Fig.111a**.

- **Configuração base comum:** o terminal da base do transistor é comum às duas malhas do circuito, como ilustrado na **Fig.111b**.
- **Configuração coletor comum:** o terminal do coletor é comum às duas malhas do circuito, como na **Fig.111c**.

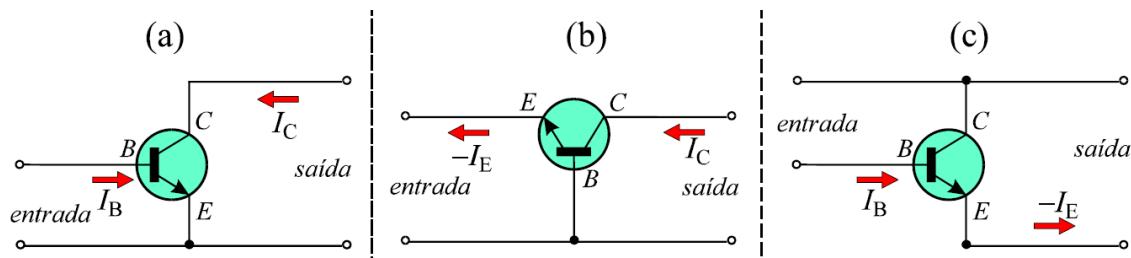
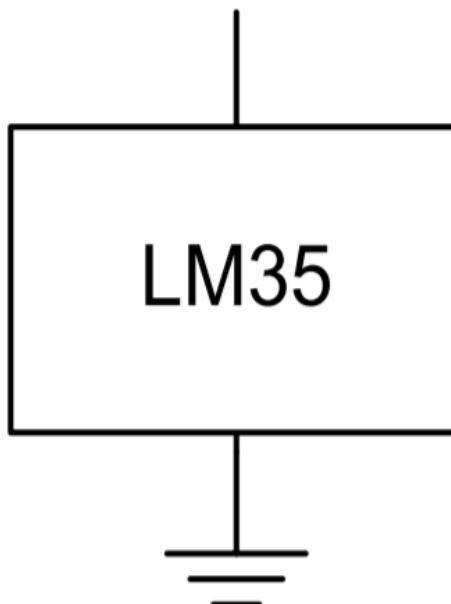


Figura 111 - Tipos de arranjo do TJB - &lt;libgen.is&gt;

+V<sub>S</sub>  
(4 V to 20 V)

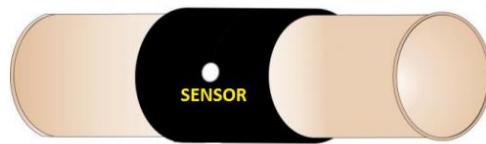


## LM35

O MAIS GENÉRICO SENSOR DE TEMPERATURA



Quem nunca pensou em um projeto que pudesse medir temperatura de algo não é mesmo? Pois bem, medir temperatura é algo aplicado dentro e fora da indústria e, todo sensor de temperatura, é, geralmente, composto internamente por um circuito eletrônico. Observe a situação a seguir:



Monitorar status de temperatura de um fluido que circula através de uma tubulação.

*Figura 112 – Exemplos de aplicação do sensor de temperatura em situações industriais - <tekinoxcampinas.com.br>*

Neste módulo falaremos sobre um dos componentes mais elementares para medir temperatura em eletrônica: o tão famoso LM35.

## Conhecendo o LM35

O LM35 é um sensor de temperatura centígrado de precisão, cuja tensão de saída é diretamente proporcional à temperatura em que é exposto em °C. Esse componente tem um grande diferencial entre os demais sensores de temperatura, que é não precisar ser calibrado externamente.

Pode ser alimentado em uma faixa de tensão de 4Vcc à 30Vcc, tem uma proporção de 10mV por °C, consome apenas 60µA de corrente para um funcionamento perfeito e, por esse motivo, seu aquecimento é de 0,1 °C ao ar livre e possui uma precisão de precisão em °C é de 0,5°C.

Como a maioria dos componentes, o LM35 também possui alguns tipos de encapsulamentos, entretanto, o mais comum e o que abordamos no curso é p TO-92. Esse encapsulamento se parece com um transistor e é de fácil fabricação, logo é o que tem a melhor relação custo-benefício por possuir o mesmo nível de precisão que os demais.

## Pinagem Package TO-92



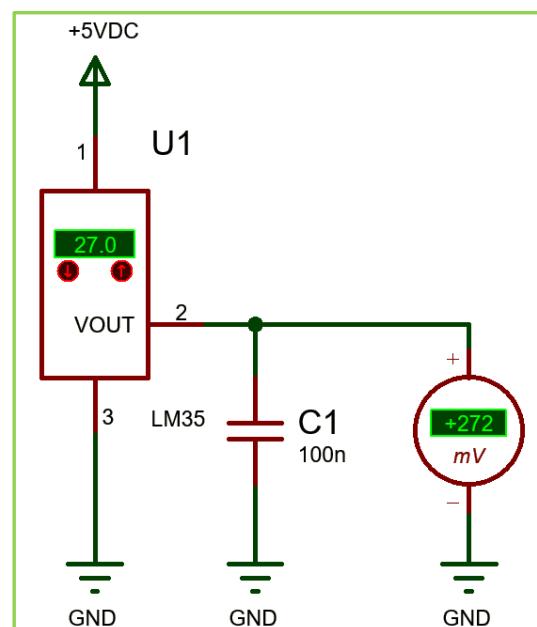
## Limites de operação do LM35

O LM35 também possui limites de operação, mas é importante lembrar que cada fabricante possui suas características autenticas, ou seja, alguns detalhes podem variar de fabricante para fabricante. No entanto, algumas características são comuns. Veja abaixo os limites de operação d fabricante *Texas Instruments*. Não deixe de consultar o *datasheet*.

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage	-0.2	35	V
Output voltage	-1	6	V
Output current		10	mA
Maximum Junction Temperature, $T_j$ max		150	°C

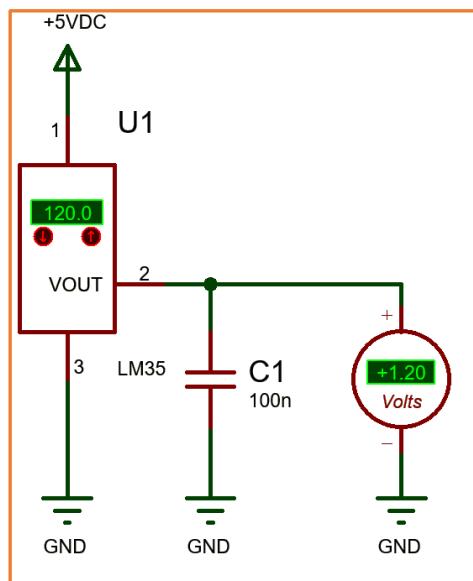
Tabela 17- Limites de operação LM319 – Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>

## Comprovando a relação temperatura x mV

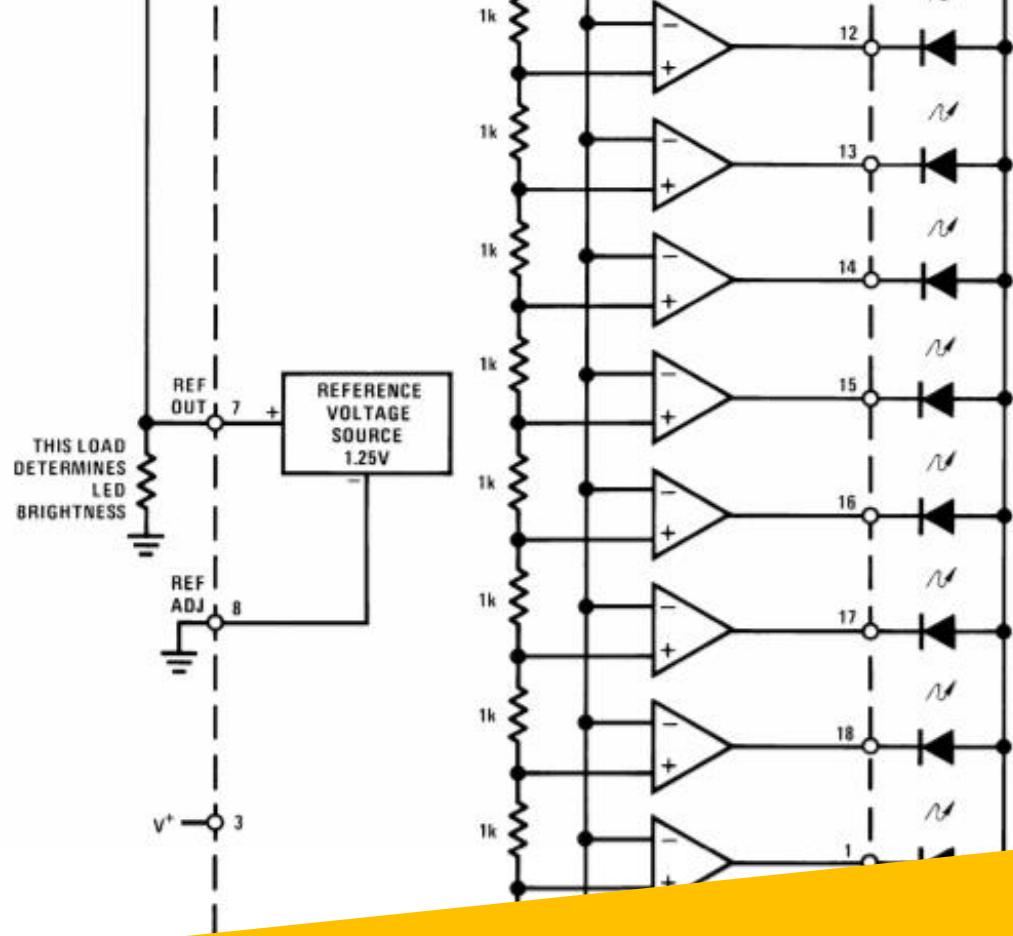


Podemos observar que a uma temperatura de **27°C**, o LM35 fornece uma tensão de saída ( $V_{out}$  -Pin 2) aproximadamente 10mV por °C. Então temos  $27^{\circ}\text{C} = 270\text{mV}$ .

Essa tensão de saída é convertida em informações que, maioria das vezes, aparecem em displays e ou indicam o status de um processo qualquer. Basta ter criatividade. (C1: Capacitor filtro ruído).



Já na situação ao lado, podemos notar que, **120°C** corresponde a 1,20V, que convertido em mV, temos:  
**1200mV.**



# LM3914

UM CI INCRÍVEL PARA FACILITAR “BARGRAPH”

**XXV**



CURSO DE

ELETROÔNICA FÁCIL

O LM3914 é um componente extremamente aplicado no mundo da eletroeletrônica, e com toda certeza você já viu alguma aplicação desse CI. Por exemplo, sabe quando aparelho de som de um veículo ou de uma casa de shows pisca ou varia intensidade de acordo com o ritmo e intensidade da música? Então, na maioria das vezes para esse tipo de situação problema, não há a necessidade de empregar microcontroladores, que são mais caros, basta apenas utilizar da boa e velha eletrônica.

Neste módulo vamos falar sobre o LM3914, o mais famoso CI para indicadores de barra ou pontos móveis.

## Conhecendo o LM3914

Esse CI controla até 10 LED's comuns a partir de uma tensão de entrada. Esse circuito integrado identifica a quantidade de tensão de entrada em que é submetido e em função disso aciona **um de 10 LED's** quando configurado como **ponto móvel** e se configurado como **barra móvel** aciona um **número de LED's proporcional** a tensão de entrada.



Figura 113 – LM3914 em ação - <[baudaelectronica.com.br](http://baudaelectronica.com.br)> | <<https://ventro.com.br>>

## Sobre o circuito integrado LM3914

Com um encapsulamento DIL 18 pinos, o LM3914 conta com uma referência interna de tensão e um divisor de alta precisão de 10 etapas. Um **"buffer"** estimula o circuito numa faixa de tensão de -35Vcc a +35Vcc.

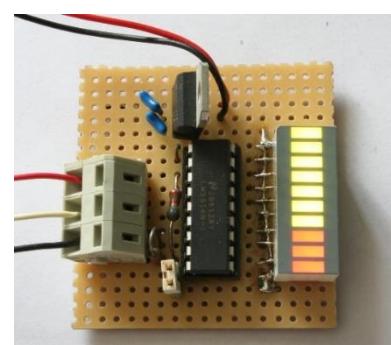
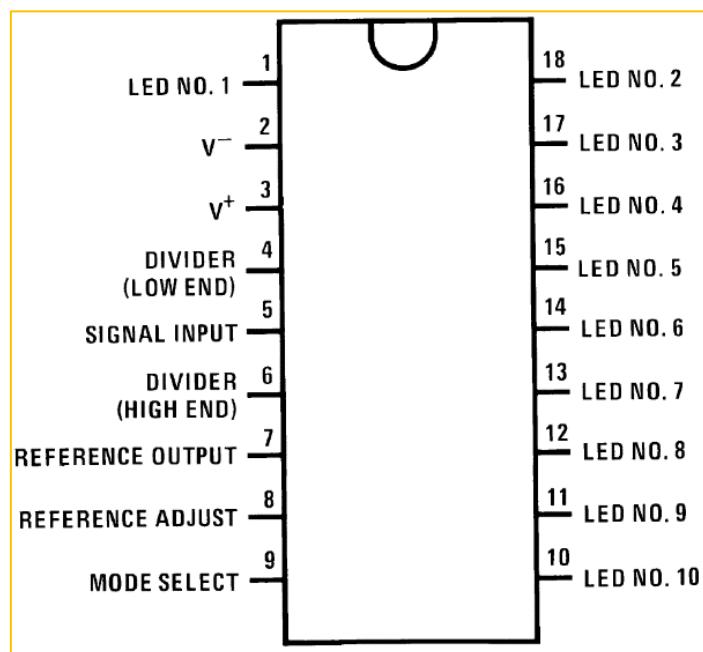


Figura 114 – Circuito gráfico de barras - <[en.wikipedia.org](https://en.wikipedia.org)>

### Pinagem DIL 18 pinos



### Entendendo o funcionamento do CI

O “buffer” na entrada atua com uma faixa de tensão entre -35Vcc a +35Vcc. Esse sinal obtido na saída do buffer, por sua vez é aplicado em um divisor escalonado de tensão, 10 comparadores de tensão. Pela lógica de funcionamento, podemos afirmar que os comparadores de tensão comutam com uma tensão parcialmente maior que a do seu anterior.

Podemos ilustrar o funcionamento da seguinte forma: se tivermos a rede de referência submetida a uma tensão de 1,25Vcc da referência do CI, cada comparador comutará em um período de 125mV. Se o LM3914 estiver configurado como barra, os LED’s acenderão em sequência. Já se estiver configurado como ponto móvel, os LED’s acendem indicando o nível pertinente, no entanto, apaga o anterior.

Sobre o divisor de referência ter suas extremidades livres, isso é o que o permite ser conectado a fontes de tensão negativas. Os intervalos (entre disparar um comparador e outro) serão definidos pela divisão dessa tensão externa por 10. É importante observar que o divisor só pode ser ligado a fontes externas que estejam, no máximo, a 1,5 V da tensão usada na alimentação e até o valor da tensão

negativa. Outra característica importante é que ele pode operar com tensões muito baixas em seus extremos, da ordem de 200 mV.

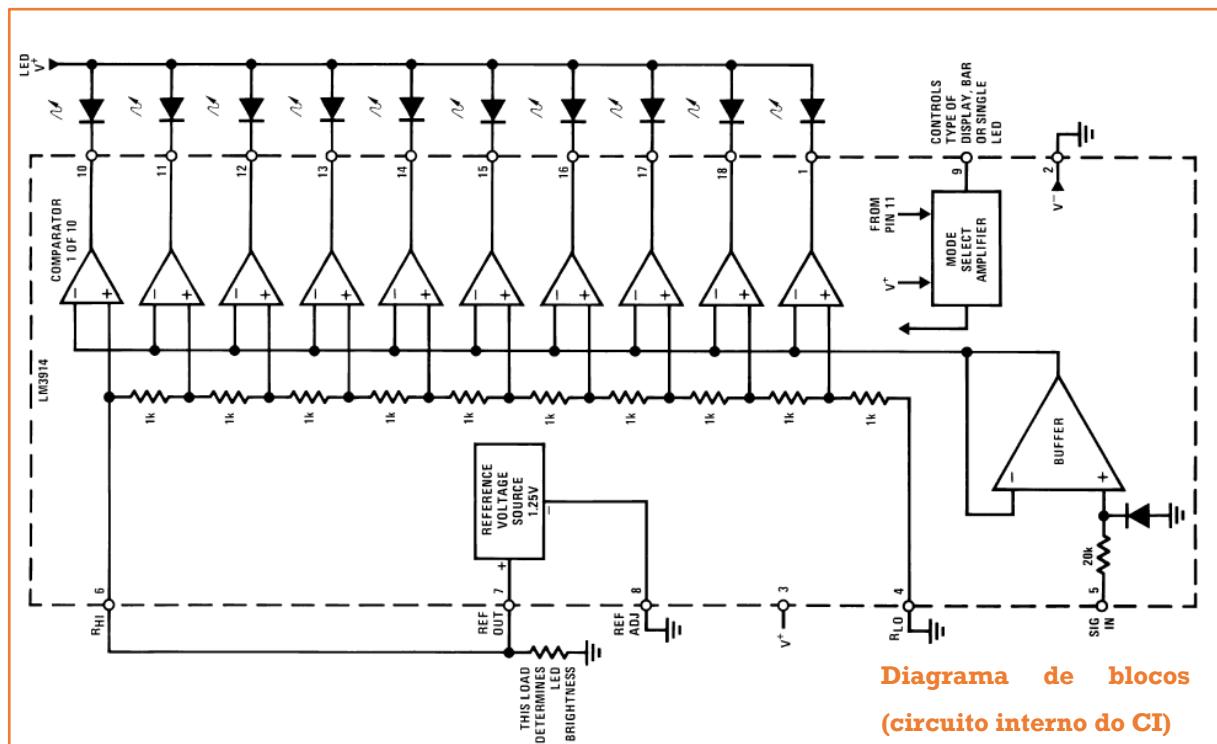


Figura 115 – Diagrama de blocos LM3914 - <ti.com>

## Explicando a referência de tensão

Como ilustrado na figura abaixo, a tensão de referência interna é emitida entre os pinos 7 e 8, a tensão de referência é de 1,25V. Essa tensão é aplicada em um resistor R1, devido essa tensão ser constante, surge então uma corrente il também constante que transpassa o resistor R2, fixando então a tensão de referência.

Em função dessas condições, pode-se definir então a tensão de saída através da fórmula:

$$V_S = V_{ref} \cdot \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + i_{ADJ} \cdot R_2$$

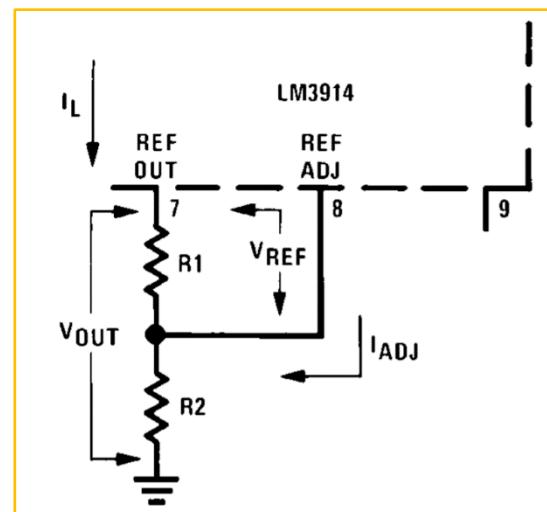


Figura 116 Tensão referência LM 4914- <ti.com>

## Corrente em cada LED

O pino 7 é o responsável por “programar” a corrente dos LED’s. Essa corrente pode ser elevada ou reduzida, através de um trimpot ou potenciômetro, por exemplo. Essa ação determina o brilho/intensidade luminosa dos LED’s.

É importante lembrar que essas opções são adicionadas aos circuitos integrados para permitir uma flexibilidade de projeto, não necessariamente tem que ser utilizada, poderia ser posto um resistor fixo e manter o brilho dos LED’s constante, por exemplo.

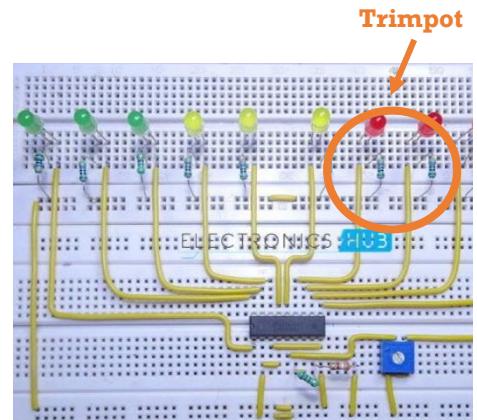


Figura 117 – Montagem LM3914 - &lt;electronicshub.org&gt;

## Como selecionar modo de operação?

Como já mencionado anteriormente, o LM3914 pode operar em dois modos, sendo eles: barra móvel e ponto móvel. O modo barra móvel, por si só já explica como esse modo de operação funciona: os LED’s são acionados um após o outro e por esse motivo “barra móvel”. Já o modo ponto móvel: Os LED’s vão sendo acionados também um a pós o outro, porém o seu anterior sempre é desligado, fazendo assim a função de “ponto móvel”. O pino responsável por selecionar o modo de operação em que o CI vai trabalhar é o pino 9. Se este for conectado ao pino 3, o CI atua como barra móvel. Já se for deixado aberto, ou seja, sem tensão, o CI atua como ponto móvel. Como o CI pode trabalhar em conjunto com outros mesmos, para acionar mais que 10 LED’s, por definição de funcionamento, o último pino da série é conectado ao pino 11 desse mesmo CI. Observe o diagrama a seguir:

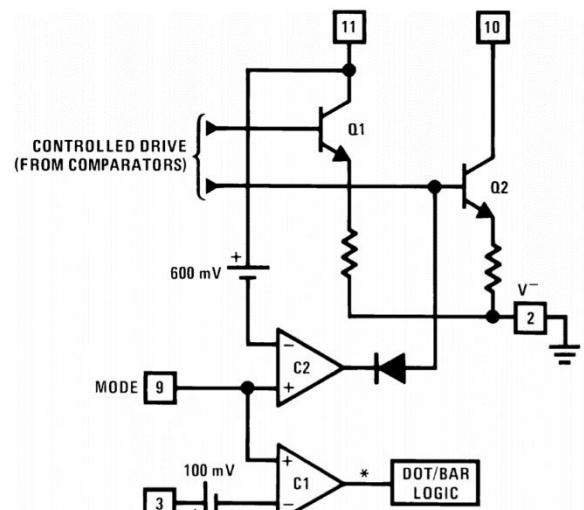
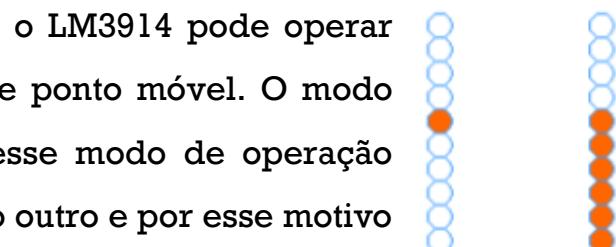
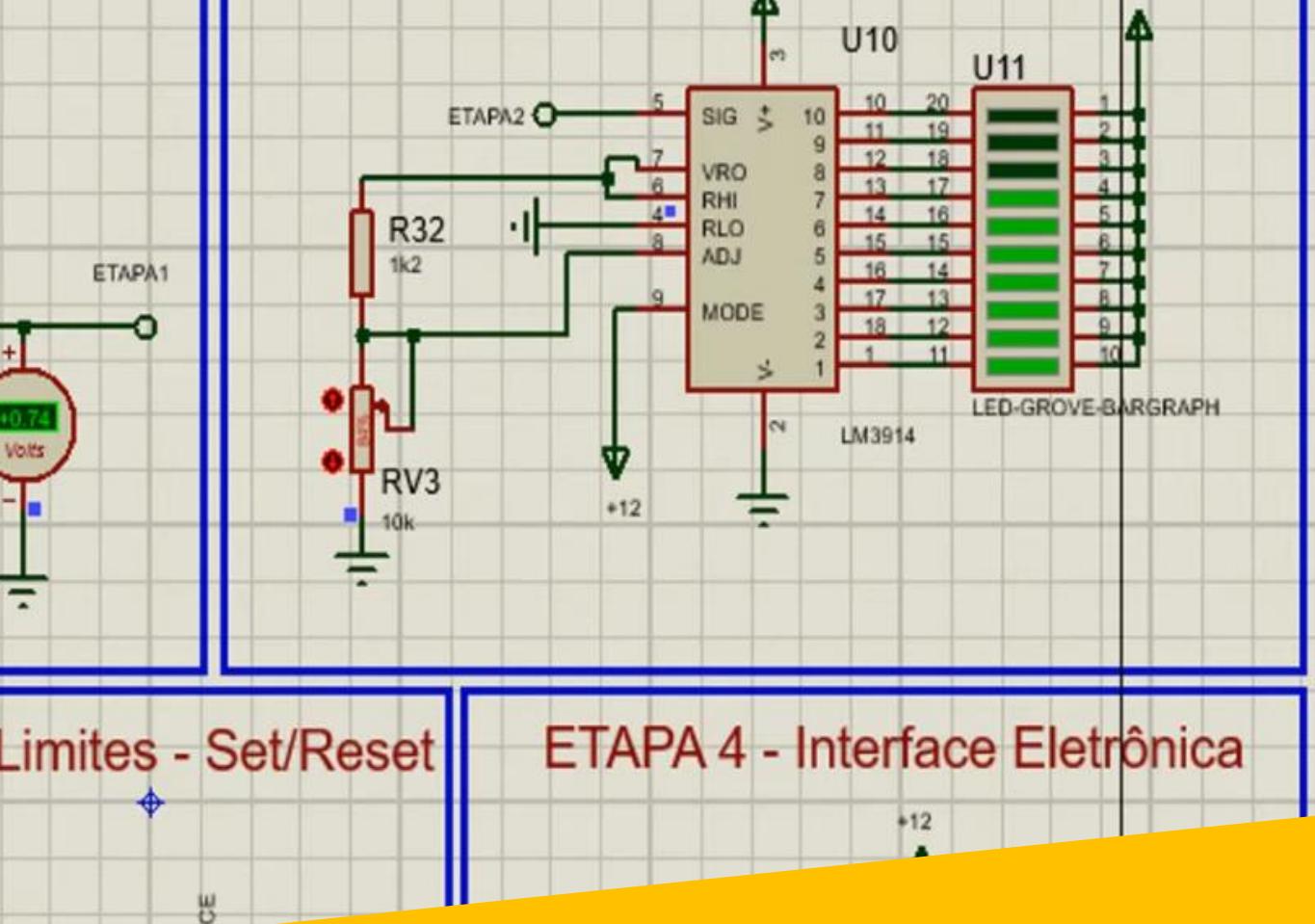


Figura 118 – Modo de operação LM3914 - &lt;ti.com&gt;



# Proposta de Projeto

APLICANDO SEUS CONHECIMENTOS NA PRÁTICA

**XXV**



CURSO DE

ELETRÔNICA FÁCIL

## Temos uma proposta para você!

Caro aluno, em função de todo o trabalho que você desenvolveu, estudou, se dedicou e absorveu, gostaríamos de lhe propor algo que vai provar esse conhecimento na prática, mais uma vez, até porque, já montamos nosso robô seguidor de linha, bem como a fonte de tensão ajustável. Mas esse desafio é um bônus, e aqui na família Eletrônica Fácil, não recusamos desafios.

O **Módulo 41** é bem intuitivo e, com toda certeza, com o conhecimento, habilidade e atitude que você conquistou ao decorrer das aulas e interação com o grupo de alunos que compõe a família Eletrônica Fácil, facilmente você conseguirá realizar uma **MONTAGEM** funcional do circuito proposto no módulo.

### **Não tenho protoboard, e agora?**

Se você prefere, ou até mesmo acha mais prático, não tem problema nenhum, escolher um software ou plataforma que materialize a montagem, de forma que os outros alunos entendam. Nós queremos que você compartilhe e mostre sua montagem a todos nós da equipe e da família Eletrônica Fácil. Porque tudo que é bom deve ser mostrado. Como dica de plataforma, sugerimos o TinkerCAD, usado durante uma parte do curso.

Então não esqueça, montagem do circuito funcional do circuito do Módulo 41, no protoboard ou em algum software de montagem de sua preferência. **#maonamassa.**



Figura 115 - <<https://www.tinkercad.com/>>



**CURSOS**  
**ELETRONICA FÁCIL**

**Uma realização:**

**Cursos Eletrônica Fácil, sua escola online.**