

# Circuitos Eletrônicos

## (Teoria 1)

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leo@barretos.com.br](mailto:leo@barretos.com.br)

### Introdução

Essa **Teoria 1** vai abrir um novo mundo em seus conhecimentos — o mundo da **Eletrônica**.

Ela lhe ensinará o que são **circuitos eletrônicos** e explicará os significados de **corrente elétrica**, **tensão elétrica** e **resistência elétrica**. Você também irá conhecendo, aos poucos, os tipos mais importantes de **componentes** usados na montagem de circuitos eletrônicos. Após o entendimento dessa parte teórica, veja a **parte prática** relativa a esse assunto.

### Vamos estudar:

#### Circuito de uma lanterna de mão

#### Corrente elétrica

#### Tensão elétrica

#### O sentido convencional da corrente elétrica

#### Resistência elétrica

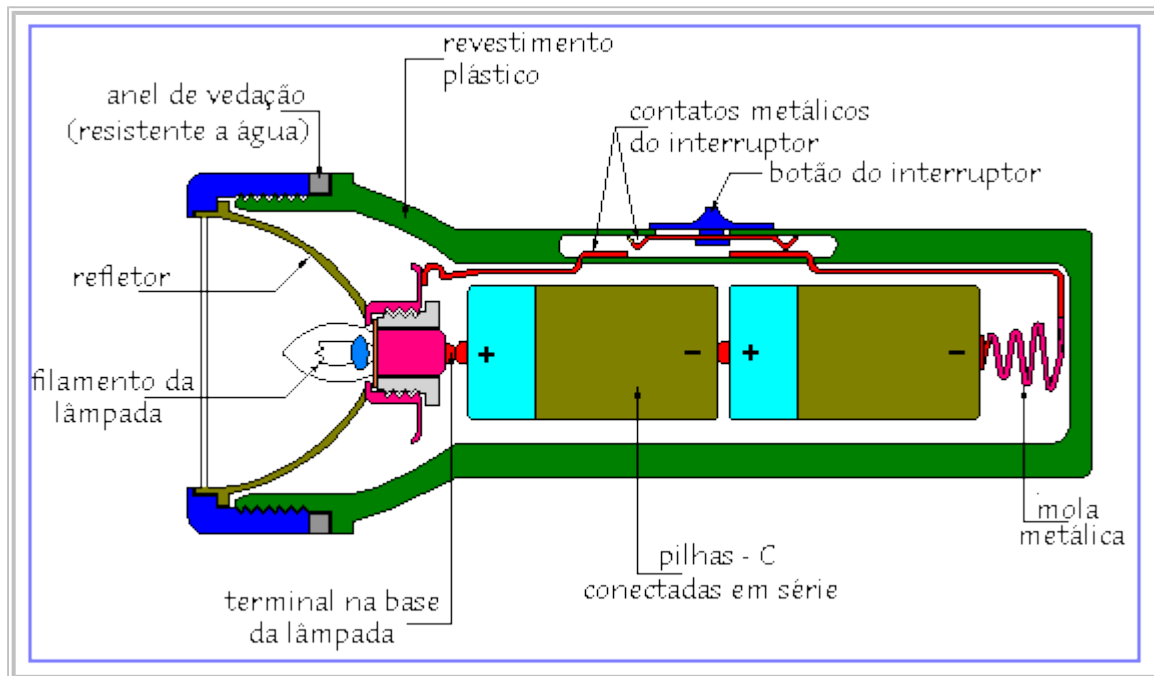
#### A lei de Ohm



### Circuito de uma lanterna de mão

▮ Você alguma vez já desmontou completamente uma lanterna de mão para analisar como ela funciona?

Veja na ilustração abaixo como são dispostas as várias partes de uma típica lanterna de mão:



### Estrutura de uma lanterna elétrica

▮ Por que o projetista escolheu essa particular combinação de materiais?

As partes metálicas da lanterna são postas para **conduzir** a corrente elétrica quando a lanterna é posta para funcionar e, além disso, foram escolhidas para resistirem aos esforços físicos aos quais são submetidas.

A mola metálica, por exemplo, não só permite caminho elétrico para a corrente como também mantém no lugar, sob pressão, as pilhas em seu interior. As partes metálicas do interruptor têm que garantir bom contato elétrico e não ficarem danificadas pelo uso contínuo.

Uma lanterna também tem partes feitas com material **não condutor** de corrente elétrica, tais como plásticos e borrachas. A cobertura de plástico dessa lanterna é um **isolante elétrico**. Sua forma é importante para que se tenha um manuseio cômodo. Sua cor a tornará mais ou menos atraente aos olhos do usuário.

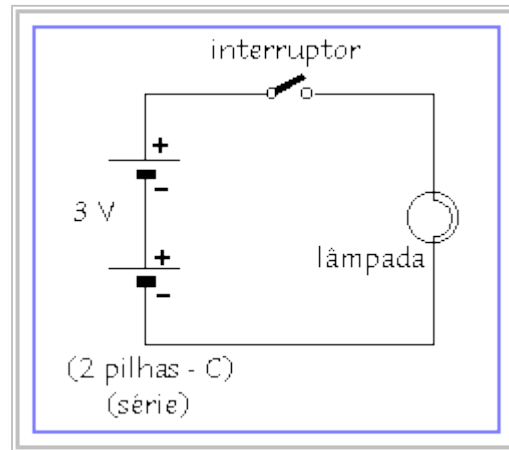
Como você verá, os circuitos elétricos conterão **sempre** partes que conduzem e partes que não conduzem correntes elétricas. **O segredo todo, nos circuitos elétricos, é delimitar um caminho pré planejado para a corrente.**

A lâmpada incandescente e o refletor compõem o sistema óptica da lanterna. A posição da lâmpada dentro do refletor deve ser tal que permita a obtenção de um feixe estreito de luz.

Uma lanterna é um produto elétrico simples, mas muita gente já perdeu noites de sono em seus projetos para que você tenha um dispositivo que trabalhe bem.

▮ Você pode pensar em alguma outra coisa que o projetista deva levar em consideração na produção em massa de lanternas?

Um modo "mais científico" para descrever uma lanterna implica no uso de um **diagrama de circuito**. Nele, as partes relevantes da lanterna serão representadas através de **símbolos**:



**Diagrama de circuito de uma lanterna elétrica**

Nesse circuito foram representadas simbolicamente, duas células voltaicas (pilhas) — formando uma **bateria** —, um interruptor e uma lâmpada incandescente. As linhas no diagrama representam condutores metálicos (fios) que conectam as partes entre si formando o circuito completo.

Um **circuito elétrico** é necessariamente um percurso fechado. Na lanterna, o fechamento do interruptor completa o circuito, permitindo a passagem da corrente elétrica.

Lanternas às vezes falham! Isso acontece quando as partes metálicas do interruptor ou da lâmpada não entram efetivamente em contato (devido à sujeiras ou ferrugens), quando a lâmpada "queima" (interrupção em seu filamento) ou quando as pilhas "pifam" (esgotam suas energias químicas armazenadas, popularmente, ficam 'descarregadas'). Em qualquer um desses casos, o circuito estará incompleto.

[Voltar aos itens](#)

**Corrente elétrica**

Uma **corrente elétrica** é um fluxo ordenado de partículas carregadas (partículas dotadas de carga elétrica). Em um fio de cobre, a corrente elétrica é formada por minúsculas partículas dotadas de carga elétrica negativa, denominadas elétrons -- eles são os **portadores** da carga elétrica.

No fio de cobre (ou de qualquer outro metal) os elétrons naturalmente lá existentes vagueiam desordenadamente (têm sentidos de movimentos aleatórios) até que, por alguma **ordem externa**, alguns deles passam a caminhar ordenadamente (todos no mesmo sentido) constituindo a corrente elétrica. A **intensidade** dessa corrente elétrica vai depender de **quantos** desses portadores, em movimento bem organizado passam, **por segundo**, por um região desse fio.

A corrente elétrica, num circuito, é representada pela letra **I** e sua intensidade poderá ser expressa em **ampères** (símbolo **A**), em **miliampères** (símbolo **mA**) ou outros submúltiplos tal qual o **microampères** (símbolo **mA**).

**Um ampère** (1 A) é uma intensidade de corrente elétrica que indica um fluxo de  $6,2 \times 10^{18}$  elétrons por segundo em qualquer seção do fio. Esses  $6,2 \times 10^{18}$  elétrons transportam uma carga elétrica total cujo valor é de **um coulomb** (1 C). **'coulomb'** (símbolo C) é a unidade com que se medem as quantidades de cargas elétricas.

Se indicarmos a quantidade de carga elétrica que passa pela seção de um fio por **Q** (medida em coulombs) e o intervalo de tempo que ela leva para passar por essa seção por  **$\Delta t$**  (medido em segundos), a intensidade de corrente elétrica **I** (medida em ampères) será calculada por:

$$I = Q : \Delta t$$

Conversões:

$$1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA} = 1\,000\,000 \text{ }\mu\text{A} \Rightarrow 1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \text{ }\mu\text{A}$$

$$1 \text{ mA} = 1/1\,000 \text{ A} = 1\,000 \text{ }\mu\text{A} \Rightarrow 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A} = 10^3 \text{ }\mu\text{A}$$

$$1 \text{ }\mu\text{A} = 1/1\,000\,000 \text{ A} = 1/1000 \text{ mA} \Rightarrow 1 \text{ }\mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A} = 10^{-3} \text{ mA}$$

**Entendeu mesmo? ....**

- ▮ O que uma "corrente elétrica" significa para você?
- ▮ Que unidade é usada para medir essas correntes? Quais os submúltiplos dela?
- ▮ Através de que materiais a corrente pode fluir facilmente?

▮ Cite alguns materiais que atrapalham ou mesmo impedem o fluxo de corrente elétrica através deles.

▮ O que é um circuito elétrico?

[Voltar aos itens](#)

## Tensão elétrica

▮ No circuito da lanterna, o que provoca a circulação da corrente?

É algo produzido pelas células voltaicas (as pilhas). Esse algo, causa da corrente elétrica, é a **tensão elétrica** ou **diferença de potencial (d.d.p.)** que surge entre os terminais da pilha (pólo positivo e pólo negativo).

Vamos explicar isso um pouco mais: o que uma pilha realmente faz, quando em funcionamento, é uma **conversão de energia**; ela converte energia química (que está armazenada nas substâncias químicas que estão dentro dela) em energia elétrica. **Quanto** de energia química é convertida em energia elétrica, e transferida **para cada coulomb** de carga elétrica que é movimentado dentro dela, é o que caracteriza a **tensão elétrica** nos terminais da pilha. Essa grandeza é indicada pela letra **U** e é medida na unidade **volt** (símbolo **V**).

Assim, falar que a tensão **U** entre os terminais de uma pilha é de **1,5 V** significa dizer que ela fornece **1,5 J** de energia elétrica para cada **1,0 C** de carga que a atravessa.

Nota: **J** é o símbolo de **joule**, a unidade oficial de energia.

Do mesmo modo, falar que a tensão elétrica entre os terminais de uma bateria (associação conveniente de células voltaicas) é de **12 V**, significa dizer que: cada **1,0 C** de carga elétrica que passa por dentro dela e sai pelo pólo positivo, leva consigo **12 J** de energia elétrica. Claro, a energia química da bateria diminui de **12 J** e, com o uso contínuo ela irá "pifar", ficar sem energia. O termo popular para isso, lembra-se, é "descarregada".

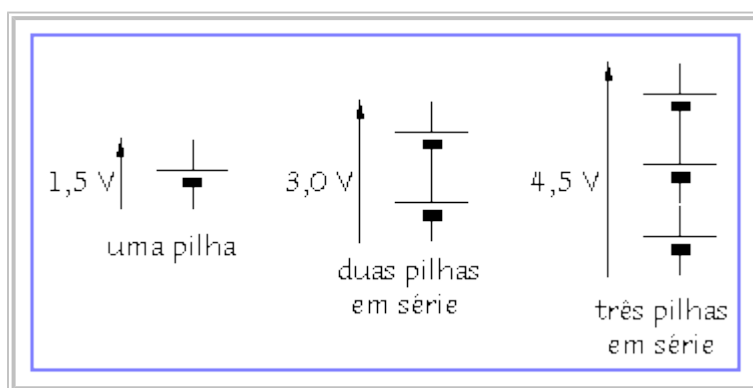
Se indicarmos por **U** a tensão nos terminais da pilha (ou bateria etc.), por **Q** a quantidade de carga elétrica que a atravessa e por **E** a quantidade de energia que ela fornece para essa carga, teremos:

$$U = E : Q$$

Em nosso circuito da lanterna, quando as pilhas estão novas, a tensão fornecida por elas é total, a corrente elétrica circulante é intensa e a lâmpada brilha

vivamente. Algum tempo depois, já com mais uso, a tensão fornecida por elas diminui, a intensidade de corrente no circuito diminui e a lâmpada brilha mais fracamente. Eventualmente não acenderá mais; as pilhas "pifaram"!

Cada célula voltaica provê cerca de 1,5 V de tensão entre seus terminais (pólos). Duas células conectadas uma em seguida à outra, em **série**, (pólo positivo de uma encostado no pólo negativo da outra) proverão cerca de 3,0 V. Três pilhas em série proverão cerca de 4,5 V etc.



**Símbolo da pilha e pilhas conectadas em série.**

▣ Qual desses arranjos acima faria a lâmpada acender com maior brilho?

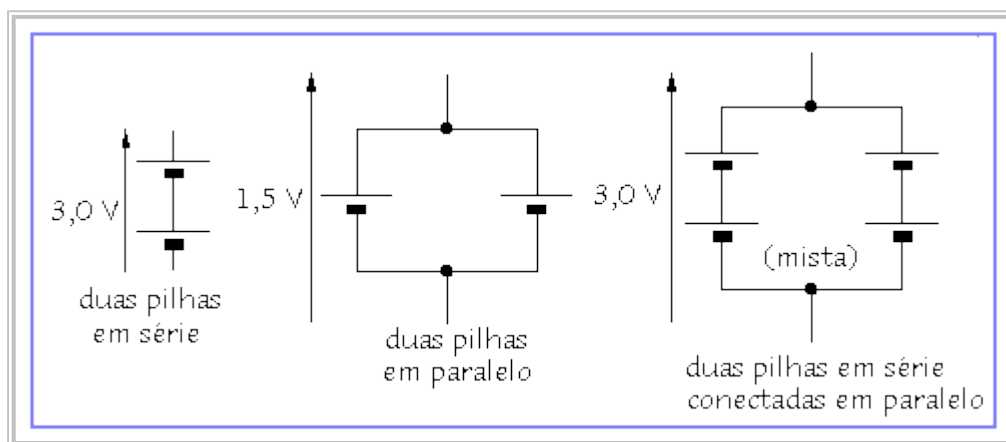
Lâmpadas incandescentes são projetadas para funcionarem com uma certa tensão particular (e alguma tolerância) mas, usando uma mesma lâmpada adequada, quanto maior a tensão maior será o seu brilho.

Nota: Há um código de cores nas pérolas das pequenas lâmpadas incandescentes. A "pérola" é aquela bolinha de vidro dentro da lâmpada que sustenta os fios que vão ao filamento.

▣ Você já reparou nisso? De que cor é a pérola da lâmpada em sua lanterna de duas pilhas (3 V)?

Como já salientamos, no sentido exato, uma **bateria** consiste no arranjo conveniente de duas ou mais células voltaicas. Esses arranjos (ou associações) podem ser em **série**, em **paralelo** ou **mista** (combinações adequadas de séries e paralelos).

Observe essas associações:



### Células associadas em série, paralelo e mista.

Uma célula individual pode prover uma **pequena** intensidade de corrente por **muito** tempo, ou uma **grande** intensidade por **pouco** tempo. Conectando-se as células em série aumentamos a tensão elétrica total disponível, mas isso não afeta o tempo de vida útil das células. Por outro lado, se as células (iguais) forem conectadas em paralelo, a tensão não fica afetada, continua os mesmos 1.5 V, mas o tempo de vida da bateria é dobrado.

Uma lâmpada de lanterna percorrida por corrente de intensidade 300 mA (usando pilhas tipo C, alcalinas) deveria funcionar por cerca de 20 horas antes das pilhas esgotarem-se. Isso traduz, de certo modo, o quanto de energia química está armazenada na pilha e quanto de energia elétrica pode ser utilizada até ela "pifar". O linguajar popular chama isso de "capacidade de armazenamento" e é indicado em ampères-hora (**A-h**).

Exemplificamos: Uma bateria selada para "no-break" trás as indicações — 12V, 7Ah — . Isso indica que ela está capacitada a manter um corrente de intensidade 7A durante 1 h, ou manter de uma corrente de intensidade 3,5A durante 2h, ou 1A durante 7h etc.

**Fazendo experiências com pilhas:** pilhas são assuntos da Química, especificamente da Eletroquímica. Didaticamente, a química desenvolve esse assunto a partir da pilha de Daniel onde, em particular discute-se a eletrólise. A eletrólise você pode encontrar em nossas Salas de Exposições, Sala da Química - Foguete - Eletrólise. Nessa mesma Sala você encontrará o experimento sobre, 'como fazer pilhas com batatas' e colocar relógio digital em funcionamento usando as 'baterias de batatas' ou, permitam-se, as "bataterias".

### Entendeu mesmo? ....

❑ O que é tensão elétrica ou diferença de potencial?

❑ O que é uma bateria?

❑ Em que unidade(s) mede(m)-se a 'capacidade de armazenamento' de uma célula?

[Voltar aos itens](#)

## O sentido convencional da corrente elétrica

Um terminal (pólo) de uma célula (pilha) ou bateria é positivo, enquanto o outro é negativo. É conveniente pensar em corrente elétrica como algo fluindo do pólo positivo para o pólo negativo. Esse sentido de percurso (do + para o -) é denominado **sentido convencional da corrente elétrica**. Setas colocadas nos diagramas sempre indicam esse sentido convencional. Porém, você deve ficar atento que esse só seria o sentido correto se o fluxo ordenado (corrente) fosse constituído por partículas com carga positiva.

Em um fio de cobre, os portadores de carga elétrica são os elétrons. Elétrons são negativamente-carregados e então devem fluir do negativo para o positivo. Isto significa que, realmente, o sentido do fluxo de elétron é oposto ao escolhido como "sentido da corrente convencional".

A corrente elétrica nos mais variados sistemas elétricos e eletrônicos envolve freqüentemente três espécies de portadores de cargas elétricas: os elétrons (-), os ânions (íons negativos) e os cátions (íons positivos). Como exemplo, em transistores, a corrente é formada por fluxos ordenados de elétrons (todos num mesmo sentido) e por "buracos" (todos em sentido oposto ao dos elétrons) que se comportam como portadores de carga positiva.

Quando o comportamento de um circuito eletrônico está sendo analisado, de modo geral, não interessa saber que tipo de portador (com carga positiva ou com carga negativa) está participando da corrente elétrica. Em alguns casos, no eletromagnetismo por exemplo, esse conhecimento é indispensável para que possa ser previsto com precisão o efeito da corrente elétrica.

Uma pilha provê uma tensão elétrica com polaridade fixa (o pólo positivo nunca ficará negativo e vice-versa), de forma que fluxo da corrente se dará sempre no mesmo sentido. Por isso ela é denominada **corrente contínua** ou **CC**, em contraste com a corrente elétrica domiciliar, que é mantida por um gerador que provê tensão elétrica constantemente variável. A polaridade nos terminais desse tipo de gerador é tal que a corrente inverte seu sentido de percurso 60 vezes a cada segundo de funcionamento. Isso dá lugar a uma **corrente alternada** ou **AC**. Nela, os portadores de carga elétrica invertem seu sentido de percurso, num incessante vai-vem.



## Entendeu mesmo? ...

- ❑ O que é "sentido convencional da corrente elétrica"?
- ❑ O comportamento dos circuitos eletrônicos pode ser sempre analisado com precisão ao assumirmos para a corrente esse sentido convencional?

## Voltar aos itens



## Resistência elétrica

Se interligarmos diretamente o pólo positivo de uma bateria automotiva com seu pólo negativo mediante um grosso fio de cobre, iremos conseguir uma corrente elétrica de enorme intensidade durante um curto intervalo de tempo. Em alguns segundos o interior da bateria começará a ferver!

Em uma lanterna não acontece isso. Parte do circuito da lanterna **limita** o fluxo de cargas, mantendo a intensidade da corrente com valores adequados. Algumas outras partes não afetam substancialmente esse fluxo. A propriedade elétrica dessas partes, umas dificultando o fluxo de cargas e outras não, caracterizam uma grandeza denominada **resistência elétrica**.

A mola, as lâminas do interruptor e as conexões da lâmpada são feitas de metal apropriado, de considerável espessura, oferecendo uma **baixa resistência** à corrente elétrica. Por outro lado, o filamento da lâmpada é feito com outro material (tungstênio) e de pequena espessura, oferecendo uma **alta resistência** à corrente elétrica. O fluxo de cargas através desse trecho de grande resistência (o filamento) causa um grande aquecimento que o leva ao brilho-branco, o qual passa a emitir luz visível. No ar, esse filamento se oxidaria de imediato (combustão) e seria volatilizado. Para impedir isso, todo ar é retirado de dentro do bulbo da lâmpada e substituído por um outro gás não oxidante.

A **resistência elétrica (R)** dos condutores, ou seja, quanto de dificuldade eles impõem à passagem da corrente elétrica, é medida em **ohms** (símbolo  $\Omega$ ).

❑ Se uma bateria feita com duas pilhas tamanho C, em série, provê uma tensão elétrica  **$U = 3\text{ V}$** , nos terminais de uma lâmpada incandescente, mantendo uma corrente elétrica de intensidade  **$I = 300\text{ mA} = 0,3\text{ A}$** , qual a resistência elétrica **R** desse filamento?

Isso é calculado assim, e mais adiante verá o porque:

$$R = U : I = 3\text{V} : 0,3\text{A} = 10\Omega$$

Os valores de resistências elétricas que participam de circuitos eletrônicos podem variar desde alguns ohms, passar pelos milhares de ohms (quiloohms) e chegar aos megaohms.

Os componentes eletrônicos projetados com o propósito de oferecerem resistência elétrica de valores particulares são chamados de **resistores**.

**Nota:** Conceituar 'resistência elétrica' em termos de 'dificuldade' ou 'oposição' à passagem da corrente elétrica é apenas uma técnica macroscópica e simplista para contornar a conceituação microscópica dos efeitos observados quando portadores de carga elétrica interagem com a matéria. As partículas constituintes da corrente elétrica (portadores) chocam-se (interação de campos) com as partículas do próprio condutor. O **número de choques por unidade de volume** é o conceito fiel e microscópico para a grandeza "resistência elétrica".

A grande façanha da lei de Ohm, conforme pode ser demonstrado, é que o resultado da 'operação'  $U/I$  (duas grandezas de fácil medição) é justamente a medida do **número de choques por unidade de volume** (uma contagem de difícil realização prática).

### Entendeu mesmo? ....

- ▮ Que partes da lanterna limita o fluxo da corrente?
- ▮ Que unidade é usada para a medida da resistência elétrica de um condutor? Quais seus múltiplos?
- ▮ Que símbolos gráficos são usados habitualmente para representar:
  - a. diferença de potencial (tensão)?
  - b. intensidade de corrente elétrica?
  - c. resistência elétrica de um condutor?

### Voltar aos itens



### A lei de Ohm

A relação entre a intensidade da corrente elétrica (**I**), a tensão elétrica (**U**) e a resistência elétrica (**R**) foi descoberta por Georg Simon Ohm. Ele fez seus próprios fios resistores. Com eles, conseguiu mostrar que a intensidade da corrente depende de seus comprimentos e de suas espessuras, quando a tensão sobre eles e a temperatura são mantidos constantes.

Suas observações (a,b,c), feitas sob **tensão e temperatura constantes**, foram as seguintes:

(1) A intensidade da corrente elétrica diminui quando se aumenta o comprimento do fio, sem alterar sua espessura.

**R aumenta quando o comprimento do fio aumenta.**

(2) A intensidade da corrente elétrica aumenta conforme se aumenta a espessura do fio, sem alterar seu comprimento.

**R diminui quando a espessura do fio aumenta.**

(3) Com comprimento e espessura constantes, a intensidade da corrente se altera quando se substitui um material condutor por outro.

**R depende do material de que é feito o fio.**

(4) Usando-se sempre o mesmo fio, mantido à temperatura constante, a intensidade da corrente aumenta quando se aumenta a tensão aplicada.

Dessas observações, Ohm conclui que, se a temperatura for mantida constante, a relação

**Tensão elétrica : corrente elétrica ou  $U : I$**

mantinha-se **constante** para qualquer fio particular. Essa constante é exatamente o valor da **resistência elétrica** do fio em questão.

Em símbolos:

$$U : I = \text{constante} = R$$

Reorganizando a lei de Ohm podemos obter duas expressões adicionais:

$$U = R.I \quad \text{e} \quad I = U : R$$

Escrita dessa última forma, a lei de Ohm estabelece que, sob temperatura constante, a intensidade de corrente que circula por um material é diretamente proporcional à tensão elétrica (d.d.p.) aplicada e inversamente proporcional à sua resistência elétrica.

Essas equações simples são fundamentais para a Eletrônica e, uma vez que você aprenda a usá-las corretamente, verá que constituem chaves para resolução de delicados problemas sobre circuitos elétricos.

**Nota:** Por motivos que será oportunamente explicado (potencial elétrico), evite escrever a lei de Ohm sob a forma  $V = R.I$ . Sob esse prisma, será perfeitamente

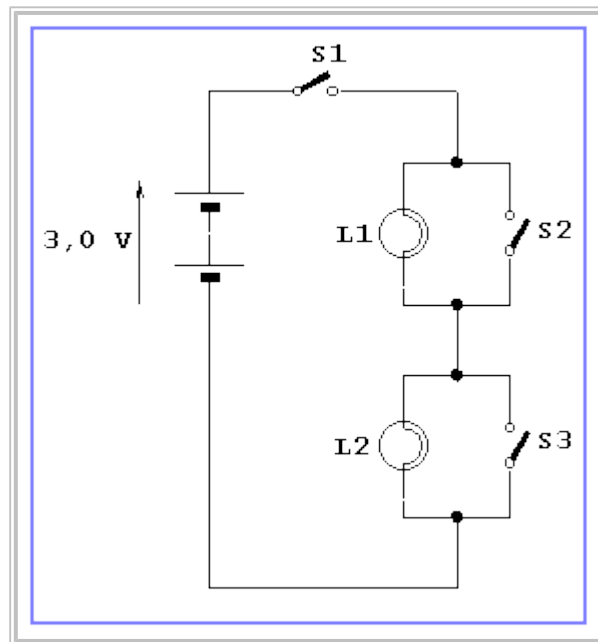
válido escrever  $V - V' = R.I$ , onde  $V - V'$  indica uma diferença de potenciais elétricos (d.d.p.).

### Entendeu mesmo? ....

▢ Uma d.d.p.(tensão) aplicada entre os extremos de um fio é mantida constante. Se a resistência desse fio, devido a uma causa qualquer, diminuir, a intensidade de corrente através dele  $\ddot{U}$  ..... (aumenta / diminui / não se altera).

▢ Se a d.d.p.(tensão) aplicada sobre um fio é aumentada, sem alterar sua resistência elétrica então, a intensidade de corrente através dele deve  $\ddot{U}$  ..... (aumentar / diminuir / permanecer a mesma).

▢ Calcule a resistência elétrica do filamento de uma pequena lâmpada sabendo-se que, sob tensão de 4,5 V (três pilhas conectadas em série), a intensidade de corrente através dele é de 150 mA.



▢ No circuito acima, que interruptor(es) deve(m) ser fechado(s) para:

- a) acender só a lâmpada L1?
- b) acender só a lâmpada L2?
- c) acender as lâmpadas L1 e L2?

▢ O que acontecerá com as lâmpadas L1 e L2 se os interruptores S1, S2 e S3 forem fechados todos ao mesmo tempo? Por que essa ação deve ser evitada?

# Práticas da Teoria 1 - Circuitos eletrônicos

## (Protótipos de Circuitos)

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leo@barretos.com.br](mailto:leo@barretos.com.br)

### Introdução

Assim como nos demais campos do conhecimento humano, também na Eletrônica, devemos associar Teoria à Prática. Sua compreensão se desenvolverá bem mais rapidamente se você começar cedo a manipular e utilizar os diversos componentes eletrônicos.

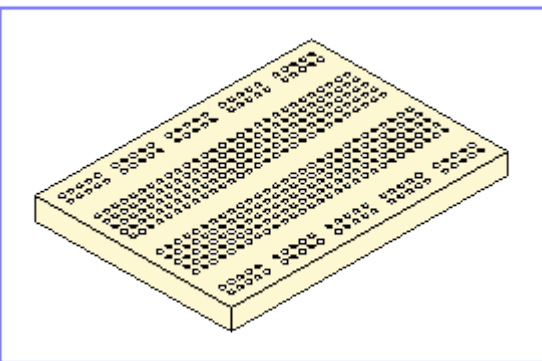
Nesse trabalho prático que acompanha a [Teoria I - Circuitos Eletrônicos](#) - você aprenderá a técnica da montagem de circuitos a partir de **protótipos**. Tais protótipos constituem uma fase de ensaio, coordenação e análise de um projeto, antes de sua montagem definitiva em **placas de circuitos impressos**. O que se usa, via de regra, é uma **matriz de contatos**, mais especificamente, **placa de contatos para protótipos** (*protoboard*).

Vamos estudar:

### [Placa para protótipos](#) [Prática com circuitos](#)

### Placa para protótipos

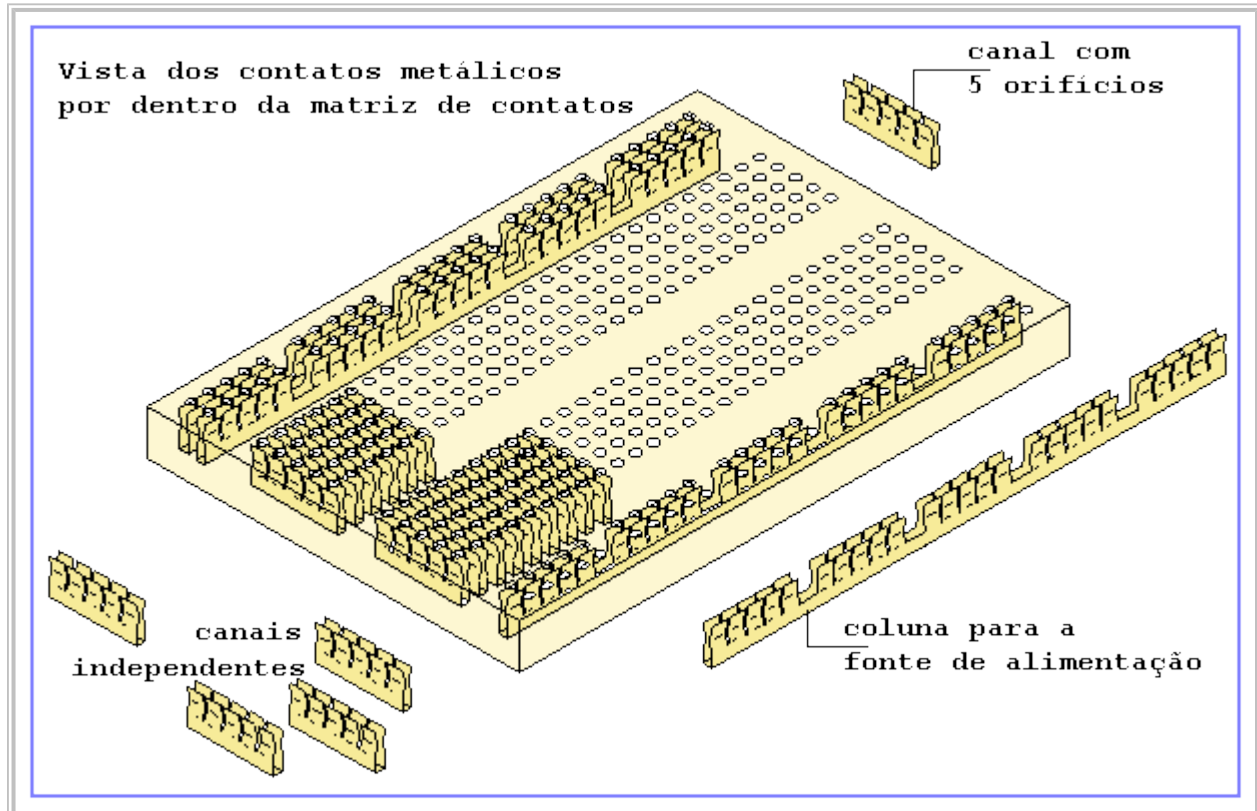
A ilustração a seguir mostra uma **placa para protótipos**:



Placas para protótipos são usadas para as montagens de circuitos temporários, sem o uso de soldas. Os terminais dos componentes são introduzidos nos orifícios da placa, a qual incumbe-se das conexões básicas. É, na prática, um circuito impresso provisório. Não só os terminais dos componentes, como também, interligações mediante fios (*jumpers*) podem ser espetados nos orifícios dessa placa.

No interior da placa, conjuntos metálicos fazem interligações entre os componentes, os quais são organizados em colunas e canais, como se ilustra abaixo.

Alguns modelos de tais placas têm a base facilmente removíveis, o que permite observar esses arranjos com detalhes. De cada lado da placa, ao longo de seu comprimento, há duas colunas completas. Há um espaço livre no meio da placa e de cada lado desse espaço há vários grupos de canais horizontais (pequenas fileiras), cada um com 5 orifícios.



▮ Que conexões são necessárias para se montar um circuito?

Primeiro, você precisa conectar uma **fonte de alimentação**. Em nossas primeiras práticas, tais **fontes** serão pilhas ou baterias. A conexão do **0 V (negativo da fonte)** deve ser feita com **fio preto** utilizando o *primeiro orifício da coluna da esquerda*. O terminal **positivo** da fonte deve ser ligado com **fio vermelho**, ao *primeiro orifício da coluna da direita*.

Uma fonte de alimentação que forneça 6 VCC ou 9 VCC de tensão elétrica entre seus terminais é satisfatória para os circuitos que você irá testar nessa fase experimental.

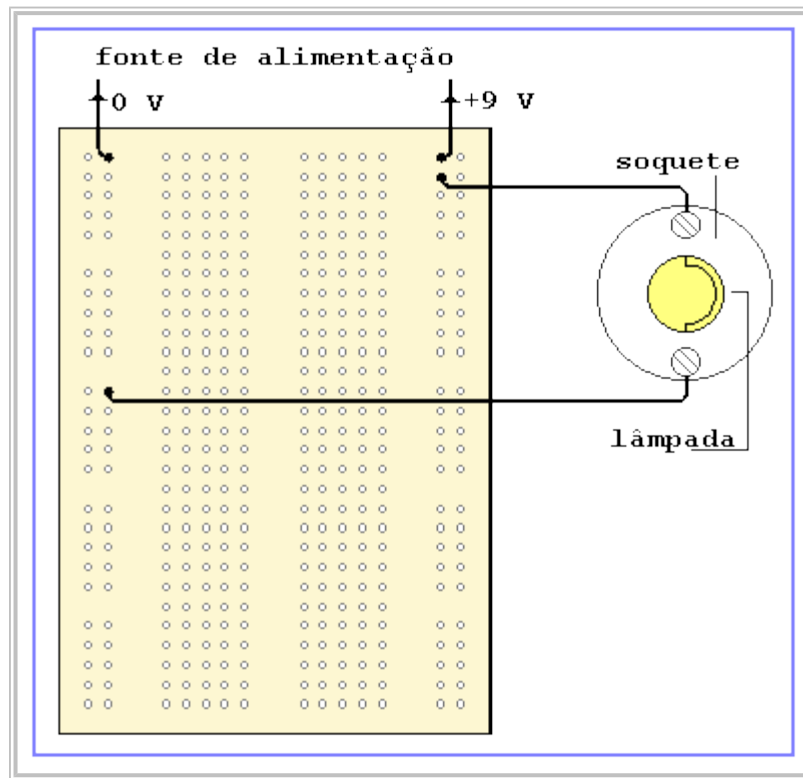
No laboratório da escola você poderá usar como fonte de tensão um **eliminador de pilhas de tensão ajustável**. Uma [fonte de tensão ajustável AC/DC](#) encontra-se em nossa Sala 03 - Equipamento Indispensável.

Breve você estará apto a montar uma dessas fontes de alimentação (e não vai mais precisar comprar pilhas ou baterias!)

[Voltar aos itens](#)

## Prática com circuitos

Construa o circuito ilustrado a seguir:



A lâmpada, adequada para suportar os 9 VCC, está ligada diretamente na fonte de alimentação e deverá acender com brilho normal.

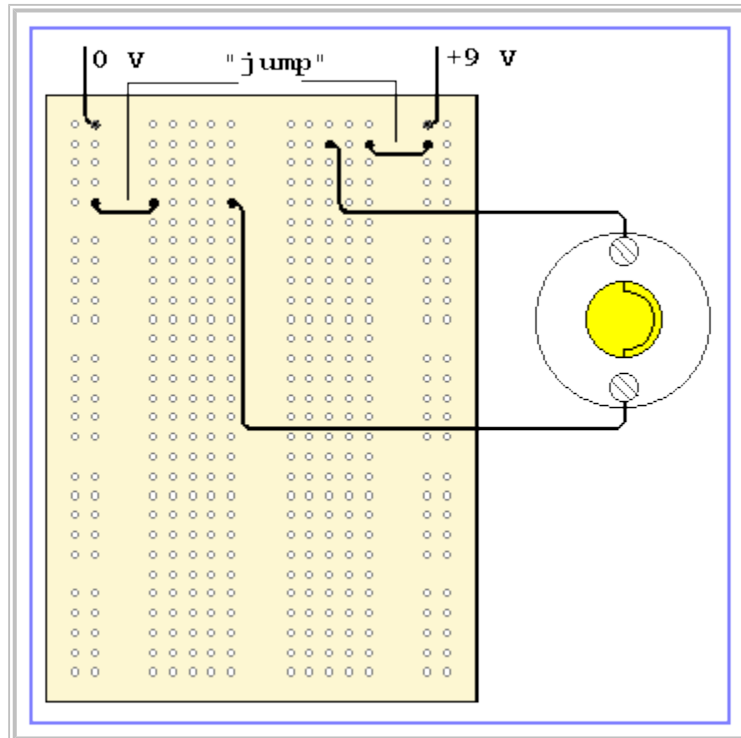
Se isso não acontecer, confira o seguinte:

- observe se a fonte de alimentação está ligada (se for do tipo eliminador de pilhas) ou se as ligações aos terminais estão bem feitas (porta-pilhas ou bateria),

- b. verifique se o circuito está **completo** (fios da lâmpada bem inserido e lâmpada devidamente rosqueada em seu soquete).

Os fios que vem da lâmpada devem ser inseridos exatamente nas colunas mostradas. Cheque o filamento da lâmpada para ver se não está rompido. Essa montagem ilustra exatamente o circuito da lanterna. A menos que haja um percurso contínuo, a corrente não circulará e a lâmpada não irá acender.

Modifique a montagem conforme essa nova ilustração:

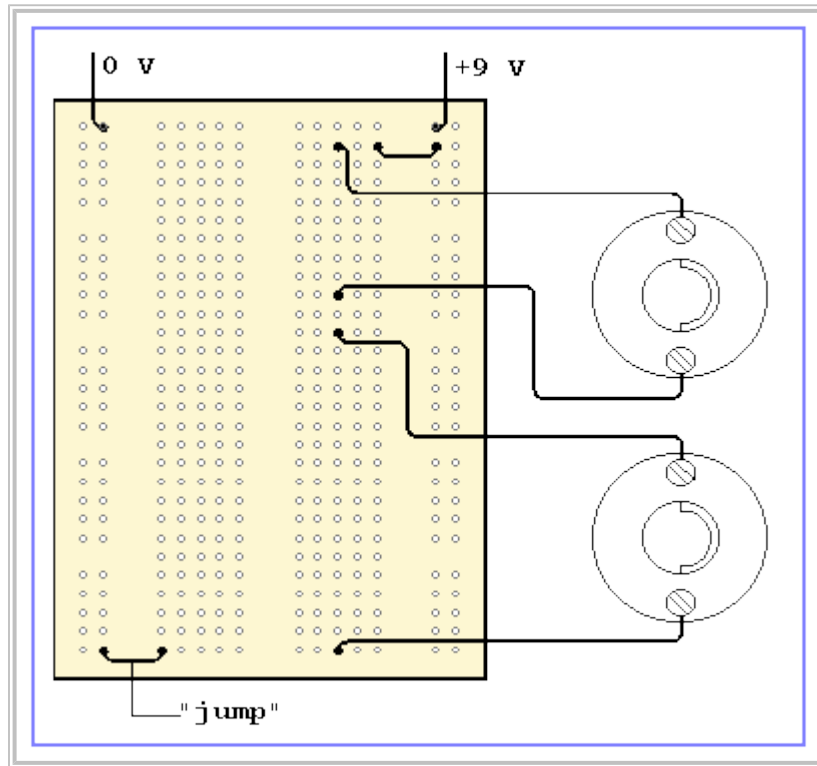


Agora você estará usando fios para fazer as conexões entre as colunas (- e +) para os canais intermediários na região média da placa. Tais conexões são os "jumpers".

Nessa figura, passe sua caneta para mostrar as ligações por baixo da matriz de contatos, de modo a enxergar o circuito completo. Repare que os canais (blocos com 5 orifícios) são independentes entre si.

Aqui está uma montagem que não vai funcionar; observe-a:

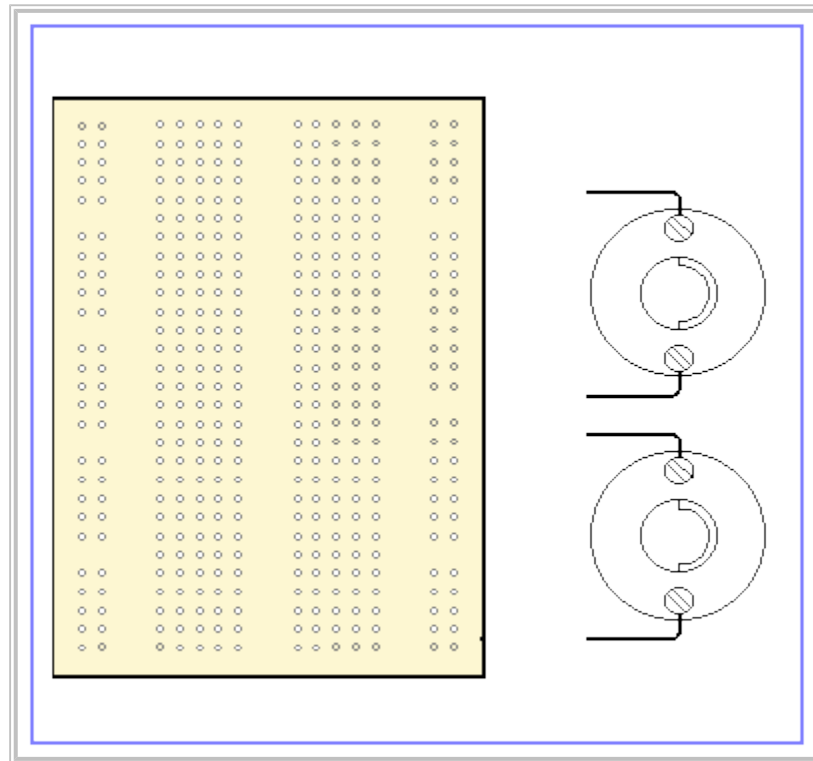




A idéia era montar duas lâmpadas ligadas em série e alimentar a associação com os 9 V da fonte de alimentação. Mas, na prática, isso não foi feito. O circuito está incompleto. Há uma certa distância entre **o que se pensa** e **o que se faz**!

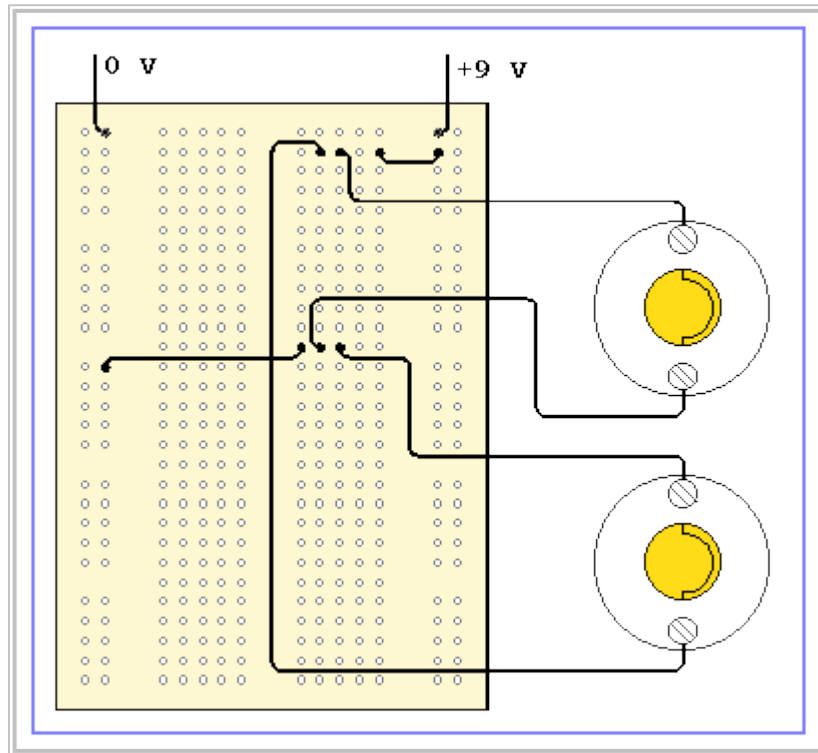
▮ Você é capaz de mostrar os erros cometidos?

Construa esse circuito adequadamente. Mostre, nessa ilustração abaixo, como ele deve ficar:



- ▮ Uma vez que seu circuito está pronto para funcionar, o que você nota com relação ao brilho das lâmpadas?
- ▮ Como você explica esse comportamento?
- ▮ Comparada com o circuito da lanterna (uma lâmpada ligada diretamente na fonte), a intensidade de corrente nesse atual circuito é maior, menor ou a mesma?
- ▮ Desenrosque uma das lâmpadas de seu soquete. O que acontece à outra lâmpada? Por quê?

Agora construa um circuito diferente. Dessa vez as lâmpadas são interligadas **em paralelo**, como se ilustra:

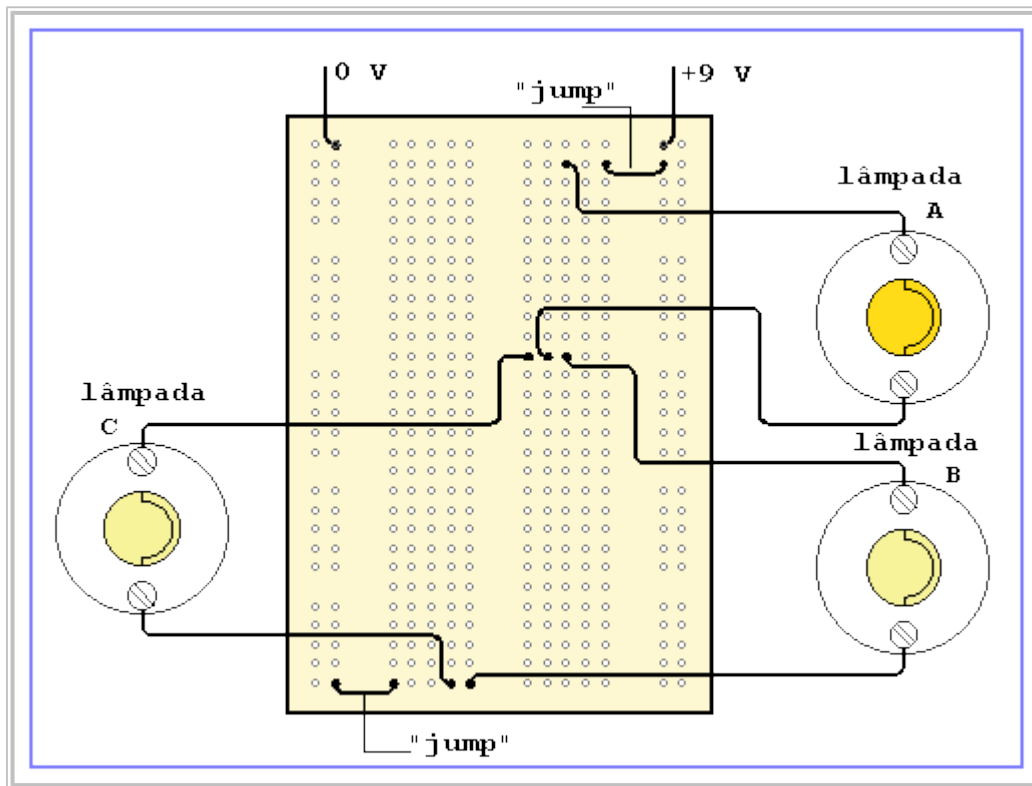


Confira suas conexões cuidadosamente.

- ▮ Em relação aos circuitos anteriores, como está o brilho de cada lâmpada?
- ▮ Em relação aos circuitos anteriores, que você pode dizer quanto à intensidade de corrente em cada lâmpada?
- ▮ Em relação aos circuitos anteriores a intensidade de corrente através da fonte aumentou ou diminuiu?
- ▮ Desenroscando uma das lâmpadas, o que acontece com a outra? Explique o fato.

**Lembre-se:** nas ligações em paralelo há caminhos alternativos para a corrente elétrica.

E, para encerrar, monte esse circuito. É uma associação mista (série e paralelo). Montando o circuito corretamente, todas as lâmpadas devem acender.



- ▢ Que lâmpada(s) apresenta(m) brilho normal?
- ▢ Que lâmpadas apresentam mesmo brilho?
- ▢ Que acontece quando desenroscamos cada lâmpada individualmente?
- ▢ Que acontece com a intensidade de corrente através da fonte?

Faça vários ensaios com esse circuito e procure interpretar suas observações em termos de resistência global do circuito e intensidades de correntes que circulam em cada lâmpada.

## Teoria 2 - Resistores

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leo@barretos.com.br](mailto:leo@barretos.com.br)

Esse capítulo irá descrever os **resistores de valores fixos** e comentar algumas de suas aplicações mais importantes nos circuitos eletrônicos.

### Tópicos

[Para que servem os resistores?](#)

[Resistores de valores fixos](#)

[Código de cores](#)

[Ainda sobre o código de cores](#)

[Padrões E12 e E24](#)

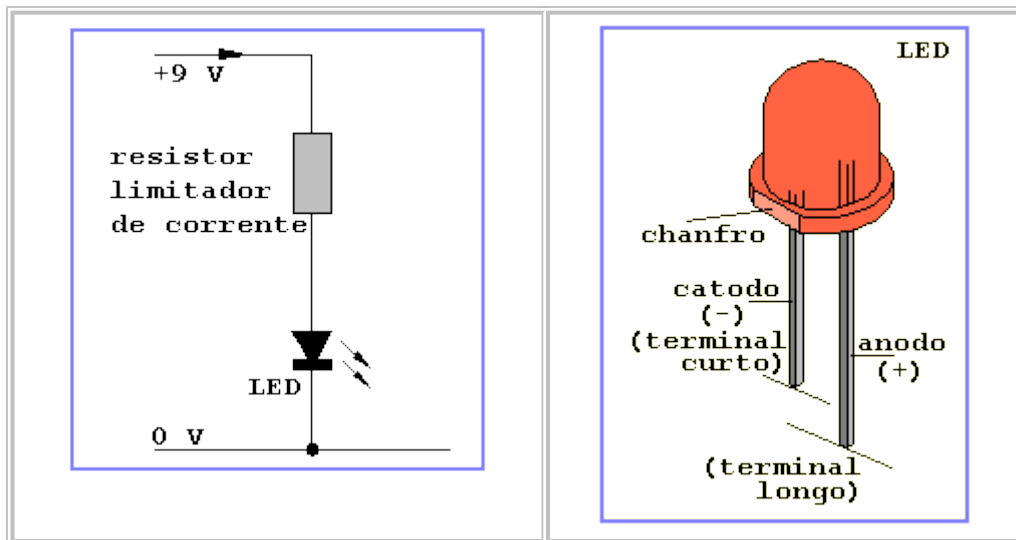
[Limitador de corrente](#)

[Resistores em Série e em Paralelo](#)



[Potência em resistores](#)

### *Para que servem os resistores?*

Na prática, os resistores limitam a intensidade de corrente elétrica através de determinados componentes. Uma aplicação típica disso, como exemplo, é o resistor associado em série com um LED, como se ilustra:



Nesse circuito, o resistor limita a corrente que passa através do LED, permitindo apenas uma intensidade suficiente para que ele possa acender. Sem esse resistor a intensidade de corrente através do LED iria danificá-lo permanentemente. Após esse capítulo você estará apto para calcular um **valor ôhmico** satisfatório para tal resistor. Os LEDs serão discutidos, em detalhes, num outro capítulo.

 Europa U. K.	 América Japão
--	---

O "retângulo" com terminais é uma representação simbólica para os resistores de valores fixos tanto na Europa como no Reino Unido; a representação em "linha quebrada" (zig-zag) é usada nas Américas e Japão.

Apesar disso, nas ilustrações eletrônicas brasileiras (de revistas etc.) opta-se pelo "retângulo", talvez por simplicidade do desenho. Nos livros de Física publicados no Brasil, em geral, usam-se do "zig-zag" (linha quebrada).

Resistores especiais também são usados como **transdutores** em circuitos sensores. **Transdutores** são componentes eletrônicos que efetuam conversão de energia de uma modalidade para outra onde, uma delas, é necessariamente energia elétrica.

Microfones, interruptores e Resistores Dependentes da Luz ou **LDRs**, são exemplos de **transdutores de entrada**.

Alto-falantes, lâmpadas de filamento, relés, "buzzers" e também os LEDs, são exemplos de **transdutores de saída**.

No caso dos LDRs, mudanças da intensidade da luz que incide em suas superfícies resultam numa alteração nos valores ôhmicos de suas resistências.

Como se verá (Teoria III), um transdutor de entrada é freqüentemente associado a um resistor para fazer um circuito denominado **divisor de tensão**. Nesse caso, a tensão recolhida sobre esse divisor de tensão será um "sinal de tensão" que reflete as mudanças de iluminação sobre o LDR.

▮ Você pode citar outros exemplos de transdutores de cada tipo?

Em outros circuitos, os resistores podem ser usados para dirigir frações da corrente elétrica para partes particulares do circuito, assim como podem ser usados para controlar o "ganho de tensão" em amplificadores. Resistores também são usados em associações com **capacitores** no intuito de alterar sua "constante de tempo" (ajuste do tempo de carga ou descarga).

A maioria dos circuitos requerem a presença de resistores para seus corretos funcionamento. Assim sendo, é preciso saber alguns detalhes sobre diferentes tipos de resistores e como fazer uma boa escolha dos resistores disponíveis (valores adequados, seja em  $\Omega$  ,  $k\Omega$  ou  $M\Omega$  ) para uma particular aplicação.

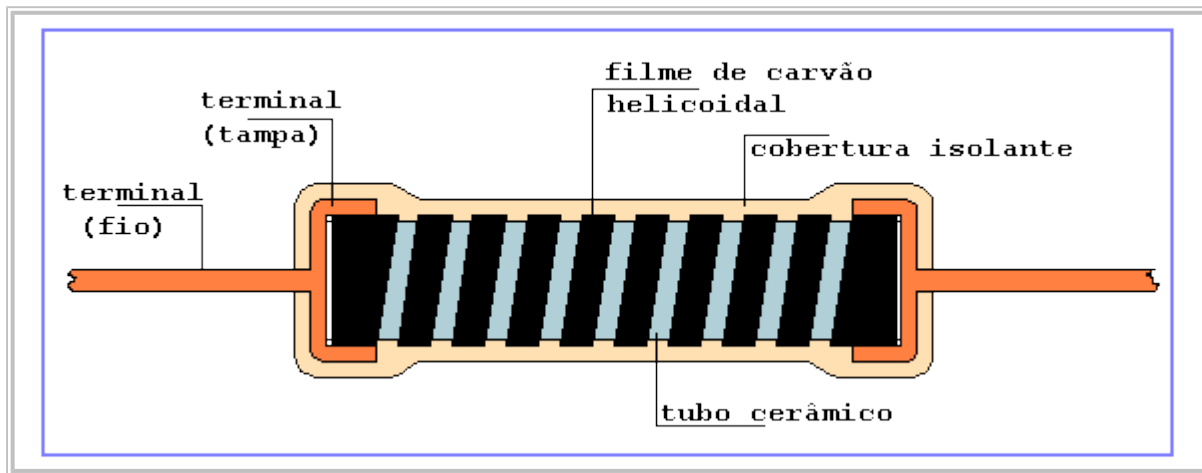
### Entendeu mesmo ...

1. Dê três funções que os resistores podem desempenhar num circuito.
2. Que é um transdutor?
3. Dê exemplos de transdutores de entrada e de saída.

### [Voltar aos Tópicos](#)

## Resistores de valores fixos

A ilustração mostra detalhes construtivos de um resistor de filme de carbono (carvão):



Durante a construção, uma película fina de carbono (filme) é depositada sobre um pequeno tubo de cerâmica. O filme resistivo é enrolado em hélice por fora do tubinho — tudo com máquina automática — até que a resistência entre os dois extremos fique tão próxima quanto possível do valor que se deseja. São acrescentados terminais (um em forma de tampa e outro em forma de fio) em cada extremo e, a seguir, o resistor é recoberto com uma camada isolante. A etapa final é pintar (tudo automaticamente) faixas coloridas transversais para indicar o valor da resistência.

Resistores de filme de carbono (popularmente, resistores de carvão) são baratos, facilmente disponíveis e podem ser obtidos com valores de (+ ou -) 10% ou 5% dos valores neles marcados (ditos **valores nominais**).

Resistores de filme de metal ou de óxido de metal são feitos de maneira similar aos de carbono, mas apresentam maior acuidade em seus valores (podem ser obtidos com tolerâncias de (+ ou -) 2% ou 1% do valor nominal).

Há algumas diferenças nos desempenhos de cada um desses tipos de resistores, mas nada tão marcante que afete o uso deles em circuitos simples.

Resistores de fio, são feitos enrolando fios finos, de ligas especiais, sobre uma barra cerâmica. Eles podem ser confeccionados com extrema precisão ao ponto de serem recomendados para circuitos e reparos de multitestes, osciloscópios e

outros aparelhos de medição. Alguns desses tipos de resistores permitem passagem de corrente muito intensa sem que ocorra aquecimento excessivo e, como tais, podem ser usados em fontes de alimentação e circuitos de corrente bem intensas.

## [Voltar aos Tópicos](#)

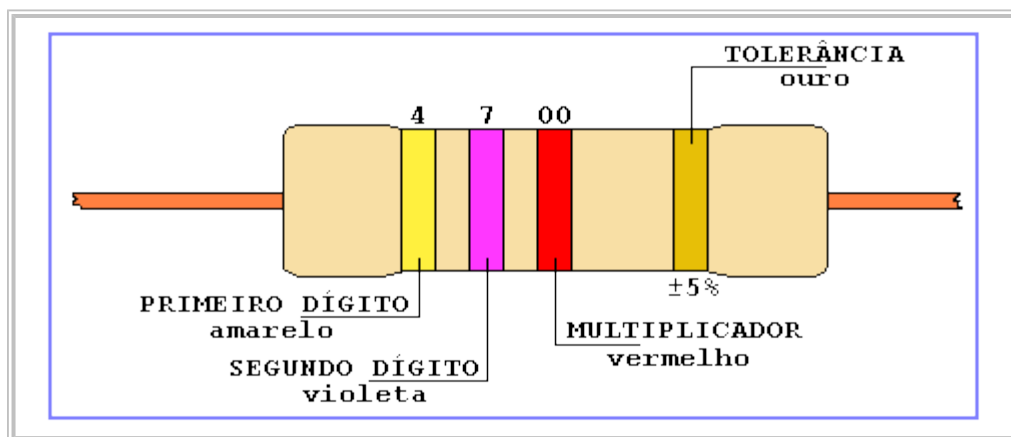
### *Código de cores*

❏ Como os valores ôhmicos dos resistores podem ser reconhecidos pelas cores das faixas em suas superfícies?

Simple, cada cor e sua posição no corpo do resistor representa um número, de acordo com o seguinte esquema, **COR — NÚMERO** :

PRETO	MARROM	VERMELHO	LARANJA	AMARELO	VERDE	AZUL	VIOLETA	CINZA	BRANCO
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

A PRIMEIRA FAIXA em um resistor é interpretada como o PRIMEIRO DÍGITO do valor ôhmico da resistência do resistor. Para o resistor mostrado abaixo, a primeira faixa é amarela, assim o primeiro dígito é 4:



A SEGUNDA FAIXA dá o SEGUNDO DÍGITO. Essa é uma faixa violeta, então o segundo dígito é 7. A TERCEIRA FAIXA é chamada de MULTIPLICADOR e não é interpretada do mesmo modo. O número associado à cor do multiplicador nos informa quantos "zeros" devem ser colocados após os dígitos que já temos. Aqui, uma faixa vermelha nos diz que devemos acrescentar 2 zeros. O valor ôhmico desse resistor é então **4 7 00 ohms**, quer dizer, **4 700Ω** ou **4,7 kΩ** .



Verifique novamente, nosso exemplo, para confirmar que você entendeu realmente o código de cores dados pelas três primeiras faixas coloridas no corpo do resistor.

A QUARTA FAIXA (se existir), um pouco mais afastada das outras três, é a faixa de **tolerância**. Ela nos informa a precisão do valor real da resistência em relação ao valor lido pelo código de cores. Isso é expresso em termos de porcentagem. A maioria dos resistores obtidos nas lojas apresentam uma faixa de cor **prata**, indicando que o valor real da resistência está dentro da tolerância dos 10% do valor nominal. A codificação em cores, para a tolerância é a seguinte:

COR	MARROM	VERMELHO	OURO	PRATA
TOLERÂNCIA	+ ou - 1%	+ ou - 2%	+ ou - 5%	+ ou - 10%

Nosso resistor apresenta uma quarta faixa de cor OURO. Isso significa que o valor nominal que encontramos **4 700Ω** tem uma tolerância de 5% para mais ou para menos. Ora, 5% de **4 700Ω** são **235Ω** então, o valor real de nosso resistor pode ser qualquer um dentro da seguinte faixa de valores: **4 700Ω - 235Ω = 4 465Ω** e **4 700Ω + 235Ω = 4 935Ω** .

**A ausência da quarta faixa indica uma tolerância de 20%.**

Quando você for ler em voz alta um valor ôhmico de resistor (a pedido de seu professor), procure a faixa de tolerância, normalmente prata e segure o resistor com essa faixa mantida do lado direito. Valores de resistências podem ser lidos rapidamente e com precisão, isso não é difícil, mas requer prática!

### Entendeu mesmo ...

1. Cite três diferentes tipos de resistores.
2. Qual o valor ôhmico do resistor cujas faixas coloridas são:  
(A) marrom, preto, vermelho?  
(B) cinza, vermelho, marrom?  
(C) laranja, branco, verde?
3. Dê o código de cores para os seguintes valores de resistência:  
(A) 1,8 kΩ    (B) 270 Ω    (C) 56 kΩ
4. Obtenha os valores máximos e mínimos de resistências dos resistores marcados com as seguintes faixas:

- (A) vermelho, vermelho, preto ----- ouro  
 (B) amarelo, violeta, amarelo ----- prata

### [Voltar aos Tópicos](#)



### ***Ainda sobre o código de cores***

O código de cores como explicado acima permite interpretar valores acima de 100 ohms. Com devido cuidado, ele pode se estendido para valores menores.

❏ Como serão as cores para um resistor de valor nominal 12 ohms?

Será: **marrom, vermelho e preto.**

A cor preta (**0**) para a faixa do multiplicador indica que nenhum zero (0 zeros) deve ser acrescentado aos dois dígitos já obtidos.

❏ Qual será o código de cores para 47 ohms?

A resposta é: **amarelo, violeta e preto.**

Usando esse método, para indicar valores entre 10 ohms e 100 ohms, significa que todos os valores de resistor requerem o mesmo número de faixas.

Para resistores com valores ôhmicos nominais entre 1 ohm e 10 ohms, a cor do multiplicador é mudada para OURO. Por exemplo, as cores **marrom, preto e ouro** indicam um resistor de resistência **1 ohm** (valor nominal).

Outro exemplo, as cores **vermelho, vermelho e ouro** indicam uma resistência de **2,2 ohms**.

Resistores de filme de metal, fabricados com 1% ou 2% de tolerância, usam freqüentemente um código com, 4 faixas coloridas para os dígitos e 1 faixa para a tolerância, num total de 5 faixas.

Assim, um resistor de **1k $\Omega$  , 1%** terá as seguintes faixas:

**marrom, preto, preto, marrom marrom**  
**1            0            0            1zero    1%**

Já, um resistor de **56k $\Omega$  , 2%** terá as seguintes faixas:

verde,	azul,	preto,	vermelho	vermelho
5	6	0	2zeros	2%

É provável que você utilize resistores de valores pequenos assim como resistores de filme de metal em algumas ocasiões, por isso é útil saber esses detalhes. A maioria dos circuitos eletrônicos, porém, será montada com resistores de carvão (filme de carbono) e, portanto, o mais usado será o código de três cores + tolerância. Esse você tem que dominar, com certeza!

### Entendeu mesmo ...

1. Dê os valores ôhmicos nominais dos resistores que apresentam as seguintes faixas de cores:

- (A) laranja, laranja, preto
- (B) cinza, vermelho, ouro
- (C) laranja, laranja, preto, vermelho

2. Como fica o código de cores para um resistor de 10 kW nominais,

- (A) usando o três sistema de cores?
- (B) usando o sistema de quatro cores?

### Voltar aos Tópicos



### Padrões E12 e E24

Se você já tem alguma experiência na montagem de circuitos, terá notado que os resistores têm comumente valores como 2,2 ( $\Omega$ , k $\Omega$  ou M $\Omega$ ), 3,3 ( $\Omega$ , k $\Omega$  ou M $\Omega$ ) ou 4,7 ( $\Omega$ , k $\Omega$  ou M $\Omega$ ) e não encontra no mercado valores igualmente espaçados tais como 2, 3, 4, 5 etc.

Os fabricantes não produzem resistores com esses valores ôhmicos nominais.

□ Por que será?

A resposta, pelo menos em parte tem algo a ver com a precisão expressas pelas porcentagens. Na tabela abaixo indicamos os valores encontrados nos denominados **padrões E12 e E24**, um para aqueles com tolerância de 10% e outro para a tolerância de 5%:



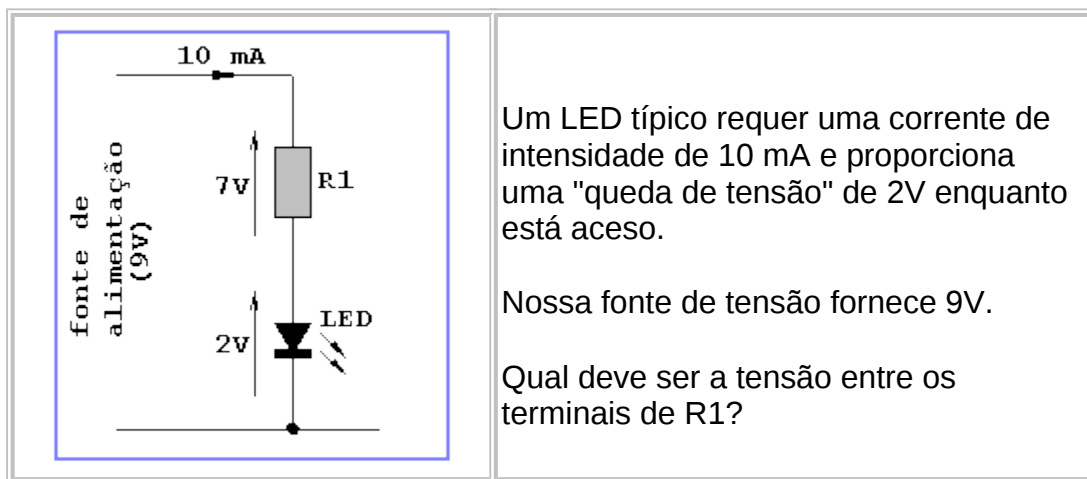
## Entendeu mesmo ...

▮ Que valor do padrão E12 está mais próximo a  $5\,030\Omega$  ?

## Voltar aos Tópicos

### Limitador de corrente

Agora você já está pronto para calcular o valor ôhmico do resistor que deve ser conectado em série com um LED. É um resistor **limitador de corrente**. Observe a ilustração:



A resposta é  $9V - 2V = 7V$ . Lembre-se que a soma das tensões sobre componentes em série deve ser igual à tensão da fonte de alimentação. Agora, com relação a R1, temos duas informações: a intensidade de corrente que passa por ele (**10mA**) e a tensão que ele suporta (**7V**). Para calcular sua resistência usamos a fórmula:

$$R1 = U \div I$$

Substituindo-se U e I por seus valores temos:

$$R1 = 7V \div 0,01A = 700\Omega$$

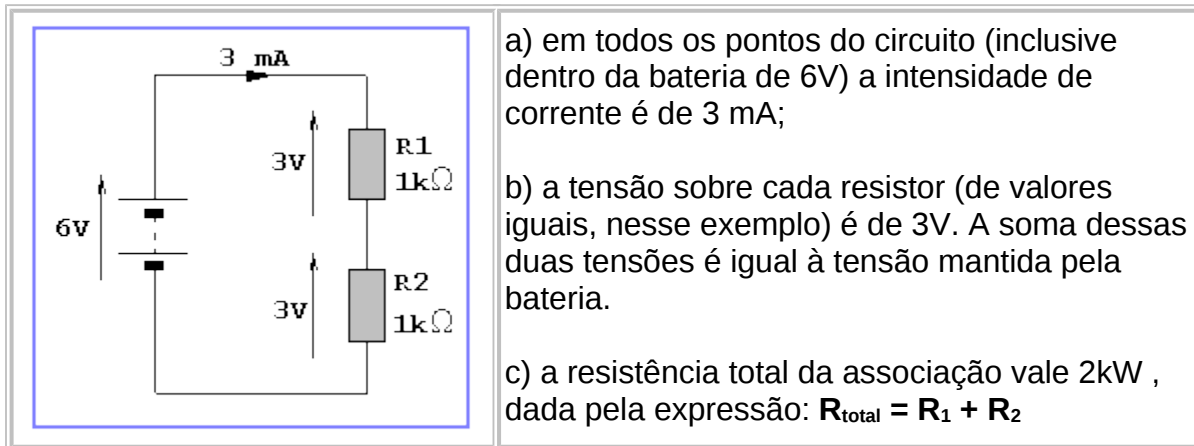
### Cuidado com as unidades!

A fórmula deve ser aplicada com as grandezas resistência, tensão e intensidade de corrente elétrica medidas nas unidades fundamentais que são,

-

c) a resistência total da associação é igual à soma das resistências dos componentes individuais.

Comentemos isso tendo em vista o circuito ilustrado a seguir, onde temos dois resistores **R1** e **R2** conectados em série, sob tensão total de 6V:



Nesse circuito, a intensidade de corrente foi obtida pela fórmula:

$$I = U_{total} / R_{total}$$

Substituindo:

$$I = 6V / 2\,000\Omega = 0,003A = 3\,mA$$

A tensão elétrica (d.d.p.) sobre o resistor **R1** será obtida por:

$$U_1 = R_1 \cdot I = 1\,000\Omega \times 0,003A = 3V$$

A tensão elétrica sobre o resistor **R2** deve ser também de **3V**, uma vez que a soma delas deve dar os **6V** da fonte de alimentação.

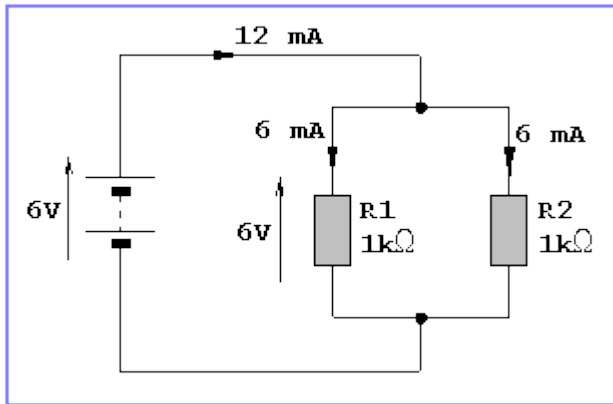
Em um circuito **paralelo** constata-se as seguintes propriedades:

a) todos os componentes suportam a mesma tensão elétrica;

b) a soma das intensidades de corrente nos componentes individuais deve ser igual à intensidade de corrente total;

c) a resistência total da associação é calculada pelo quociente entre o **produto** das resistências individuais e a **soma** delas (**CAUIDADO**: isso vale só para 2 resistores em paralelo!).

A próxima ilustração nos mostra dois resistores conectados em **paralelo** e alimentados por uma bateria de 6V:



a) ambos os resistores **R1** e **R2** funcionam sob a mesma tensão (6V). Cada um deles está ligado diretamente na fonte de alimentação;

b) a corrente total (12 mA, veja cálculo abaixo) divide-se em duas parcelas iguais (6mA) porque os resistores têm resistências iguais;

c) a resistência total é dado pelo **produto** dividido pela **soma** das resistências:

$$R_{\text{total}} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2}$$

Observe que circuitos em paralelos provêm caminhos alternativos para a circulação da corrente elétrica, sempre passando a **maior intensidade** pelo caminho que oferece a **menor resistência**. Se as resistências do paralelo tiverem o mesmo valor a corrente total divide-se em partes iguais.

Vejamos os cálculos do circuito acima:

1. Cálculo da resistência total:

$$R_{\text{total}} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} = \frac{1000\Omega \times 1000\Omega}{1000\Omega + 1000\Omega} = 500\Omega$$

2. Cálculo da corrente total:

$$I_{\text{total}} = \frac{U_{\text{total}}}{R_{\text{total}}} = \frac{6\text{ V}}{500\Omega} = 0,012\text{ A} = 12\text{ mA}$$

3. Cálculo da corrente no resistor **R1**:

$$I_1 = \frac{U_{\text{total}}}{R_1} = \frac{6\text{ V}}{1000\Omega} = 0,006\text{ A} = 6\text{ mA}$$

Para **R2** teremos resultado idêntico.

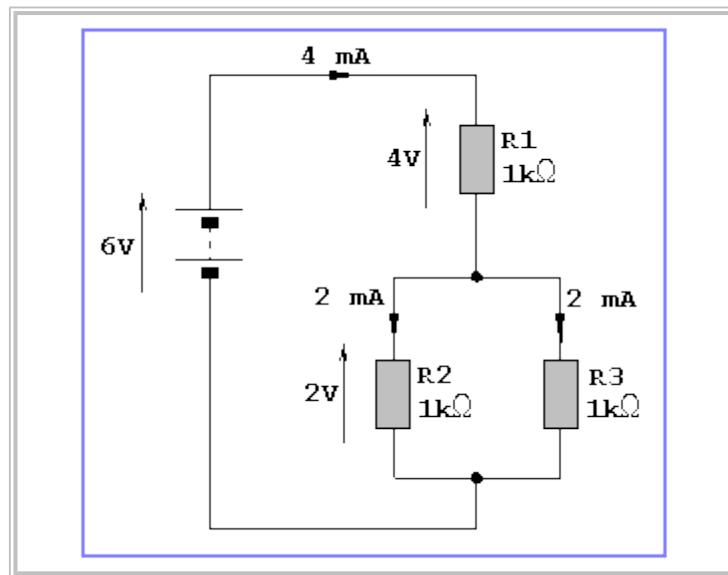


### NOTA

Uma fórmula alternativa para o cálculo da resistência total para dois resistores é:  $1/R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2$ . Apesar de aritmeticamente ser mais trabalhosa para cálculos mentais, ela é mais geral, pois pode ser estendida a mais de dois resistores. Para o cálculo da resistência total de 4 resistores (iguais ou não) em paralelo teremos:

$$1/R_{total} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4$$

Vejamos agora um circuito mais complexo, contendo partes em série e parte em paralelo:



a) Cálculo da resistência total:

1. Começemos pelos resistores **em paralelo**. Como vimos no exemplo anterior, a resistência total de dois resistores **iguais** em paralelo vale **metade** da de um deles. Como cada um tem resistência de  $1k\Omega$ , a associação terá resistência de  $500\Omega$ .

2. Esses  $500\Omega$  estarão **em série** com os  $1000\Omega$  da resistência R1 logo, a resistência total será  $1000\Omega + 500\Omega = 1500\Omega$ .

b) Cálculo da corrente total:

$$I_{total} = U_{comum} / R_{total} = 6V / 1500\Omega = 0,004A = 4mA$$

Essa corrente é a que passa pelo interior da bateria, passa através de R1 e subdivide-se em duas parcelas iguais (porque os resistores do paralelo são iguais) que passam por R2 e R3.

c) Tensão sobre R1:

$$U_1 = R_1 \cdot I = 1000\Omega \times 0,004A = 4V$$

d) Tensão sobre R2 e R3:

Pode ser obtida por dois caminhos:

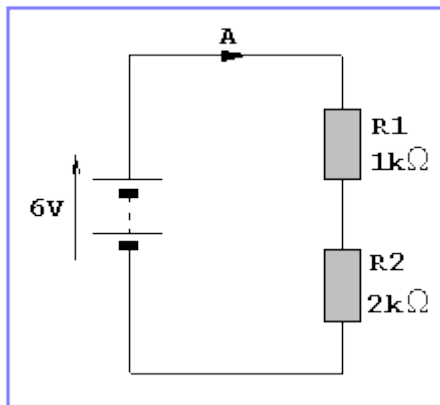
1. Tensão total (6V) - tensão sobre R1 (4V) = tensão no paralelo (2V);

$$2. U_{2 \text{ ou } 3} = R_{2 \text{ ou } 3} \times I_{2 \text{ ou } 3} = 1000\Omega \times 0,002A = 2V$$

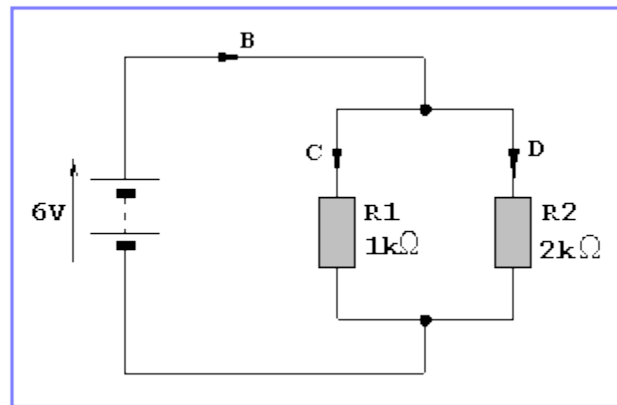
Confira cuidadosamente todos os cálculos e fórmulas envolvidas. Uma compreensão clara disso tudo ajudará enormemente.

**Entendeu mesmo ...**

1. No circuito ilustrado, qual  
(A) a resistência total no circuito?  
(B) a intensidade de corrente que passa pelo ponto A?



2. No circuito ilustrado, qual  
(A) a resistência total no circuito?  
(B) as intensidades de corrente que passam pelos pontos B, C, e D?



**[Voltar aos Tópicos](#)**

## Potência nos resistores

Quando corrente elétrica circula através de **resistores**, especificamente, e nos **condutores**, em geral, esses sempre se aquecem. Neles ocorre conversão de

energia elétrica em energia térmica. Essa energia térmica produzida, via de regra, é transferida para fora do corpo do resistor sob a forma de calor.

Isso torna-se óbvio se examinarmos o que acontece no filamento da lâmpada da lanterna. Seu filamento comporta-se como um resistor de resistência elevada (em confronto com as demais partes condutoras do circuito). Nele a energia elétrica proveniente das pilhas, via corrente elétrica, é convertida em energia térmica. Essa quantidade aquece o filamento até que ele adquira a cor branca e passa a ser transferida para o ambiente sob a forma de calor e luz. A lâmpada é um transdutor de saída, convertendo energia elétrica em energia térmica e posteriormente em calor (parcela inútil e indesejável) e luz (parcela útil).

Embora não tão evidente como na lâmpada e em alguns resistores de fonte de alimentação, esse aquecimento devido à passagem de corrente elétrica ocorre com todos os componentes eletrônicos, sem exceção. A maior ou menor quantidade de energia elétrica convertida em térmica num componente depende apenas de dois fatores: a **resistência ôhmica** do componente e a **intensidade de corrente elétrica** que o atravessa. Esses dois fatores são fundamentais para se conhecer a rapidez com que a energia elétrica converte-se em térmica.

A **rapidez de conversão de energia**, em qualquer campo ligado à Ciência, é conhecida pela denominação de **potência**.

A potência de um dispositivo qualquer nos informa "quanto de energia" foi convertida de uma modalidade para outra, a cada "unidade de tempo" de funcionamento.

$$\text{Potência} = \frac{\text{Energia convertida}}{\text{Tempo para a conversão}}$$

As unidades oficiais para as grandezas da expressão acima são: Potência em watt (**W**), Energia em joule (**J**) e Tempo em segundo (**s**).

Em particular, na Eletrônica, a potência elétrica nos informa quanto de energia elétrica, a cada segundo, foi convertida em outra modalidade de energia. Em termos de grandezas elétricas a expressão da potência pode ser posta sob a forma:

$$\text{Potência elétrica} = \text{tensão} \times \text{intensidade de corrente}$$

Ou

$$P = U \cdot I$$

Õ Usando da definição de tensão e intensidade de corrente elétrica você conseguiria chegar a esse resultado?  
Isso é importante para que você perceba que essa 'formula' não foi tirada de uma 'cartola mágica'!

Dentro da Eletrônica, para os resistores, onde a energia elétrica é convertida exclusivamente em energia térmica (a mais degradada das modalidades de energia ... a mais "vagabunda", "indesejável", "inútil" etc.), essa potência passa a ser denominada **potência dissipada no resistor**.

Desse modo, podemos escrever:  $P = U \cdot I = (R \cdot I) \cdot I = R \cdot I^2$

Lembre-se disso: para calcular a potência dissipada por resistores podemos usar as expressões  $P = U \cdot i$  ou  $P = R \cdot i^2$ .

Õ Você poderia deduzir uma terceira expressão para o cálculo da potência dissipada em resistor? Tente, e eis uma dica: na expressão  $P = U \cdot I$ , deixe o U quieto e substitua o I por  $U/R$ .

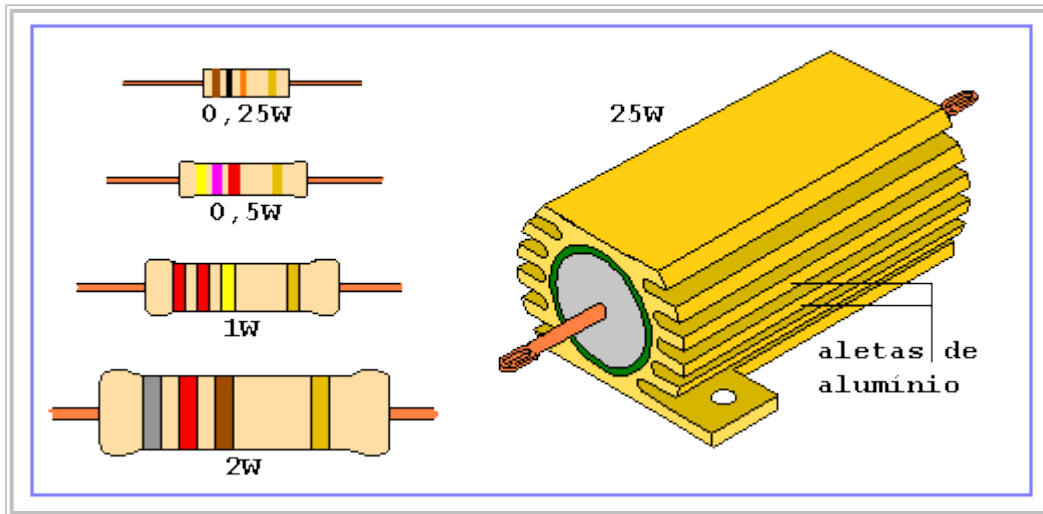
Vamos checar o entendimento disso:

- a) Uma máquina converte 1000 joules de energia térmica em energia elétrica a cada 2 segundos. Qual sua potência?
- b) Um resistor submetido à tensão de 10V é atravessado por corrente elétrica de intensidade 0,5A. Qual sua resistência? Que potência ele dissipa?
- c) Um resistor de resistência 100 ohms é percorrido por corrente d.c. de 200 mA. Que tensão elétrica ele suporta? Que potência ele dissipa?

É importante e indispensável que a energia térmica produzida num resistor seja transferida para o meio ambiente sob a forma de calor. Ora, essa transferência irá depender, entre outros fatores, da superfície do corpo do resistor. Quanto maior for a área dessa superfície mais favorável será essa transferência. Um resistor de tamanho pequeno (área pequena) não poderá dissipar (perder energia térmica para o ambiente sob a forma de calor) calor com rapidez adequada, quando percorrido por corrente muito intensa. Ele irá se aquecer em demasia o que o levará à destruição total.

A cada finalidade, prevendo-se as possíveis intensidades de corrente que o atravessarão, deve-se adotar um resistor de tamanho adequado (potência adequada) para seu correto funcionamento. Quanto maior o tamanho físico de um resistor maior será a potência que pode dissipar (sem usar outros artifícios).

A ilustração abaixo mostra resistores de tamanhos diferentes:



O resistor de carvão mais comum nos circuitos de aprendizagem são os de 0,5W. Em média, tais resistores, pelo seu tamanho, podem dissipar calor à razão de 0,5 joules a cada segundo, ou seja, têm potência máxima de 0,5W.

Alguns tipos de resistores (cujo tamanho físico não pode exceder umas dadas dimensões ... mesmo porque nem caberiam nas caixas que alojam o circuito) devem usar outros recursos que permitam uma maior dissipação para os seus tamanhos. Um dos recursos é manter uma ventilação forçada mediante ventiladores. Outro, é coloca-los no interior de uma cápsula de alumínio dotada de aletas. Isso determina uma superfície efetiva bem maior. Temos uma ilustração dessa técnica na figura acima, para o resistor de 25W..

### Entendeu mesmo ...

1. Que valor de potência é recomendada para um resistor limitador de corrente de 680W , de modo que o LED conectado em série seja percorrido por corrente de 10 mA?

## Práticas da Teoria 2 - Resistores

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leo@barretos.com.br](mailto:leo@barretos.com.br)

### Usando o multímetro

O Laboratório que acompanha a [Teoria II - Resistores](#), introduz a utilização do multímetro como ferramenta indispensável para realizar medidas nos circuitos.

Quanto mais habilitado você estiver com esse aparelho de medição, mais poderá testar circuitos, entendendo melhor como funcionam, como localizar e corrigir falhas.

## Tópicos

### O que fazem os medidores?

#### Multímetros digitais

#### Multímetros analógicos

#### Práticas com medidas



## O que fazem os medidores?

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

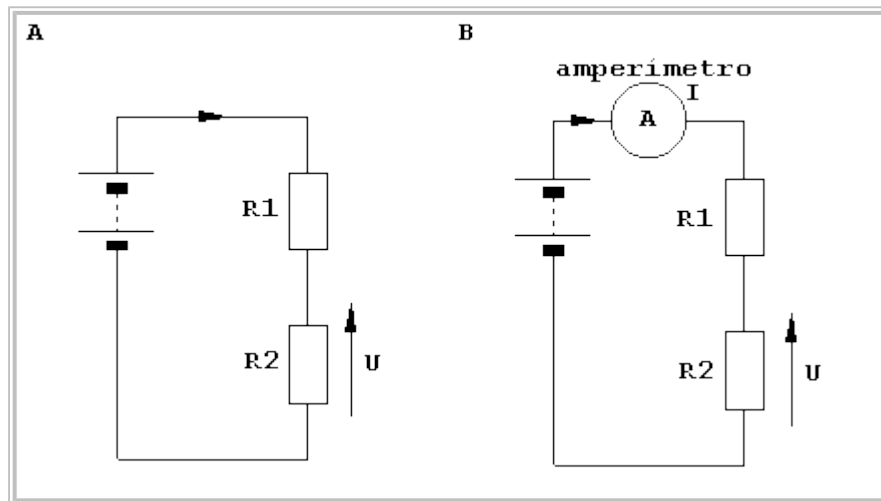
Cometendo erros de nomenclatura, porém já consagrados pelo uso, tais aparelhos são mais conhecidos por: amperímetro, voltímetro e ohmímetro.

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

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

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

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



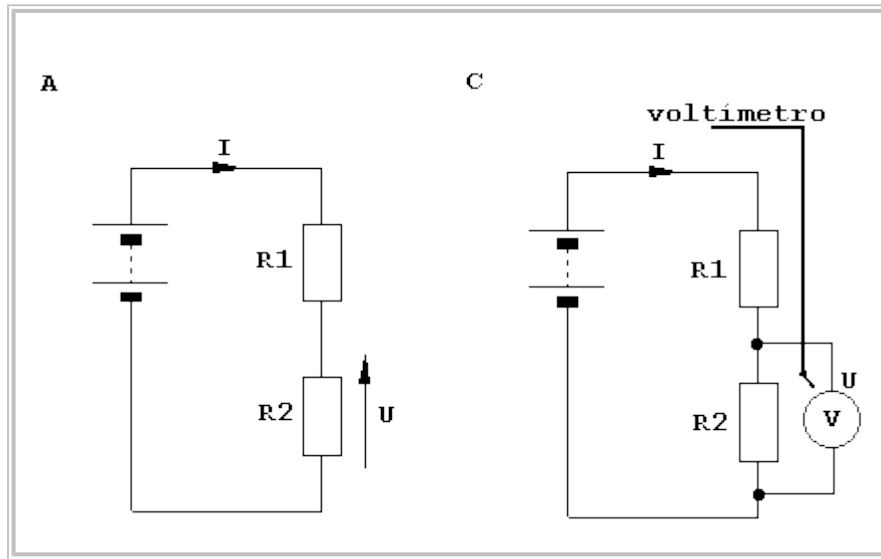
Para se medir a intensidade de corrente que circula por um dado componente ou num trecho de circuito, tal circuito deve ser "aberto", "cortado", "interrompido" para poder intercalar o amperímetro em série.

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

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

**Um bom amperímetro deve ter resistência interna praticamente nula!**

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



Observe que, para a medida de uma diferença de potencial (tensão) entre dois pontos (os terminais do resistor R2, na ilustração), o circuito não precisa ser interrompido; o voltímetro é conectado em paralelo.

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

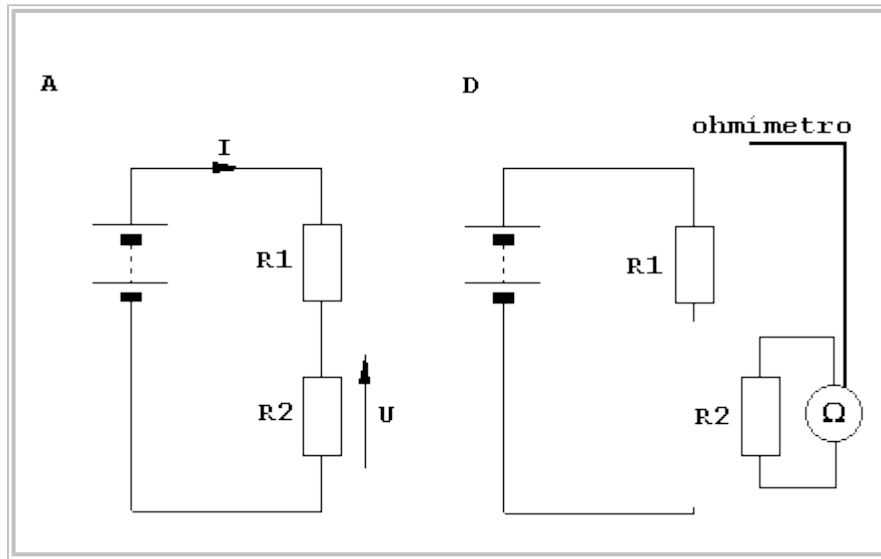
**Um bom voltímetro tem resistência interna praticamente infinita!**

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

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

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





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

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

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

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

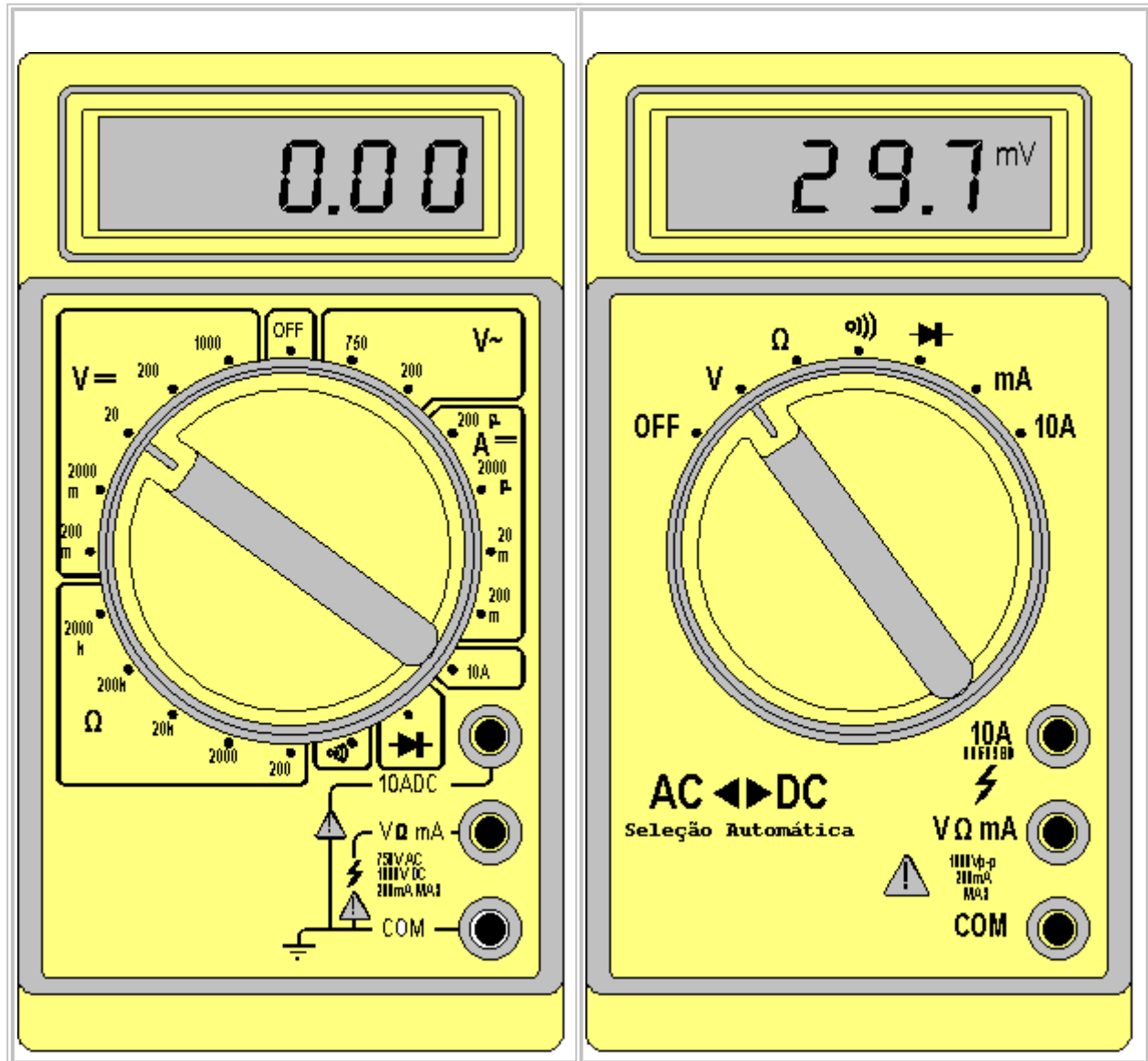
### [Voltar aos Tópicos](#)

## Multímetros digitais

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

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

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



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

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

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

### Muito cuidado ao ligar o medidor na rede elétrica domiciliar.

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

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

### [Voltar aos Tópicos](#)

## Multímetros analógicos

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

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

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

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

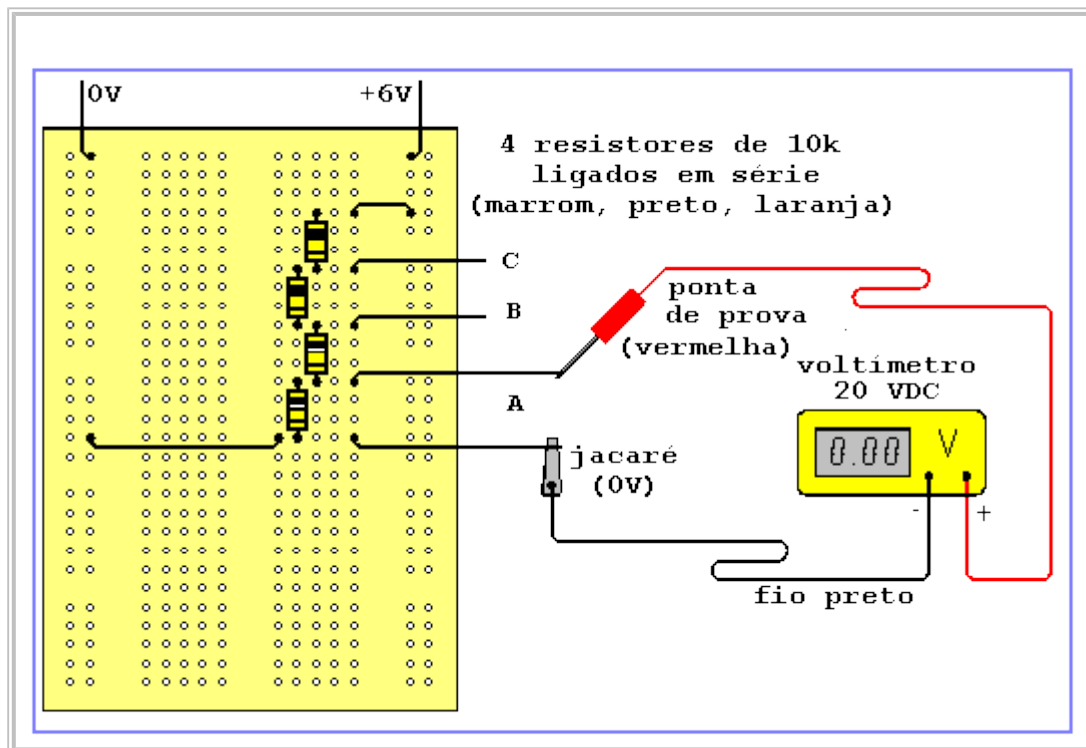
A maioria dos multímetros modernos é digital; os tipos analógicos tradicionais são destinados a ficar obsoletos.

## Voltar aos Tópicos

### Práticas com medidas

#### 1. Medidas de tensão:

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



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

Que você observa com relação a esses resultados?

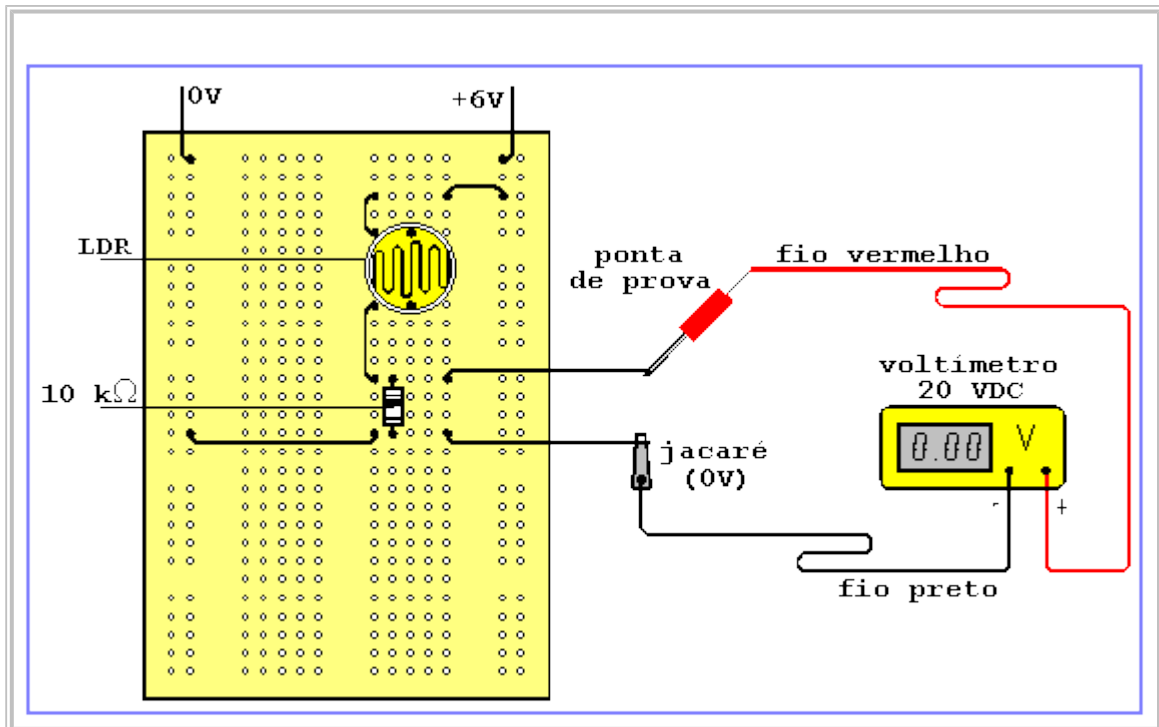
Os quatro resistores estão associados em série e fazem um arranjo conhecido como divisor de tensão. A tensão total é compartilhada (dividida) entre os quatro resistores e, a menos da tolerância, cada resistor recebe parcelas iguais (pois têm valores nominais iguais).

Nota: O próximo capítulo (Teoria III) dará detalhes dos divisores de tensão.

Modifique o circuito, substituindo um ou mais resistores de 10 kW por outros de 1 kW ou 100 kW . Refaça as leituras de tensão.

Os resultados são os esperados?

A ilustração a seguir mostra um circuito sensor de luz construído de modo semelhante:



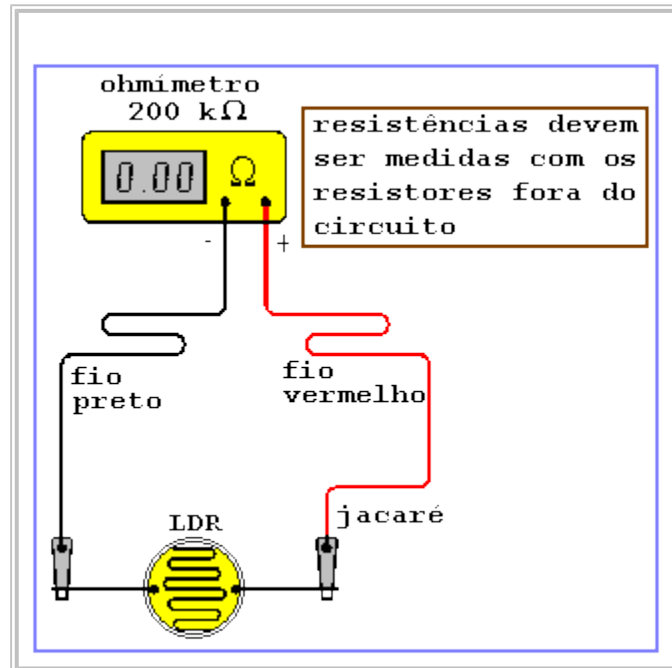
O circuito usa um LDR (resistor dependente da luz) e um resistor de 10 kΩ em série, constituindo também um divisor de tensão.

A resistência imposta pelo LDR é afetada pela luz que incide sobre sua face sensível. Na escuridão essa resistência é bem alta, 1 MΩ ou mais. Sob iluminação (quando então a energia luminosa aumenta o número de portadores de carga disponível para o fluxo de corrente) a resistência diminui sensivelmente, podendo mesmo chegar abaixo dos 100 Ω .

Conecte as pontas de prova de tensão sobre o resistor de  $10\text{ k}\Omega$ , como se ilustra. A seguir, cubra com a mão a superfície sensível do LDR.

A tensão lida aumenta ou diminui?

## 2. Medidas de resistência



Remova o LDR do circuito e meça sua resistência, como se ilustra acima.

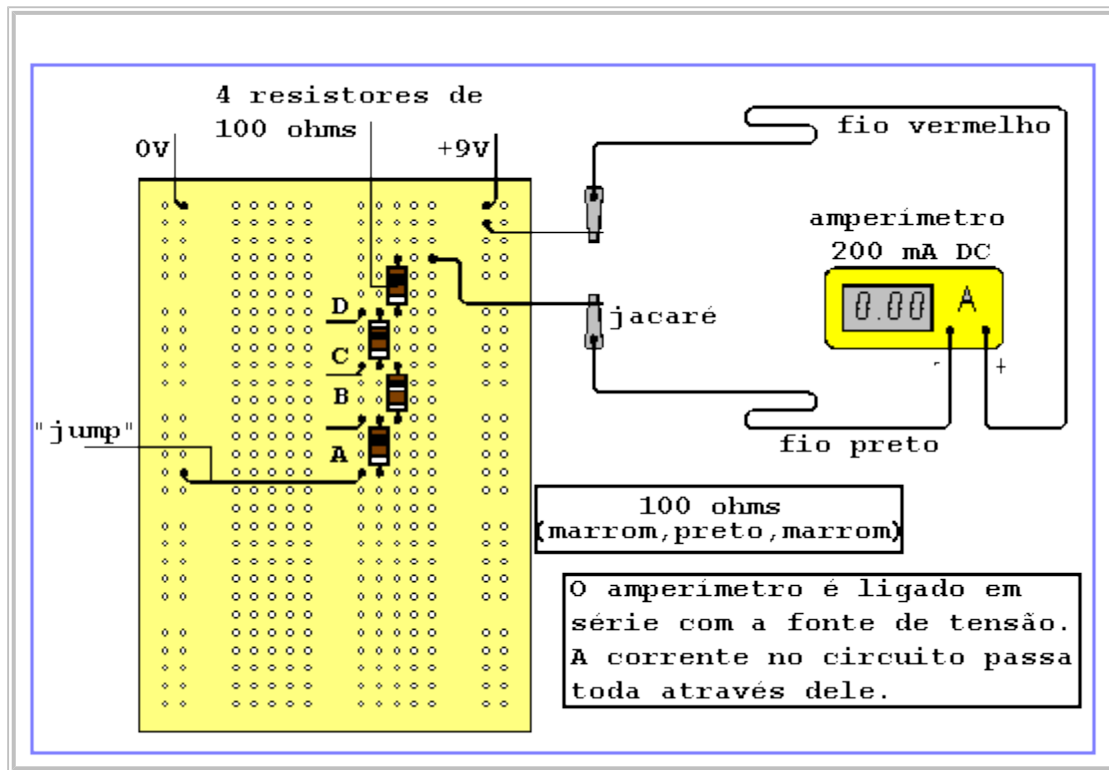
Para fazer o multímetro funcionar como um ohmímetro, você precisará selecionar uma faixa de resistência. O chaveamento para o alcance  $200\text{ k}\Omega$  é satisfatório. Agora você poderá observar as alterações de resistência conforme muda o nível de iluminação no LDR.

Se a leitura chegar ao valor máximo e estacionar com a progressiva cobertura do LDR, isso significa que o alcance do medidor precisa ser modificado para um alcance mais elevado,  $2000\text{ k}\Omega$ , por exemplo.

A quantos  $\text{M}\Omega$  corresponde os  $2000\text{ k}\Omega$  ?

## 3. Medidas de intensidades de correntes:

A ilustração abaixo mostra um arranjo efetuado com resistores de  $100\text{ W}$  sobre uma matriz de contatos. Vamos usá-lo para efetuar medidas de intensidade de corrente:



Observe que a corrente tem que circular pelo amperímetro assim como pelo circuito. O circuito foi previamente interrompido e o amperímetro inserido.

Faça uma nova leitura de intensidade de corrente levando o "jumper" que está ligado em A para uma nova posição B.

Qual a intensidade de corrente?

Leve o "jumper" para as posições C e D, sucessivamente e anote as novas leituras. Não esqueça de escrever as unidades corretamente.

Calcule, separadamente, a intensidade de corrente esperada em cada caso usando da Lei de Ohm.

**Entendeu mesmo? ... A**

1. Dê três funções que os resistores podem desempenhar num circuito.
2. Que é um transdutor?
3. Dê exemplos de transdutores de entrada e de saída.

**Entendeu mesmo? ... B**

1. Cite três diferentes tipos de resistores.
2. Qual o valor ôhmico do resistor cujas faixas coloridas são:

- (A) marrom, preto, vermelho?
- (B) cinza, vermelho, marrom?
- (C) laranja, branco, verde?

3. Dê o código de cores para os seguintes valores de resistência:

- (A) 1,8 k $\Omega$
- (B) 270  $\Omega$
- (C) 56 k $\Omega$

4. Obtenha os valores máximos e mínimos de resistências dos resistores marcados com as seguintes faixas:

- (A) vermelho, vermelho, preto ----- ouro
- (B) amarelo, violeta, amarelo ----- prata

#### **Entendeu mesmo? ... C**

1. Dê os valores ôhmicos nominais dos resistores que apresentam as seguintes faixas de cores:

- (A) laranja, laranja, preto
- (B) cinza, vermelho, ouro
- (C) laranja, laranja, preto, vermelho

2. Como fica o código de cores para um resistor de 10 k $\Omega$  nominais,

- (A) usando o três sistema de cores?
- (B) usando o sistema de quatro cores?

#### **Entendeu mesmo? ... D**

1. Que valor do padrão E12 está mais próximo a 5 030 $\Omega$  ?

#### **Entendeu mesmo? ... E**

1. No circuito por acender um LED, a fonte de alimentação fornece 6 V. Qual deve ser o valor de R1? Se a fonte for substituída por outra de 9V, qual o novo valor de R1?

#### **Entendeu mesmo? ... F**

1. No circuito ilustrado, qual

- (A) a resistência total no circuito?
- (B) a intensidade de corrente que passa pelo ponto A?



2. No circuito ilustrado, qual

(A) a resistência total no circuito?

(B) as intensidades de corrente que passam pelos pontos B, C, e D?

### Entendeu mesmo? ... G

1. Que valor de potência é recomendada para um resistor limitador de corrente de  $680\Omega$ , de modo que o LED conectado em série seja percorrido por corrente de 10 mA?

### RESPOSTAS ... A

1.

(a) Como limitador de intensidade de corrente em determinados componentes,

(b) como um transdutor (como parte de um subcircuito de sensor),

(c) como modificador da constante de tempo quando associado em série com um capacitor.

2. Um componente que muda uma forma de energia em outro. No transdutor eletrônico, uma das formas de energia deve ser elétrica.

3. De **entrada**: LDR, microfone, interruptor, termistor (sensor de temperatura)

De **saída**: LED, lâmpada, alto-falantes, cigarra.

### RESPOSTAS ... B

1. Filme de carbono (carvão), filme de metal (óxidos), fio enrolado (nicromo).

2. Valores dos resistores:

(A)  $1000\Omega$  ou  $1\text{ k}\Omega$

(B)  $820\Omega$

(C)  $3\,900\,000\Omega$  ou  $3,9\text{ M}\Omega$ .

3. código de cores:

(A) marrom, cinza, vermelho

(B) vermelho, violeta, marrom

(C) verde, azul, laranja

4. ouro =  $\pm 5\%$  é máximo:  $220\Omega + 11\Omega = 231\Omega$  mínimo:  $220\Omega - 11\Omega = 209\Omega$

prata =  $10\%$  é máximo: mínimo:

### RESPOSTAS ... C

1. valores de resistor:

- (A) 33
- (B) 8.2
- (C) 33 000, ou 33

2. códigos de cor:

- (A) marrom, preto, laranja,
- (B) marrom, preto, preto, vermelho,

### **RESPOSTAS ... D**

1. E12 valores de 4.7 e 56 estão disponíveis: 4.7 estão mais próximos.  
Na E24 escala, 5.1 estão mais próximos.

### **RESPOSTAS ... E**

1. A tensão por R1 é agora  $6-4=2$  V  
O E12 valor mais próximo é 390, laranja de código de cor, branco, marrom.

### **RESPOSTAS ... F**

1. resistor em série:

- (A) 3
- (B) 2 mA

2. resistor em paralelo:

- (A) 0.67
- (B) B=9 mA, C=6 mA, D=3 mA,

Os resistor conectados em paralelo têm valores diferentes e por isso as correntes que fluem por eles serão diferentes.

### **RESPOSTAS ... G**

1.  $10 \text{ mA}=0.01\text{A}$ . A tensão pelos  $680\Omega$  é: 6,8V. A potência é: 0,068W.  
Qualquer resistor acima dessa faixa pode ser usado, tal como 0,25W ou 0,5W

## **Divisor de tensão**

**(Teoria 3)**

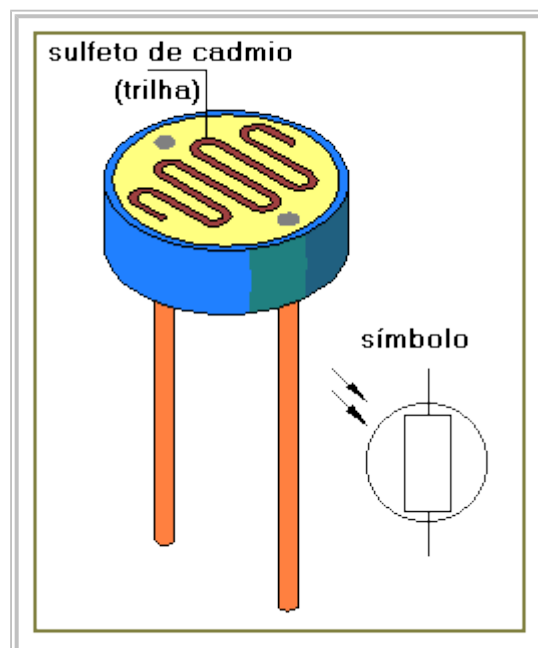
Nessa **Teoria III** você descobrirá como funcionam os circuitos divisores de tensão e saberá porque eles são importantes nos circuitos eletrônicos em geral.

## Tópicos (para navegar)

[O divisor de tensão](#)  
[Sensores de temperatura](#)  
[Ponte de Wheatstone](#)  
[Sensores de som](#)  
[Sinais de interruptores](#)  
[Conclusão](#)

## O divisor de tensão

Você vai ficar sabendo o que é isso, mas não tenha pressa. Acompanhe atentamente o capítulo e deixe a explicação aparecer naturalmente.

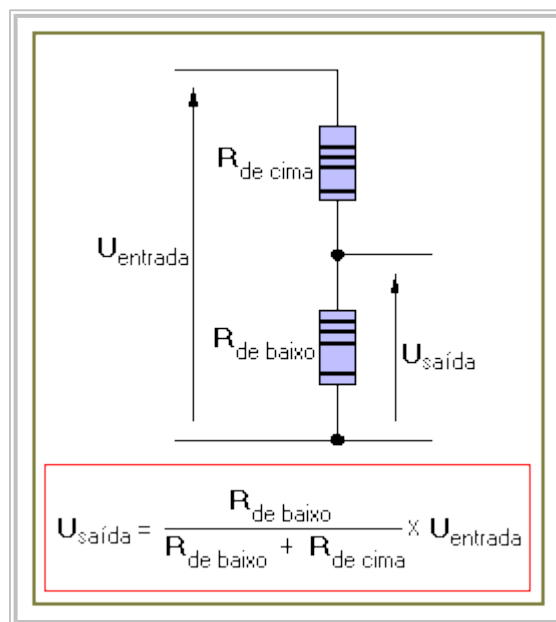


A ilustração acima mostra um resistor dependente da luz, um LDR, e seu símbolo nos circuitos de eletrônica.

A parte sensível à luz, no LDR, é uma trilha ondulada feita de sulfeto de cádmio. A energia luminosa inerente ao feixe de luz que atinge essa trilha, provoca uma liberação de portadores de carga elétrica além do normal, nesse material. Essa quantidade extra de portadores faz com que a resistência do elemento diminua drasticamente conforme o nível de iluminação aumenta.

Um **sensor de luz** usa um LDR como parte de um **divisor de tensão**.

O circuito básico de um divisor de tensão, por vezes também denominado "divisor de potenciais elétricos" é o ilustrado a seguir:

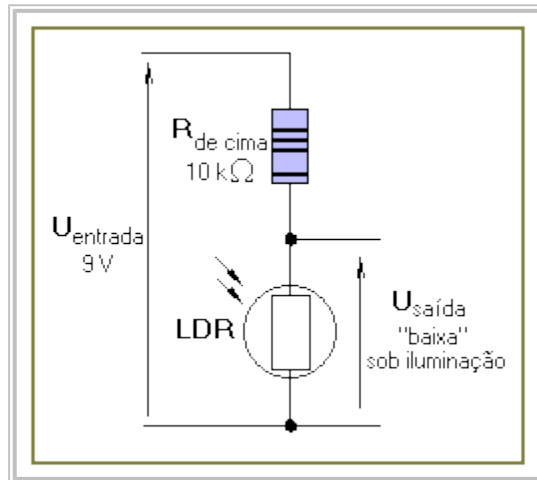


Como você pode ver, foram conectados dois resistores em séries, sendo a associação alimentada pela tensão  $U_{\text{entrada}}$ , frequentemente proveniente da fonte de alimentação.

A tensão de saída,  $U_{\text{saída}}$ , é recolhida sobre o  $R_{\text{de baixo}}$  e a expressão que permite seu cálculo é a indicada sob a figura.

É recomendável a memorização (e "traquejo") dessa expressão visto o grande número de aplicações desse simples divisor de tensão.

O que acontecerá se um dos resistores do divisor de tensão for substituído por um LDR?



No circuito acima, o  $R_{\text{de cima}}$  é um resistor de  $10\text{ k}\Omega$  e o  $R_{\text{de baixo}}$  foi substituído por um LDR.

Suponha que o LDR adquirido tenha resistência de  $500\Omega$  ( $0,5\text{ k}\Omega$ ) sob luz brilhante e  $200\text{ k}\Omega$  na sombra (esses valores são bem razoáveis).

Quais as tensões de saída, sob iluminação e à sombra?

Façamos alguns cálculos:

a) Quando o LDR estiver sob iluminação intensa a  $U_{\text{saída}}$ , aplicando a fórmula, será de:

$$U_{\text{saída}} = \frac{R_{\text{de baixo}}}{R_{\text{de baixo}} + R_{\text{de cima}}} \times U_{\text{entrada}} = \frac{0,5}{0,5 + 10} \times 9 = 0,43 \text{ volts}$$

b) Quando o LDR estiver à sombra, a  $U_{\text{saída}}$ , aplicando a fórmula, será de:

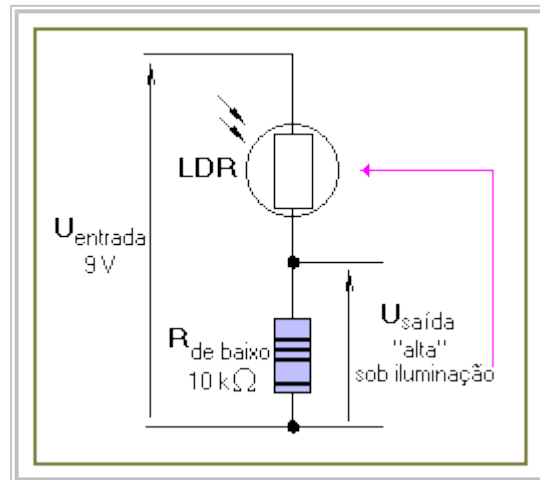
$$U_{\text{saída}} = \frac{R_{\text{de baixo}}}{R_{\text{de baixo}} + R_{\text{de cima}}} \times U_{\text{entrada}} = \frac{200}{200 + 10} \times 9 = 8,57 \text{ volts}$$

Em outras palavras, esse circuito "sensor de luz" entrega na saída uma tensão BAIXA quando o LDR está intensamente iluminado e uma tensão ALTA quando o LDR está na sombra. O circuito do divisor de tensão dá uma tensão de saída que se altera com a iluminação.

Que tal pensar num circuito "sensor de escuro"?

Ele poderia ser utilizado para controlar a iluminação de um ambiente ao escurecer  $\frac{3}{4}$  acendendo as luzes  $\frac{3}{4}$  e apagá-las ao raiar do dia.

Talvez isso não lhe pareça terrivelmente excitante mas, fique sabendo que, praticamente todos os circuitos sensores que você possa imaginar utiliza, de algum modo, um **divisor de tensão**. A menos que você invente um outro processo para isso!



Nesse divisor de tensão, substituímos o  $R_{\text{de cima}}$  pelo LDR. O resistor de  $10 k\Omega$  passou para baixo e a tensão de saída está sendo recolhida entre seus terminais.

Que efeito terá essa inversão sobre a  $U_{\text{saída}}$ ?

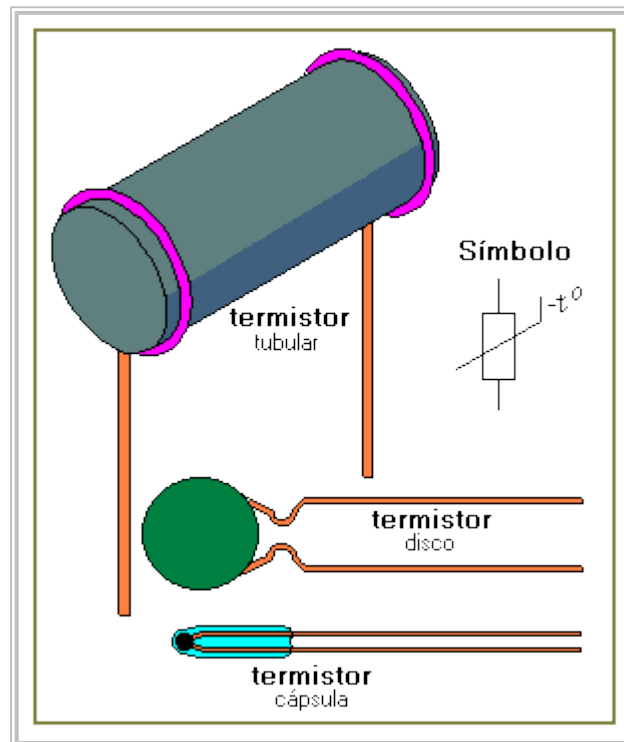
A ação do circuito fica invertida, ou seja,  $U_{\text{saída}}$  torna-se ALTA quando o LDR está sob iluminação e BAIXA quando mantido à sombra.

Substitua os valores adequadamente na fórmula do divisor de tensão para se convencer de que isso é verdadeiro.

[Voltar aos Tópicos](#)

## Sensores de temperatura

Um resistor sensível à temperatura é chamado de **termístor**. Há vários tipos diferentes:



Na maioria dos tipos comuns de termístores a resistência *diminui* à medida que a temperatura *aumenta*. Eles são denominados termístores de *coeficiente negativo de temperatura* e indicados como NTC. Na sua simbologia, note o "- t°".

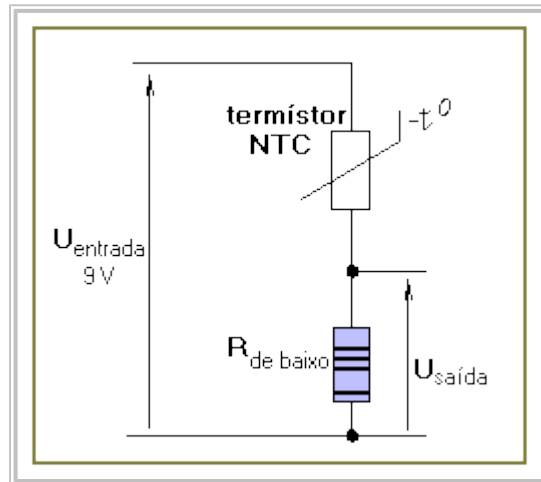
Um termístor NTC típico é feito de material semicondutor à base de um óxido metálico. Lembre-se, os *semicondutores* exibem a propriedade de resistência elétrica a meio caminho entre os bons condutores e os bons isolantes. Com a elevação da temperatura, mais portadores de carga tornam-se disponíveis e, conseqüentemente a resistência elétrica diminui.

Embora não seja de uso freqüente, fabricam-se também os termístores com coeficiente positivo de temperatura, os PTC. São confeccionados com outros materiais e exibem um aumento de resistência com a temperatura.

**Como poderíamos fazer um circuito sensor para atuar como alarme de incêndio?**

Vejamos; como opção pretendemos um circuito que forneça uma ALTA tensão quando elevações de temperaturas forem detectadas. Para tanto, vamos precisar de circuito divisor de tensão, com um termístor NTC na posição  $R_{\text{de cima}}$ . A  $U_{\text{saída}}$  será recolhida no  $R_{\text{de baixo}}$ .

Acompanhe:



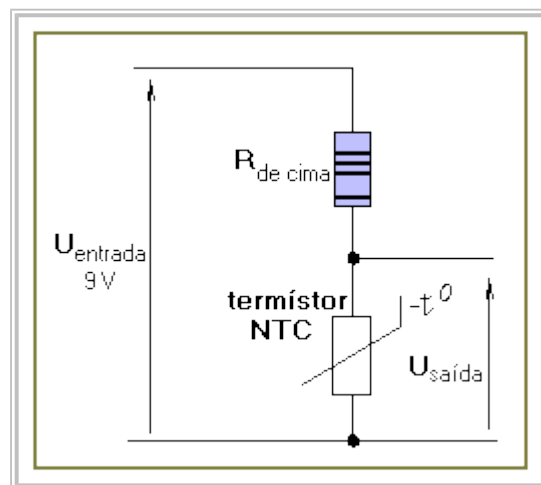
Veja que esse circuito satisfaz plenamente o propósito para o detetor de incêndio.

Vejamos outro desafio:

Em países de clima bem frio é comum a formação de gelo sobre as estradas.

Como você faria um circuito sensor para detectar temperaturas abaixo dos  $4^{\circ}\text{C}$  e com isso advertir os motoristas da possibilidade de gelo sobre a pista?

Dessa vez, queremos um circuito que entregue na saída uma ALTA tensão sob baixas temperaturas. Para tanto devemos preparar um divisor de tensão, usando um termistor NTC na posição  $R_{\text{de baixo}}$  e recolher a  $U_{\text{saída}}$  sobre ele. Veja o esquema básico:



Esta última aplicação levanta uma pergunta importante:

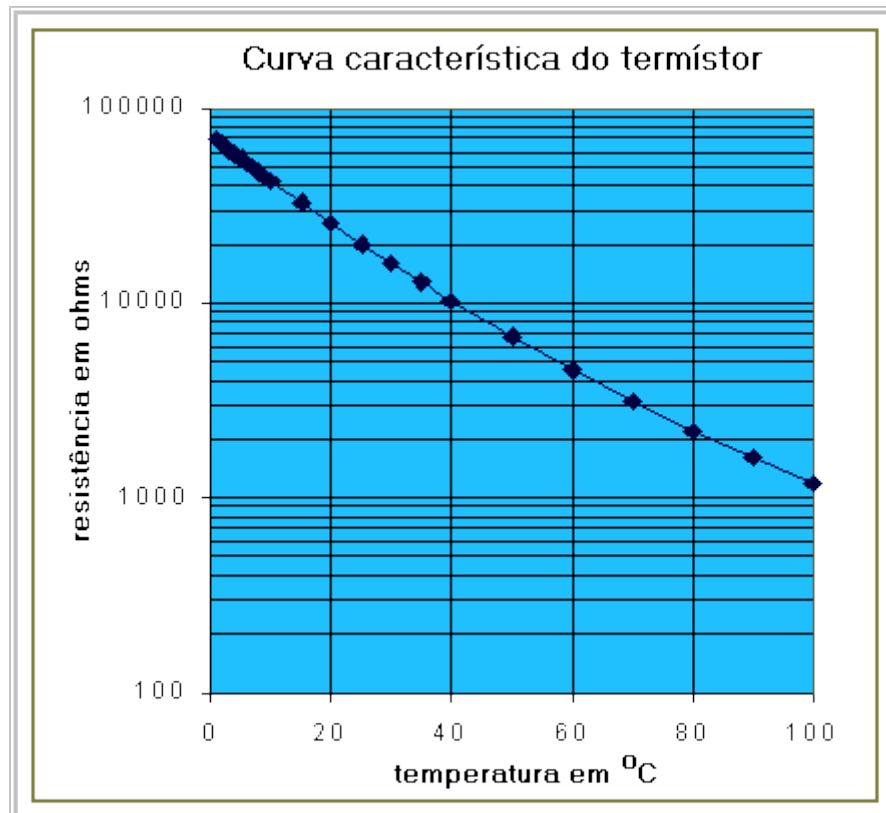
Como saberemos que valor a  $U_{\text{saída}}$  vai assumir quando a temperatura chegar aos  $4^{\circ}\text{C}$ ?



Para responder a essa pergunta, você precisa calcular (ou saber de antemão) a resistência do termistor a 4°C.

São fabricados muitos tipos de termístores, cada um com seu próprio padrão característico de alteração da resistência em função da temperatura. Os fabricantes publicam gráficos que mostram as *curvas características* desses termístores.

A ilustração que segue mostra a **curva característica** de um particular termistor:



No eixo dos "y" (ordenadas) são postos os valores de resistência em escala logarítmica. Esse procedimento tem por finalidade comprimir o gráfico verticalmente de forma a facilitar a visualização dos valores de resistência com os aumentos de temperatura. Note que, entre 100Ω e 1000Ω, cada intervalo horizontal corresponde a 100 ohms, apesar de aparentar "larguras diferentes". Entre 1000Ω e 10000Ω, cada intervalo horizontal corresponde a 1000 ohms. Dos 10000Ω aos 100000Ω, cada intervalo indica 10000 ohms.

No eixo dos "x" (abscissas) são postos os valores de temperatura em escala linear (divisões e intervalos igualmente espaçados).

Como você pode observar esse particular termistor tem uma resistência ao redor dos 70 kΩ à 0 °C e aproximadamente 1 kΩ à 100 °C. Os fabricantes normalmente

catalogam seus termístores indicando suas resistências aos 25 °C — esse que ilustramos apresenta resistência de 20 kΩ à 25 °C — . Marque esse ponto no gráfico para mostrar que você entendeu mesmo o jeitão da coisa.

Se você quiser avançar um pouco mais no assunto eis outra informação: usualmente os fabricantes acrescentam em seus catálogos outra informação a respeito do termístor, é o seu **beta** ou o **fator-β** . Em posse desses dois dados **R<sub>T0</sub>** (resistência de referência) e o **fator-β** , é possível calcular um valor aproximado da resistência **R<sub>T</sub>** do termístor para qualquer particular temperatura usando da seguinte expressão:

$$R_T = R_{T0} \times e^{\{\beta [(1/T) - (1/T0)]\}}$$

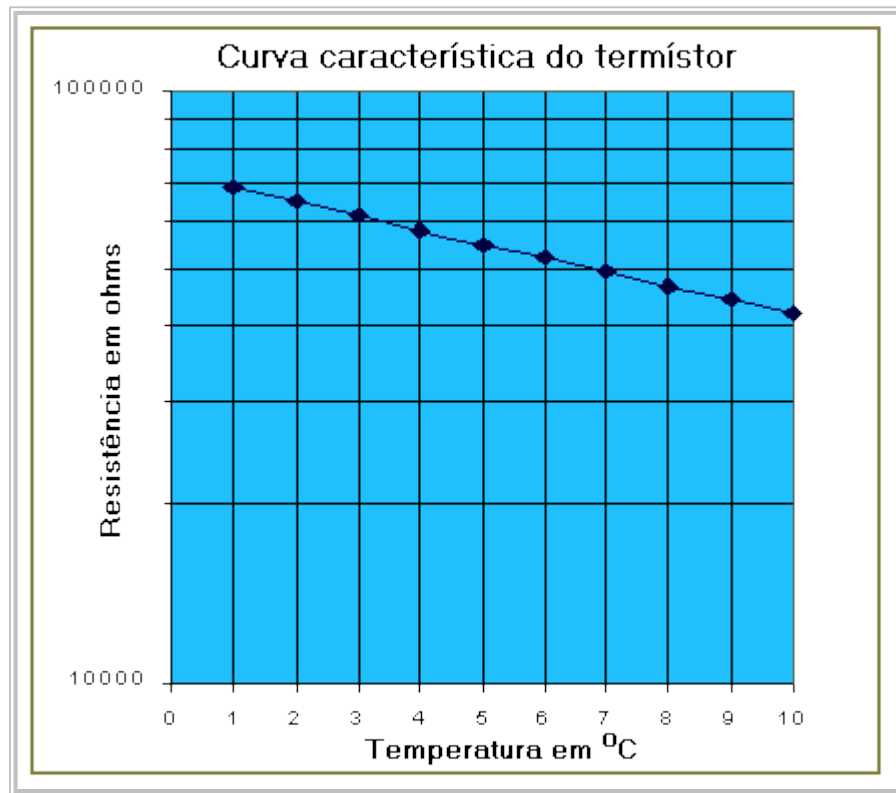
onde **R<sub>T</sub>** é a resistência calculada na temperatura absoluta kelvin (**T = t°C + 273**), **R<sub>T0</sub>** é a resistência de referência a **T0** em kelvin. Quando a temperatura de referência é 25°C, **T0 = 25°C + 273**.

**e** é a base dos logaritmos naturais, elevado à potência **[β ((1/T) - (1/T0))]**, nessa expressão, **β** é o fator-beta, específico desse termístor.

Você não precisa se preocupar em aplicar essa expressão no momento, mas é bom saber que as informações colhidas nos catálogos são suficientes para você prever o bom desempenho do termístor em seu projeto.

**Dica:** Existem programas que montam e traçam gráficos. O **Excel** é um deles. Você entra com a fórmula (essa que mostramos acima) e os valores de temperatura numa dada faixa (digamos entre 0 e 100, com passos de 5 graus célsius). O programa incumbe-se de calcular e traçar a curva característica do termístor em questão.

Com **R<sub>T0</sub> = 20 kΩ** e **b = 4200**, e temperaturas de 0 a 10°C (passo de 1°C) eis a curva característica desse termístor:



Do gráfico, a resistência a 4°C, mostra um valor algo menor que **60 kΩ** ; por cálculo obtemos o valor 58,2 kΩ .

**IMPORTANTE: A maior alteração em  $U_{saída}$ , no divisor de tensão, é obtida quando  $R_{de\ cima}$  e  $R_{de\ baixo}$  têm mesmo valor ôhmico.**

Isso significa que, seleccionando-se um valor para  $R_{de\ cima}$  perto de 58,2 kΩ , fará o divisor de tensão usado como "alarme de gelo" ficar o mais sensível possível aos 4°C. O valor mais próximo desse valor ideal nos padrões E12/E24 é o **56 kΩ** . Esse detalhe é importante uma vez que grandes alterações em  $U_{saída}$  facilitam o projeto do sensor de gelo tornando-o mais confiável para detectar temperatura abaixo dos 4°C.

Dispositivos usados como sensores variam consideravelmente em resistência e você poderá sempre usar dessa regra em seus divisores de tensão para torna-lo tão sensível quanto possível no ponto crítico escolhido.

Termístores são utilizados nos lugares "mais estranhos" que você possa imaginar. Nos projetos automotivos, por exemplo, citamos:

\* injeção eletrônica de combustível, na qual, monitora-se a quantidade de ar na mistura ar/combustível, para a concentração ideal;

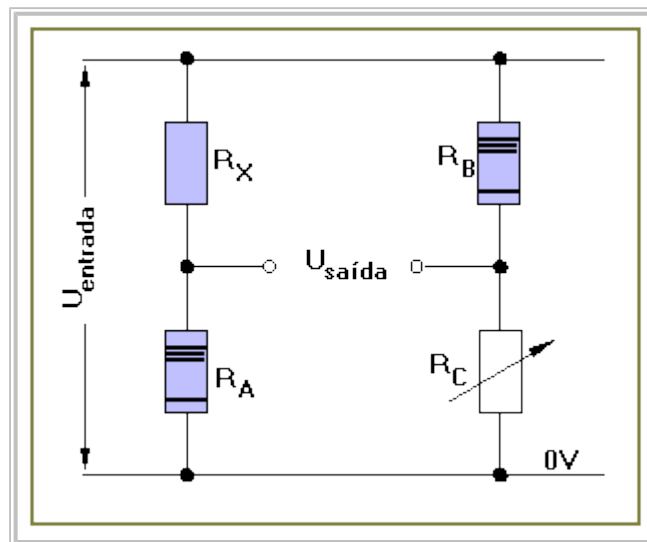
- \* ar condicionado e controle automático de temperatura;
- \* indicador de temperatura do óleo, nível do óleo etc;
- \* controle do motor do ventilador, baseado na temperatura da água de refrigeração;
- \* sensores para freezers, em relação à temperatura externa;
- \* etc.

### [Voltar aos Tópicos](#)

## Ponte de Wheatstone

Charles Wheatstone era um cientista talentoso e versátil. Ele inventou a concertina, experimentou com a fotografia estereoscópica, inventou o estereoscópio e teve uma participação importante no desenvolvimento das comunicações com o telégrafo da época. Ele não reivindicou ter inventado o circuito que mais tarde veio a receber o seu nome, mas foi certamente um dos primeiros a explorar o circuito para fazer medidas de resistências.

Então, vamos ver como é uma ponte de Wheatstone. Esse é o circuito:



É óbvio que o circuito consiste de dois divisores de tensão.

Suponha que  $R_x$  seja um valor desconhecido de resistência.  $R_A$  e  $R_B$  são resistores de resistências fixas e conhecidas.

Vamos ajustar  $R_C$  até que a  $U_{saída}$  sobre ele fique igual à  $U_{saída}$  do divisor que contém  $R_x$ . Quando esses valores tornarem-se iguais, a ponte será dita "em equilíbrio".

O "ponto de equilíbrio" (atuando-se sobre  $R_C$ ) pode ser visualizado, conectando-se um voltímetro ou um amperímetro aos terminais de saída. Ambos os tipos de medidores darão uma leitura ZERO quando o equilíbrio for alcançado.

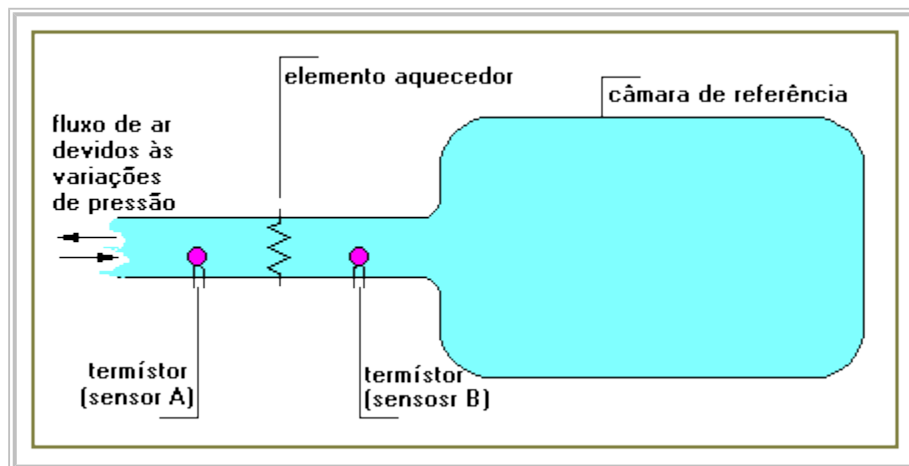
Quando o equilíbrio for obtido, a razão  $R_x/R_A$  será igual à razão  $R_B/R_C$ . Reorganizando:

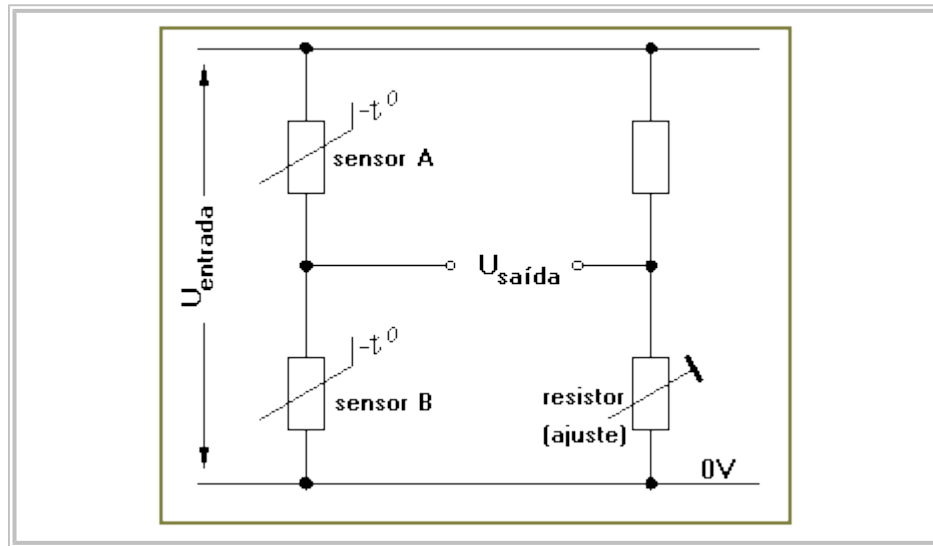
$$R_x = \frac{R_A \times R_B}{R_C}$$

Em outras palavras, conhecendo-se  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_C$ , é fácil calcular  $R_x$ . Nos instrumentos baseados na ponte de Wheatstone,  $R_A$  e  $R_B$  são fixos e  $R_C$  é ajustado a uma escala corrigida de tal modo que o valor de  $R_x$  é lido diretamente nessa escala móvel.

Atualmente, a ponte de Wheatstone não é mais corriqueiramente usada para a medida de resistência, mas sim para artificiosos circuitos sensores. O variômetro, por exemplo, que detecta mudanças na pressão do ar devido às mudanças súbitas de altitude, muito usado em planadores, é um sensor que usa dos recursos dessa ponte.

O circuito desses variômetros apresentam dois termístores NTC, cada um deles medindo a temperatura do fluxo de ar que se movimenta sob a diferença de pressão ocasionadas pela alteração da altitude.

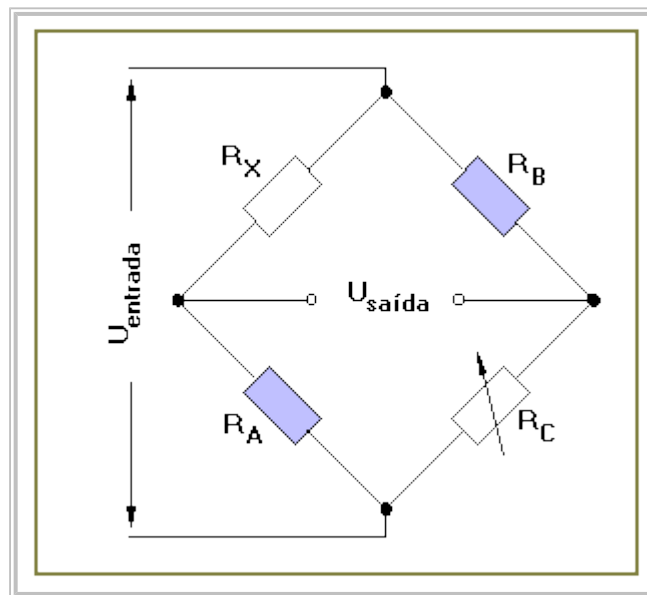




O variômetro alerta o piloto para uma corrente térmica ascendente e, com isso, ele pode ganhar altura e voar durante um tempo maior.

Quando o instrumento é inicialmente aferido, o resistor prefixado é ajustado para uma tensão de saída ZERO. A vantagem da ponte de Wheatstone é que só diferenças de temperatura entre os dois sensores colocarão a ponte fora de equilíbrio.

A propósito, os circuitos com ponte de Wheatstone são supostos prematuramente difíceis de entender. Isso não deve acontecer com você.



Via de regra, muito devido às aulas de Física, esse circuito é normalmente desenhado sob a forma de um losângulo.

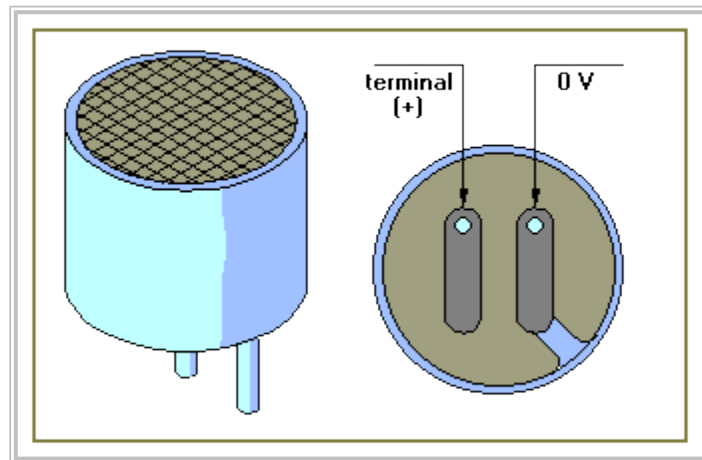
Sob esse formato fica menos óbvio o circuito básico de dois divisores de tensão mas, uma vez que você sabe disso, torna-se fácil entender a ação do circuito.

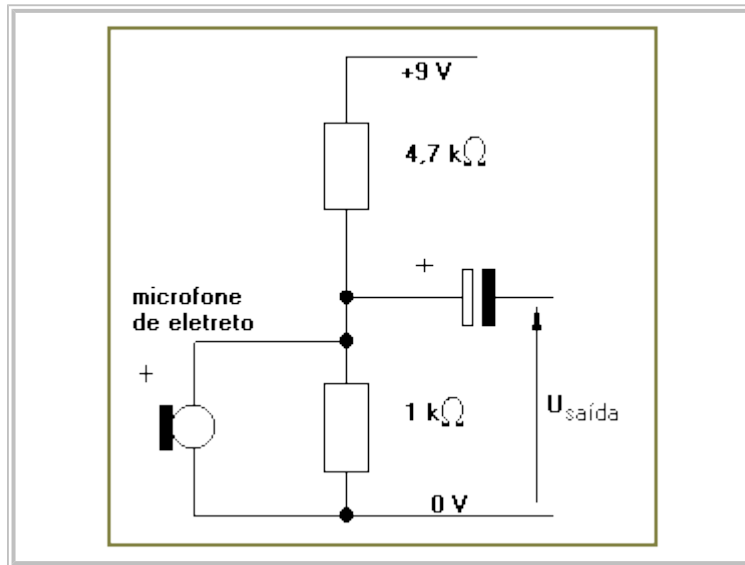
### [Voltar aos Tópicos](#)

## Sensores de som

Talvez você conheça um *sensor de som* com outro nome; que tal, **microfone**.

A ilustração a seguir mostra um tipo de microfone que mistura **cerâmica** com **metal**. Pode ser identificado pelo nome CerMet. Essa mistura é utilizada na parte sensível ao som. Para que essa parte funcione adequadamente, deve permanecer sob uma determinada tensão elétrica, cerca de 1,5 volts. No circuito que apresentamos ao lado do microfone, a fonte de alimentação fornece 9 volts. Portanto, um divisor de tensão faz-se necessário.





O resistor de  $4,7\text{ k}\Omega$  e o de  $1\text{ k}\Omega$  constituem um divisor de tensão que provê uma saída de  $1,6\text{ V}$  sobre o microfone. As ondas sonoras que ele recebe geram pequenas variações de tensão, normalmente na faixa dos  $10$  a  $20\text{ mV}$ . Para isolar essas pequenas variações, dos  $1,6\text{ V}$  que permanece fixo, usamos um *capacitor*. Os capacitores serão tratados em aulas futuras.

Com certeza você conhece outros tipos de microfones; capacitivo, dinâmico, cristal, eletreto etc. Serão estudados oportunamente.

[Voltar aos Tópicos](#)

## Sinais de interruptores

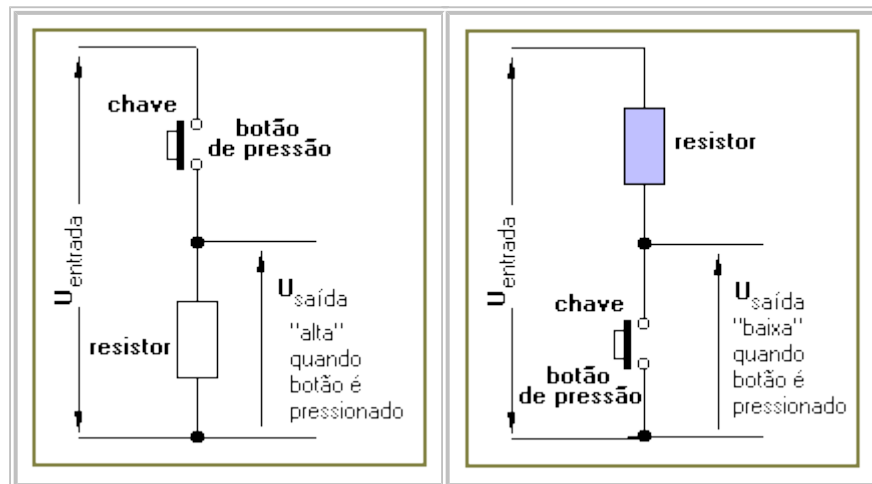
Quando um interruptor é usado para prover uma entrada em um determinado circuito, seu pressionamento normalmente gera um sinal de tensão. É esse sinal de tensão que ativa o circuito propriamente dito.

**Do que você precisa para fazer o interruptor gerar um sinal de tensão?**

Resposta perfeita ... isso mesmo, você precisa de um divisor de tensão.

As ilustrações a seguir mostram dois caminhos possíveis:





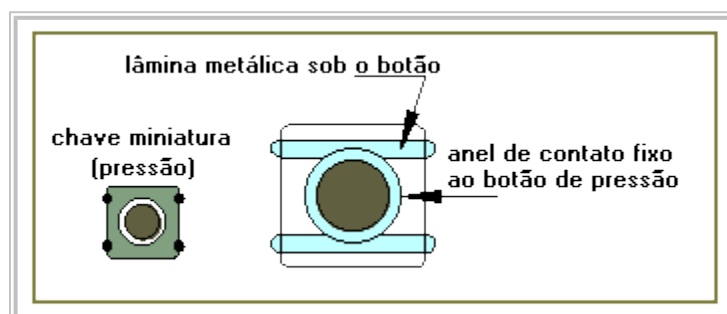
A tensão de saída no circuito da esquerda é sempre BAIXA, exceto quando o botão é pressionado. Ao pressionar o botão essa tensão alta é utilizada para por em ação o circuito restante. No circuito da direita a tensão de saída é sempre ALTA (a própria tensão da fonte, no caso), exceto quando o botão é pressionado. Pressionando esse botão, a tensão de saída cai a ZERO. Para o resistor dos circuitos, um valor de 10 kW é o recomendado.

Em suma; quando o botão é pressionado o primeiro circuito fornece uma  $U_{saída}$  ALTA e o segundo uma  $U_{saída}$  BAIXA.

Nos circuitos que processam *sinais lógicos*, uma BAIXA tensão é denominada "lógica 0" ou simplesmente "0", enquanto que uma ALTA tensão é denominada "lógica 1" ou simplesmente "1". Esses circuitos divisores de tensão, com interruptores de botão, são perfeitos para proverem entradas de sinais lógicos. [Há um probleminha de "reboot" ... mais isso é outra história.]

**Que tipos de interruptores você usaria nesses circuitos?**

Há uma grande variedade de interruptores de botão (pressão). Os botões miniaturas trabalham adequadamente e freqüentemente estão inseridos em uma matriz de contatos.



Como você observa, o botão tem externamente quatro pequenos terminais que são unidos, aos pares e internamente, por tiras de metal. O botão leva um anel metálico. Ao ser apertado, o anel toca as tiras, fechando o circuito.

[Voltar aos Tópicos](#)

## Conclusão

Circuitos eletrônicos são construídos a partir de subcircuitos com finalidades específicas. Cada um deles deve operar em termos de **entrada**, **processamento**, **saída**. Há permanente transferência de informações entre subcircuitos. Essas informações, sob a denominação de **sinais**, via de regra estão sob a forma de tensões variáveis. Isso torna inevitável que tais circuitos incluam **divisores de tensão** como parte integrante de suas estruturas.

Divisores de tensão não são apenas pequenos detalhes num circuito geral, eles são fundamentais para a compreensão do circuito eletrônico como um todo. Uma vez que você os entenda e saiba como procura-los você os encontrará em todos os circuitos.

# Praticando com os sensores

Prof. Luiz Ferraz Netto  
[leo@barretos.com.br](mailto:leo@barretos.com.br)

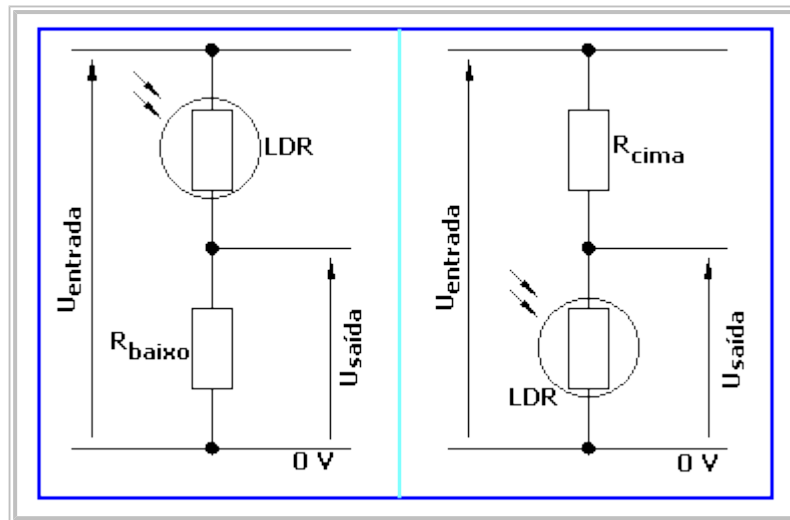
Nessa parte experimental da **Teoria III** - Divisores de Tensão, você aprenderá como usar um **resistor dependente da luz (LDR)** como sensor de luz. O **LDR** deverá fazer parte de um circuito divisor de tensão, cuja finalidade será fornecer uma tensão de saída ( $U_{saída}$ ) que muda com a iluminação.

## Tópicos

[Circuitos possíveis](#)  
[Medindo resistências](#)  
[Circuito sensor de luz](#)  
[Circuito sensor algo diferente](#)  
[Conclusões](#)

## Circuitos possíveis

Há somente duas possibilidades para construir o circuito divisor de tensão, uma com o LDR "em cima" e outra com o LDR "em baixo", como se ilustra.



A seguir, vamos investigar o comportamento desses dois circuitos. Uma das etapas desse estudo vai lhe ensinar como descobrir um valor adequado para o **resistor fixo** que participará do divisor de tensão nesses circuitos.

Relembremos a fórmula para calcular a  $U_{saida}$  no circuito divisor de tensão:

$$U_{saida} = \frac{R_{baixo}}{R_{baixo} + R_{cima}} \times U_{entrada}$$

⇒ Observe bem essa expressão. Ela poderá nos auxiliar a prever coisas importante.

O que acontecerá com a  $U_{saida}$  se  $R_{baixo}$  for se tornando cada vez menor?

[Voltar aos Tópicos](#)

## Medindo resistências

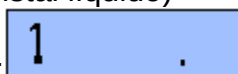
Como fazer isso?

Comece ajustando seu multímetro para uma escala de resistência. Como se vê na ilustração, o fundo de escala - faixa da escala escolhida - do ohmímetro foi a de 200  $k\Omega$  . Isso significa que o medidor medirá resistências desde zero até um máximo de 200  $k\Omega$  . Com essa faixa de valores você poderá ver como a resistência de um LDR muda com a iluminação.

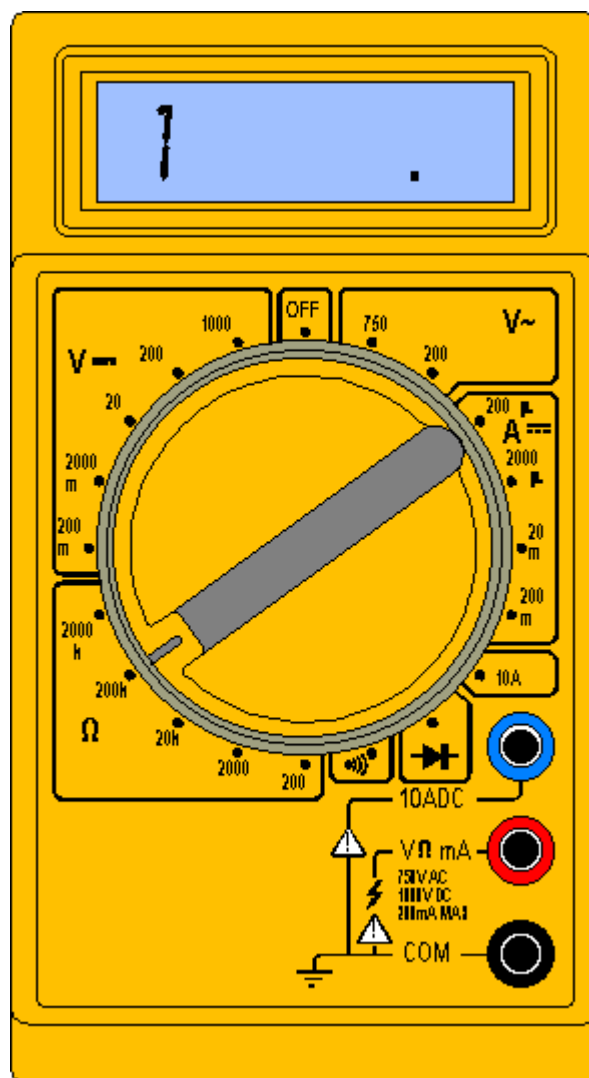
Outras faixas de resistências poderão ser usadas, todas, porém, trabalharão de modo semelhante. Se você selecionar a escala 20  $k\Omega$  , a maior resistência que poderá ser medida será de 20  $k\Omega$  . Todavia, como muda a posição do ponto que indica a fração decimal no mostrador, as medidas nessa faixa nos fornecerá mais precisão que na faixa de 200  $k\Omega$  .

Se nada tiver ligado ao medidor, sua tela (mostrador de cristal líquido)

mostrará algo assim:



Isso significa que a resistência elétrica colocada entre as pontas de prova do medidor é muito grande para ser indicada nessa faixa selecionada.



Usando um multímetro como um ôhmímetro

⇒ **Lembre-se disso:** quando o medidor não está conectado a nada, a resistência elétrica entre as pontas de prova é extremamente grande ("infinita") e isso é indicado com esse " 1 . " , como leitura, em todas as faixas de resistência que você selecionar.

Insira a ponta de prova **preta** no terminal marcado com **COM** (comum, negativo, terra etc) e a ponta de prova **vermelha** no terminal marcado com **V  $\Omega$  mA**.

O que se observa na tela quando você encosta uma ponta de prova com a outra?

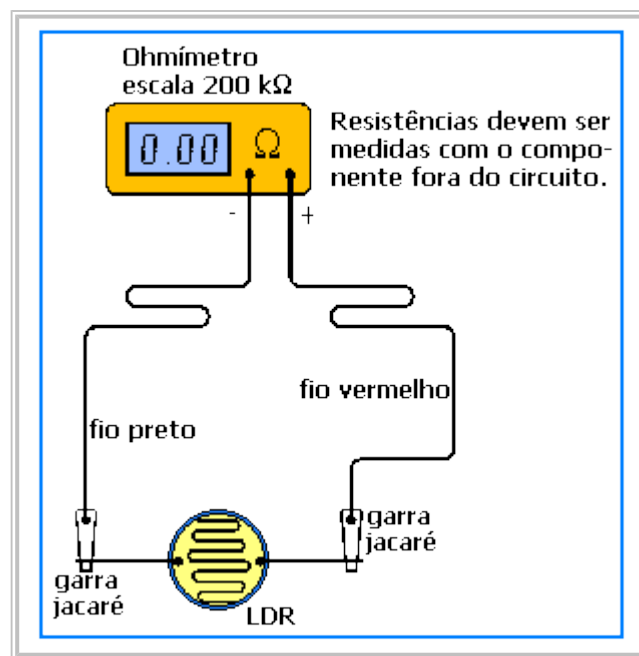
A leitura na tela do medidor deve mudar para:

00.0

Se o medidor indicar "restos" como ' 1 . ', a provável explicação é que o fusível interno desse aparelho deve ter "pifado". O fusível interno protege o medidor de descuidos ou manuseio incorretos nas ligações. Isso pode ocorrer com frequência se não for tomado o devido cuidado ao utilizá-lo como amperímetro ou como ohmímetro. Se tal erro aparecer, substitua o fusível interno (normalmente de 200 **mA**, tipo fusão-rápida) ou use outro aparelho.

Se você umedecer seus dedos e segurar as pontas de provas firmemente, em cada mão, poderá medir a resistência de sua pele. Para tanto, deverá passar o seletor de escalas para 2000 **k $\Omega$**  (ou seja, 2 **M $\Omega$**  ), para uma leitura cômoda.

Agora, meça a resistência elétrica de seu LDR, como indicamos abaixo:



Anote abaixo o valor da resistência que você obteve com o LDR exposto às luzes do laboratório:

• \_\_\_\_\_

Não é necessário que o foco de luz incida diretamente na face sensível do LDR.

Se a leitura se altera quando se faz sombra sobre o medidor, que valor de resistência você acha que o LDR está apresentando?

Anote uma estimativa média razoável:

● \_\_\_\_\_

Agora cubra totalmente o LDR com sua mão, de forma que ele fique no escuro. A resistência do LDR aumentará.

Anote o valor dessa nova resistência elétrica:

● \_\_\_\_\_

Se a leitura começar a "flutuar", procure tirar uma média dos valores indicados.

Anote esse valor médio:

● \_\_\_\_\_

Tente cobrir a face sensível do LDR de um modo prático que torne fácil repetir as situações. Com essa montagem você poderá comparar os valores ôhmicos do LDR na "luz" e na "escuridão" no circuito básico do sensor no divisor de tensão. Com isso você poderá verificar "no ato", qual os melhores valores do resistor fixo que deve ser usado nesse circuito sensor de luz.

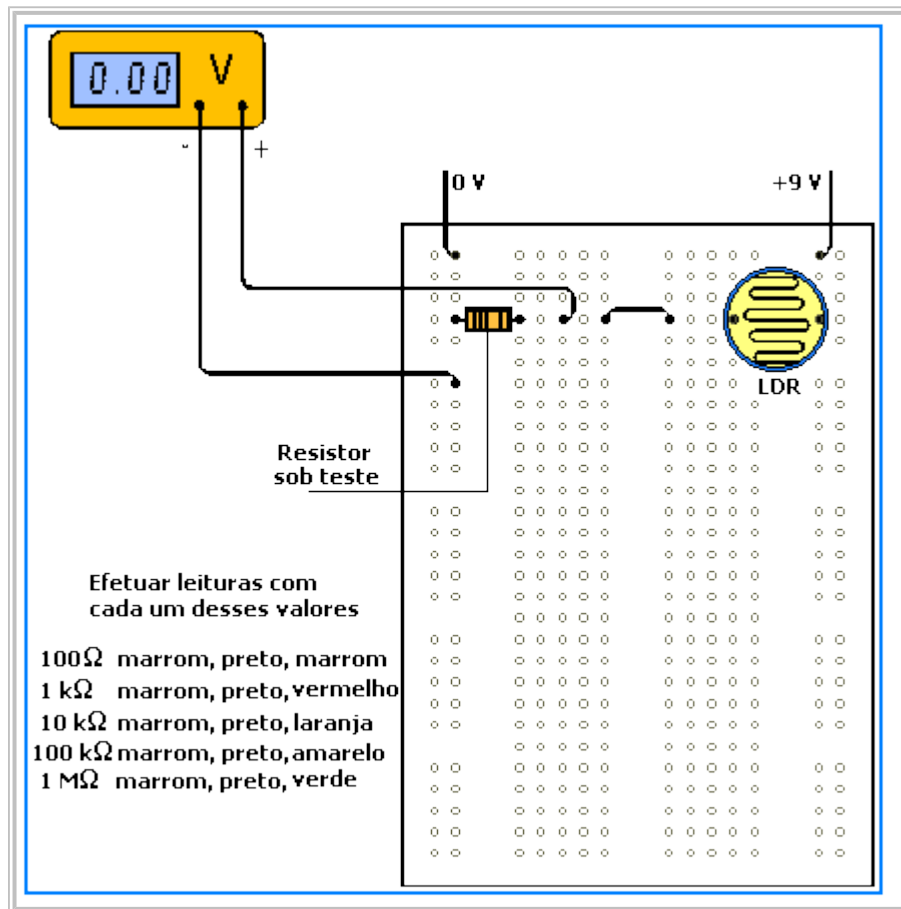
Se o LDR é colocado na completa escuridão, sua resistência elétrica aumentará assumindo o valor de **1 MΩ** ou mais. Isso não é necessário para o que passaremos a fazer; teremos bons resultados práticos apenas sombreando o LDR.

[Voltar aos Tópicos](#)



## Circuito sensor de luz

Faça a montagem abaixo indicada para construir um circuito de teste para seu sensor de luz:



Para começar, use um resistor de 100 kΩ como resistor de teste. Faça medidas da  $U_{saída}$  primeiro com o LDR na luz e depois com o LDR na sombra. Anote seus resultados na tabela abaixo:

Resistor fixo	$U_{saída}$ sob luz	$U_{saída}$ na sombra	Diferença/Tensões
100 Ω	.	.	.
1 kΩ	.	.	.
10 kΩ	.	.	.
100 kΩ	.	.	.
1 MΩ	.	.	.

Na coluna final da tabela anote a diferença entre a tensão de saída com LDR no escuro e a tensão de saída com o LDR sob a luz ( $U_{escuro} - U_{claro}$ ). Esse dado vai lhe indicar como a tensão muda ao passar de uma situação (escuro) para outra (claro). Esse será o *resultado chave* para você decidir qual o melhor valor para o resistor fixo a ser usado no divisor de tensão do circuito sensor de luz.

Repita o procedimento para cada valor do resistor fixo usado como resistor teste. Você perceberá que alguns resistores, no teste, fornecerão leituras da  $U_{saída}$  muito diferentes, na luz e na sombra.

Com esse circuito,  $U_{saída}$  é ALTA ou BAIXA, na luz?

• \_\_\_\_\_

Que resistor de teste fornece a maior alteração da  $U_{saída}$  entre as situações claro e escuro?

• \_\_\_\_\_

Que resistor você usaria para fazer o seu sensor de luz ficar o mais sensível possível às alterações da iluminação?

• \_\_\_\_\_

Observe na última coluna de sua tabela qual o maior e o menor valor encontrado. É de se esperar que o resistor de teste que dê o melhor resultado no seu circuito de sensor de luz tenha um valor aproximado que seja média desses extremos.

De fato, o divisor de tensão é mais sensível quando a *resistência do resistor fixo é igual à resistência do LDR*.

FATO MARCANTE:

**O divisor de tensão torna-se mais sensível quando  $R_{cima}$  e  $R_{baixo}$  têm valores iguais.**

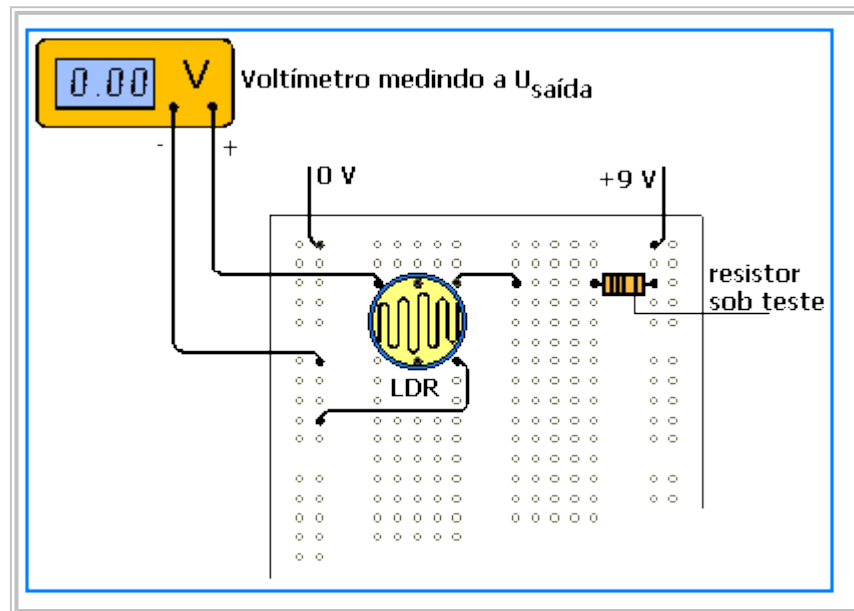
[Voltar aos Tópicos](#)



### Um sensor algo diferente

Monte novamente o protótipo de seu circuito sensor mas, desta vez, coloque o LDR no lugar do  $R_{baixo}$  no divisor de tensão.





Repita todo o procedimento para esse novo divisor de tensão e anote na tabela os valores de  $U_{saída}$  sob luz e à sombra.

Resistor fixo	$U_{saída}$ sob luz	$U_{saída}$ na sombra	Diferença/Tensões
100 $\Omega$	.	.	.
1 k $\Omega$	.	.	.
10 k $\Omega$	.	.	.
100 k $\Omega$	.	.	.
1 M $\Omega$	.	.	.

Com esse circuito, a  $U_{saída}$  é ALTA ou BAIXA, sob luz?

• \_\_\_\_\_

Que resistor de teste fornece a maior diferença de tensão entre luz e sombra?

• \_\_\_\_\_

Que resistor de teste você usaria para construir o mais sensível sensor de luz, com esse circuito?

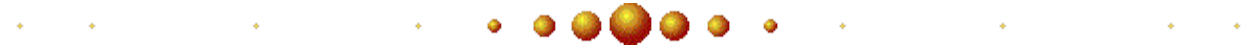
• \_\_\_\_\_

Devemos aceitar que seria mais lógico chamar esse circuito de "sensor de escuro", uma vez que ele fornece uma leitura ALTA para a  $U_{saída}$  quando o LDR está na escuridão.

FATO MARCANTE:

**A ação do divisor de tensão fica invertida quando o LDR é colocado no lugar do  $R_{baixo}$  em vez do  $R_{cima}$ .**

[Voltar aos Tópicos](#)



## Conclusões

⇒ O valor do resistor fixo usado no circuito divisor de tensão afeta a sensibilidade do circuito.

⇒ O melhor valor para esse resistor fixo, aquele que fornece a maior alteração na  $U_{saída}$ , é tal que:

$$R_{baixo} = R_{cima}.$$

Você pode decidir como o seu circuito sensor irá trabalhar, basta optar pela colocação do LDR no lugar do  $R_{baixo}$  ou do  $R_{cima}$ .