



UNIDADE II

Ciência da Computação
Integrada

Prof. Me. Álvaro Prado

Agenda

Bloco I:

- Componentes ativos: o diodo de Fleming;
- As válvulas termiônicas.

Bloco II:

- Dispositivos de estado sólido: os diodos;
- Tipos de diodos.

Agenda

Bloco III:

- Polarização do diodo de estado sólido;
- Principais circuitos com diodos.

Bloco IV:

- Tipos especiais de diodos;
- Os diodos tipo LED.

Componentes ativos

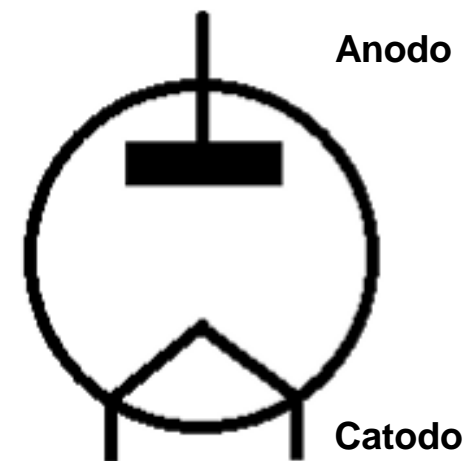
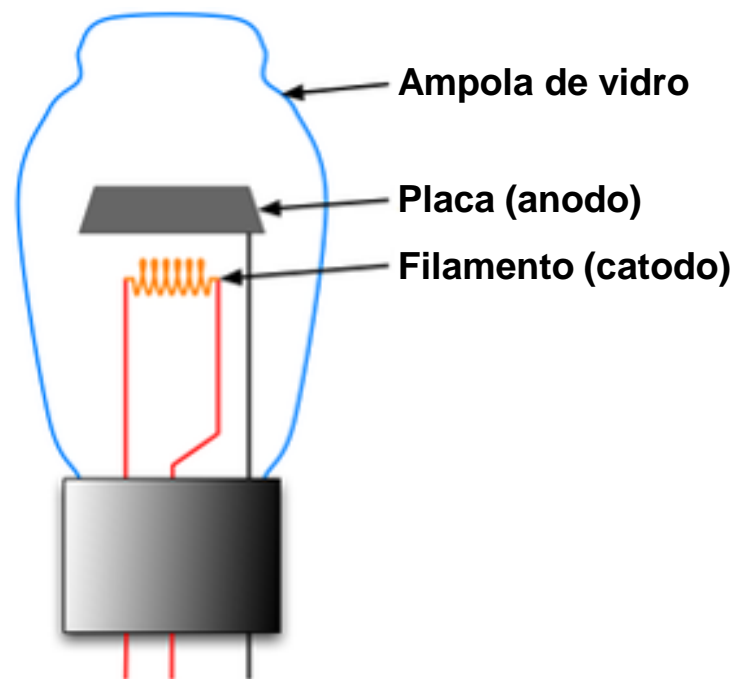
- Até o presente momento, estudamos apenas componentes passivos, isto é, que não são capazes de modificar de forma efetiva os sinais que os percorrem, além de serem incapazes de produzir sinais “do zero”.
- Já os componentes ativos, que veremos agora, apresentam propriedades que os permitem criar, amplificar e modificar quaisquer sinais. Entre eles estão as válvulas termiônicas, os diodos de estado sólido, os transístores e também os circuitos integrados.

Diodo de Fleming

- Em 1880, durante experimentos que buscavam aumentar a durabilidade da lâmpada elétrica, Thomas Edison instalou uma placa metálica dentro do vidro de uma lâmpada, próxima ao filamento.
- Quando o filamento estava aceso e a placa energizada com um potencial elétrico positivo, uma forte corrente elétrica desenvolvia-se entre ela e o filamento – como se os elétrons estivessem simplesmente "saltando" no vácuo.
 - Contudo, quando a placa era alimentada com um potencial elétrico negativo, ou o filamento estava apagado, nada ocorria.

Diodo de Fleming

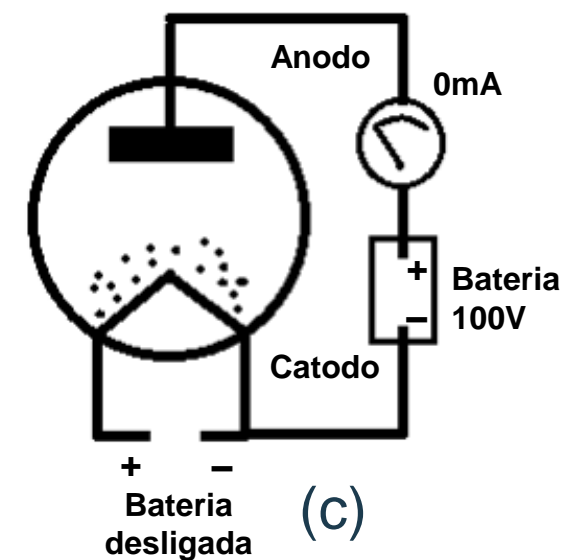
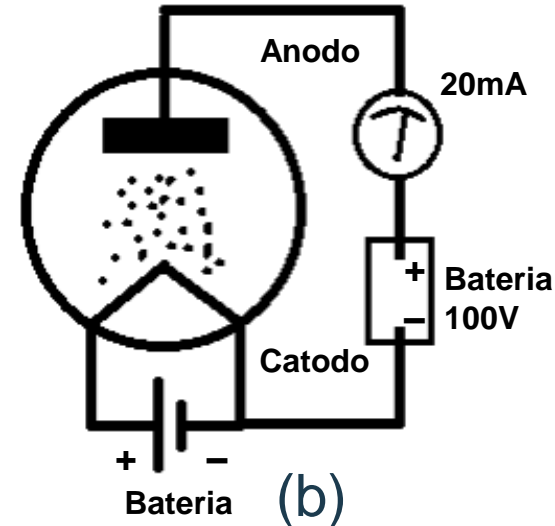
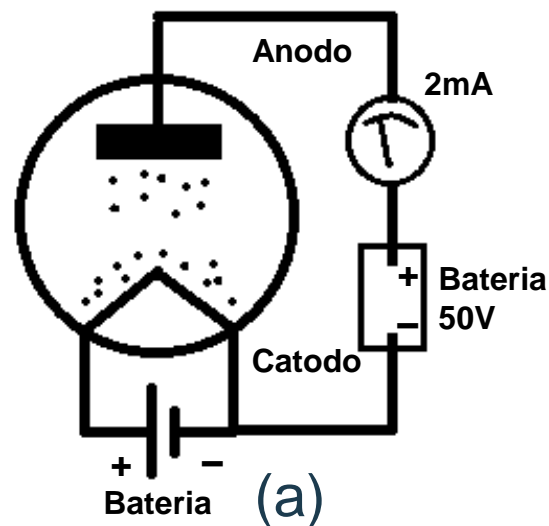
- Esse fenômeno foi explicado por Owen W. Richardson em 1902, que relacionou a condução dos elétrons no vácuo com a temperatura do filamento, cunhando aí o termo “efeito termiônico”.
- A primeira válvula termiônica do tipo diodo foi patenteada em 1904, por John Ambrose Fleming e permitiu diversas aplicações práticas, especialmente como retificadora e também em detecção de sinais de rádio.
- Uma válvula diodo possui dois elementos em seu interior: um anodo (positivo) e um catodo (negativo).



Símbolo da válvula diodo

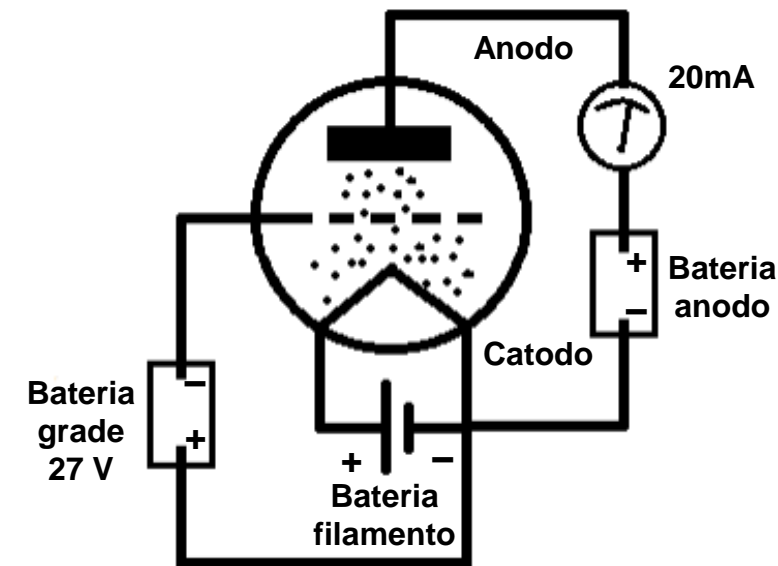
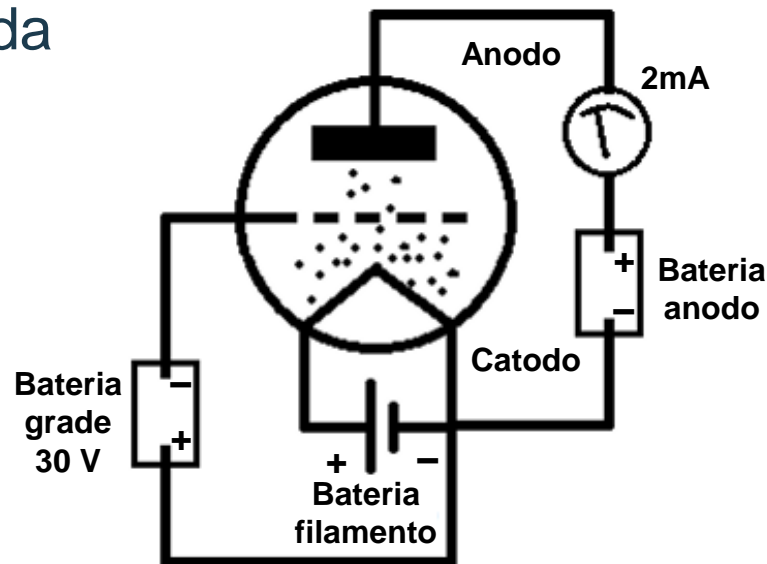
Funcionamento da válvula diodo

- Na válvula diodo, se ligarmos o polo positivo de uma bateria ao anodo da válvula, e seu polo negativo ao potencial da bateria de filamento, uma corrente elétrica (mensurável com um miliamperímetro) se estabelecerá entre o anodo e o filamento (figura a).
- Quanto maior for a tensão da bateria que alimentar o anodo, também maior será a corrente circulante entre ele e o catodo (figura b).
- Se o filamento for desligado, mesmo que a bateria do anodo continue ligada, não circulará corrente nenhuma (figura c).



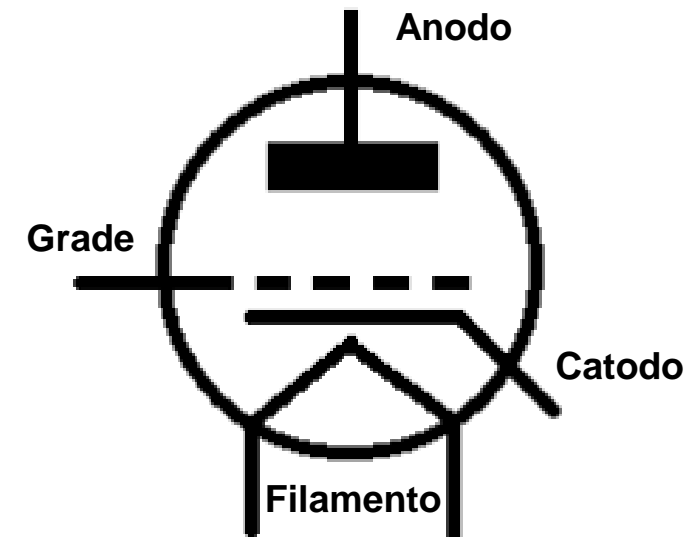
Válvula triodo

- Em 1906, o físico americano Lee De Forest adicionou à válvula de Fleming um terceiro elemento, a grade. Essa implementação foi chamada de triodo, por possuir três elementos.
- Posicionada entre o filamento e o anodo, a grade, quando energizada com um potencial elétrico negativo, consegue "desviar" os elétrons de seu caminho para o anodo, possibilitando assim a regulação do fluxo de elétrons que circula pela válvula.
- Quanto maior for a tensão negativa aplicada à grade, menor será o fluxo de elétrons entre anodo e catodo, e vice-versa.
- A grade também pode ser chamada de "grade de controle".



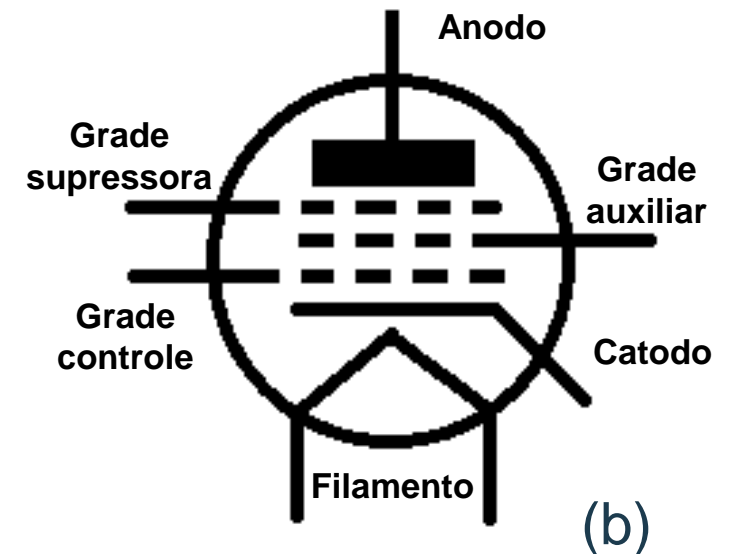
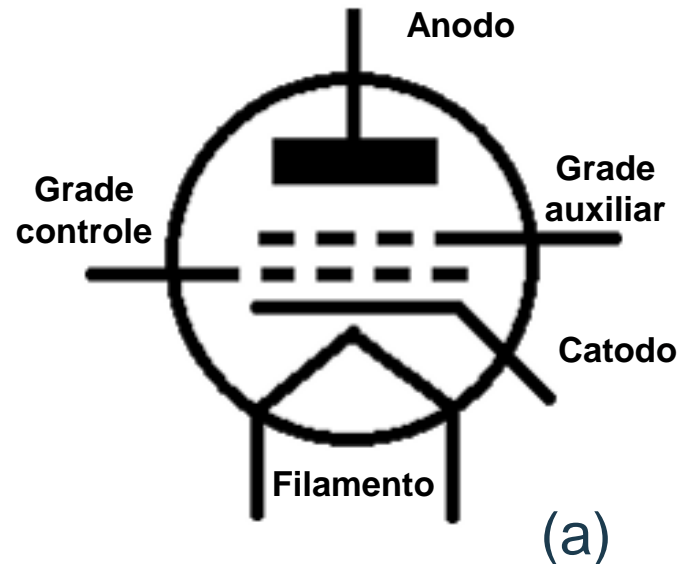
Válvula de aquecimento indireto

- Uma das formas de eliminar as baterias de alimentação dos aparelhos a válvulas é fazer uso da eletricidade obtida a partir da rede elétrica.
- Contudo, a ondulação de 50 ou 60Hz da rede elétrica aplicada aos filamentos produz ruídos que prejudicam o funcionamento dos circuitos.
- A solução encontrada foi separar as funções do catodo e do filamento em dois elementos diferentes, deixando o potencial do negativo do circuito (ou terra) totalmente isolado do filamento. Nesses tipos de válvulas, o filamento é chamado simplesmente de “aquecedor” ou “calefator”, já que apenas serve para aquecer o catodo.



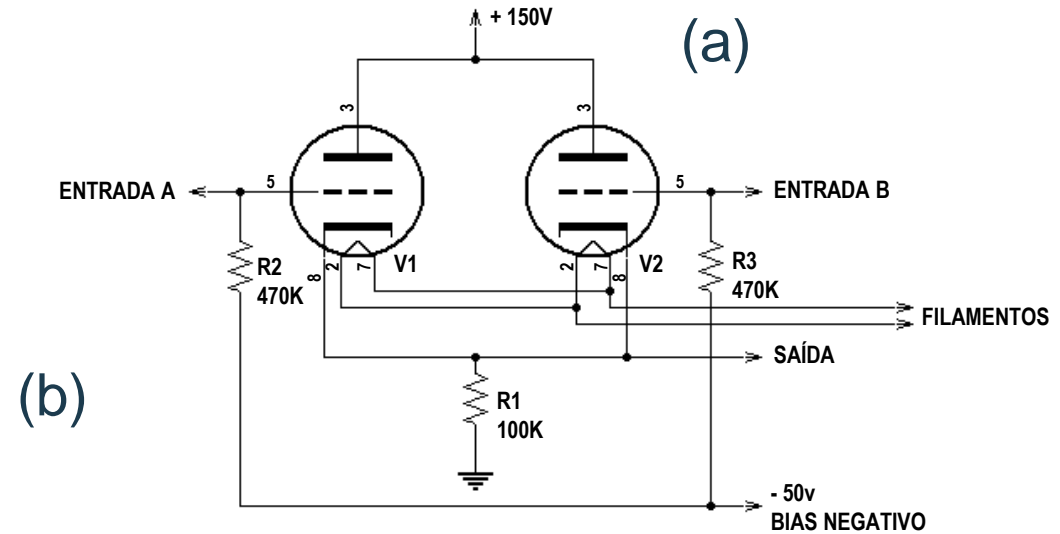
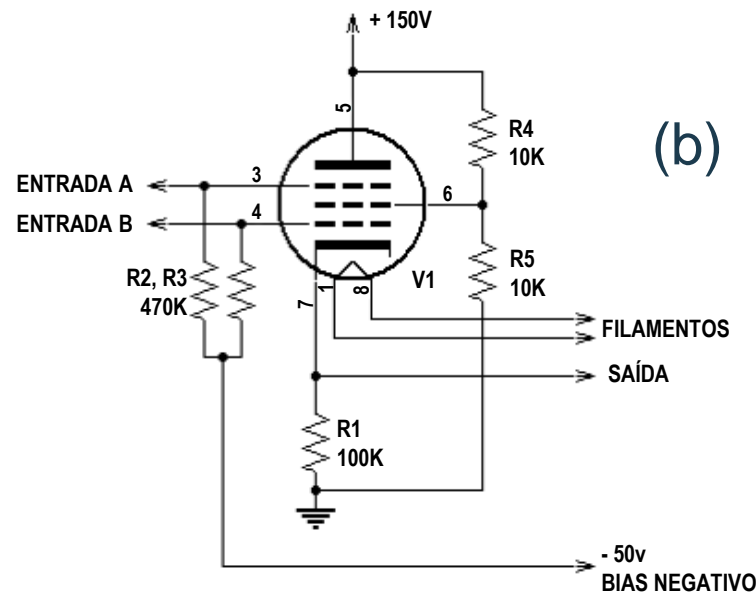
Válvulas tetrodo, pentodo e com mais elementos

- De forma a aumentar a *performance* em aplicações específicas, válvulas com quatro e cinco elementos foram criadas a seguir, a saber os tetrodos e os pentodos.
- No tetrodo (figura a), existem duas grades: a grade de controle (que trabalha negativa) e a grade auxiliar, que trabalha positiva.
- No pentodo (figura b), existem três grades: a grade de controle (que trabalha negativa), a grade auxiliar (que trabalha positiva) e a grade supressora, que trabalha no mesmo potencial do catodo.



Portas lógicas com válvulas

- Executar funções lógicas usando válvulas termiônicas foi uma prática bastante conhecida e documentada na literatura especializada, muito utilizada dos anos 1940 até a introdução dos primeiros transistores.
- No exemplo, podemos ver uma porta OR (figura a) e uma porta AND (figura b) implementadas com válvulas termiônicas.



Portas lógicas com válvulas

Muito embora a implementação de portas lógicas com válvulas seja possível e produza resultados práticos, com boas velocidades de chaveamento entre os estados lógicos, elas ainda apresentam algumas desvantagens, entre elas:

- Alto consumo de energia para os filamentos das válvulas;
- Presença de tensões altas nos anodos;
- Risco de choque elétrico;
- Necessidade de manutenção constante.

Interatividade

Com base no que foi estudado a respeito das válvulas termiônicas, quantas grades possui uma válvula tetrodo?

- a) Uma.
- b) Duas.
- c) Três.
- d) Quatro.
- e) Cinco.

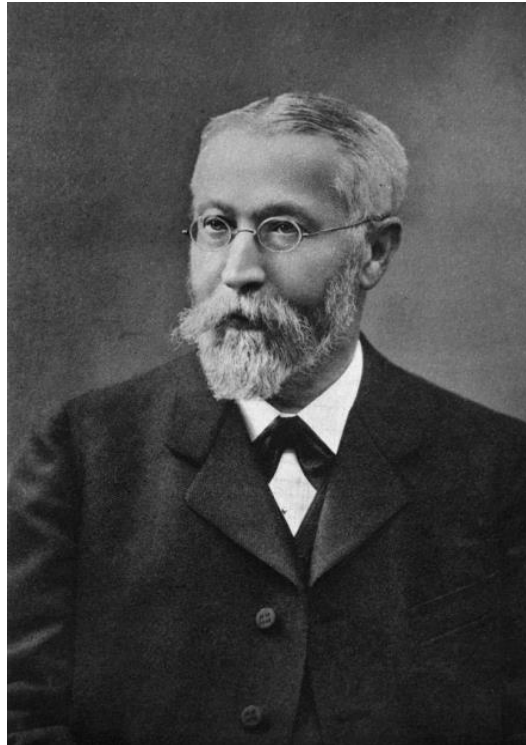
Resposta

Com base no que foi estudado a respeito das válvulas termiônicas, quantas grades possui uma válvula tetrodo?

- a) Uma.
- b) Duas.**
- c) Três.
- d) Quatro.
- e) Cinco.

Dispositivos de estado sólido – os diodos

- Uma válvula diodo permite apenas a condução de corrente elétrica em um sentido. Os diodos de estado sólido permitem executar as mesmas funções, mas com muito mais praticidade, economia de espaço e custo.
- Esses componentes, como o próprio nome diz, são feitos com cristais de germânio, silício e outros mais, sendo muito menores e simples.
- Eles se baseiam na propriedade de condução assimétrica, descoberta por Ferdinand Braun, em 1874.



Fonte: <http://tinyurl.com/bdd76zmv>

Os minerais como diodos

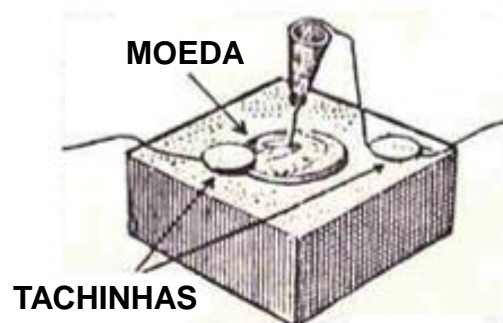
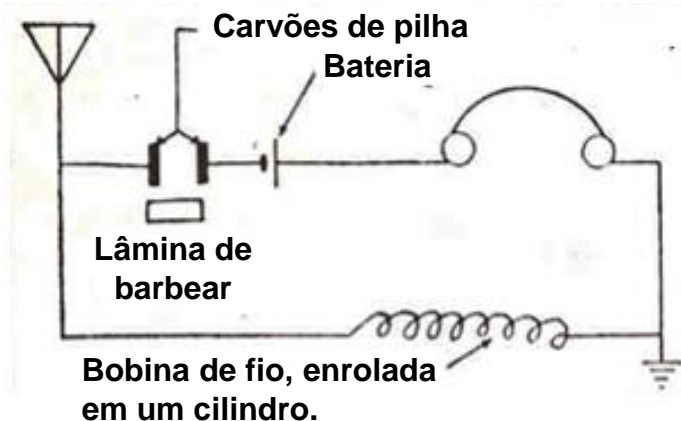
- Os primeiros diodos de estado sólido eram dispositivos rudimentares, que aproveitavam as propriedades semicondutoras de diversos óxidos minerais, como a Galena (sulfeto de chumbo) e a pirita de ferro.
- A pedra do mineral bruto era montada em um soquete metálico e um fio fino com efeito de mola tocava sua superfície, permitindo “pesquisar” o ponto certo de condução. Esse tipo de arranjo era denominado “bigode de gato”.
- A principal desvantagem desse tipo de arranjo é a dificuldade de operação, uma vez que qualquer movimento brusco pode deslocar o fio do ponto de contato na pedra, que, normalmente, é crítico, exigindo um novo e cuidadoso ajuste.



Fonte:
<https://www.lafavre.us/robotics/crystal-radio-project.pdf>

Outros materiais

- É possível utilizar materiais improvisados na construção de diodos, como lâminas de barbear, pedaços de lápis, carvões de pilhas gastas, moedas, alfinetes etc.
- Tais soluções foram muito utilizadas por soldados durante a 2ª Guerra, na construção de receptores extremamente simples, os chamados “rádios de trincheira” (foxhole radio).
- Esses receptores são pouco sensíveis e apenas recebem estações fortes, mas não precisam de baterias para funcionar, já que são alimentados pela própria onda de rádio.



Fonte: adaptado de:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/ff/Foxhole_radio_circuits.png

Diodos modernos

- Nos diodos que encontramos hoje em dia, os materiais empregados, geralmente, são o silício ou o germânio.
- Esses componentes permitem resultados muito mais confiáveis e também consistentes, sendo empregados em uma infinidade de aparelhos.
- O símbolo esquemático e também a aparência física desses componentes podem ser vistos na figura.



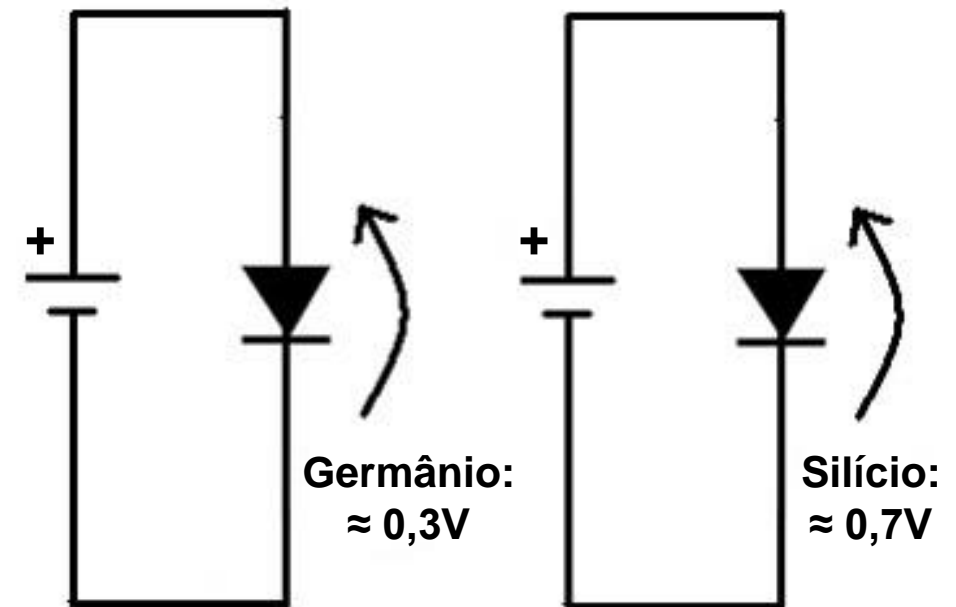
Diodos de germânio

- O germânio é um elemento químico da tabela periódica, da família dos semimetais. Ele ocorre na natureza em forma de mineral sólido e cristalino, com brilho metálico.
- Sua principal vantagem é ter uma resistência elétrica bastante baixa, permitindo que os diodos tenham uma queda de tensão bem pequena quando polarizados diretamente (em torno de 0,3 V), o que os torna especialmente interessantes em circuitos em que não se pode haver muitas perdas.
- Esses diodos, normalmente, são construídos de forma muito similar aos antigos detectores de galena: um pedacinho de germânio é encapsulado dentro de um envelope de vidro, com um finíssimo fio fazendo contato com ele (o que os faz ser chamados de "diodos de ponto de contato").



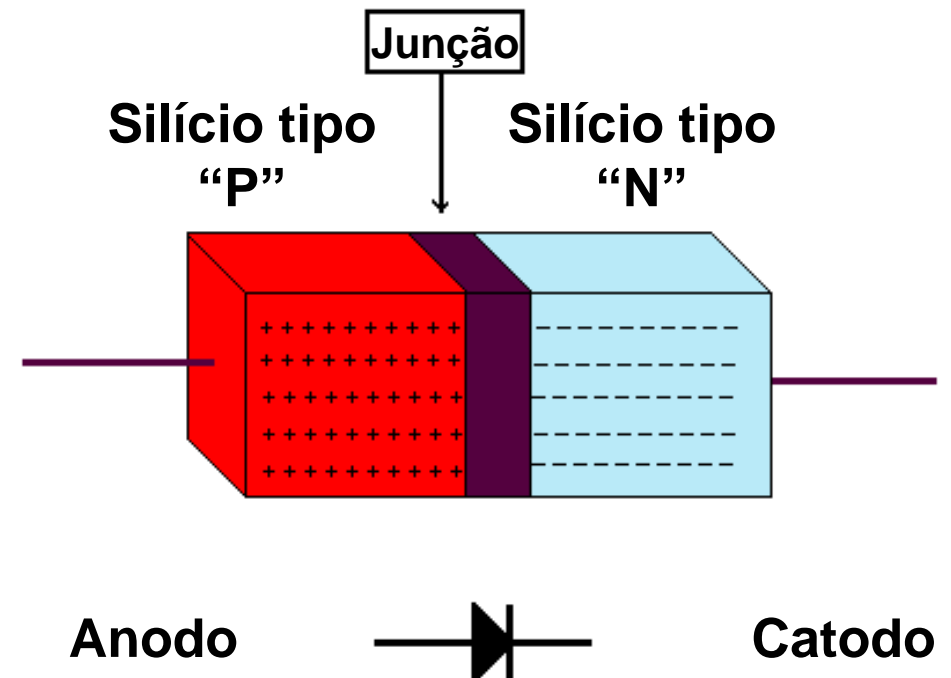
Diodos de silício

- Os diodos de silício têm uma resistência interna um pouco maior, fazendo com que sua queda de tensão seja também um pouco maior (na faixa de 0,7 V, contra os 0,3 V do germânio). São muito utilizados em fontes de alimentação, chaves eletrônicas e circuitos de proteção e chaveamento.
- Podem trabalhar com tensões e correntes maiores que os de germânio, além de serem muito mais fáceis de fabricar e também mais baratos.



Diodos de silício

- São construídos com duas peças de mineral purificado, cada um deles dopado com alguma impureza que lhe confira uma carga **positiva** (silício tipo P) ou **negativa** (silício tipo N).
- Ao serem fundidas lado a lado, as duas partes formam uma junção semicondutora, que já apresenta todas as características desejáveis de um diodo. Esse processo dá aos diodos de silício a denominação de **diodos de junção**.



Interatividade

Os diodos de silício são fabricados com duas peças do mineral purificado, cada uma delas dopada com um material específico que lhe conferirá uma carga elétrica positiva ou negativa. Ao serem unidas essas duas partes, teremos:

- a) Um bigode de gato.
- b) Uma bigodeira.
- c) Uma junção aperiódica.
- d) Uma junção condutora.
- e) Uma junção semicondutora.

Resposta

Os diodos de silício são fabricados com duas peças do mineral purificado, cada uma delas dopada com um material específico que lhe conferirá uma carga elétrica positiva ou negativa. Ao serem unidas essas duas partes, teremos:

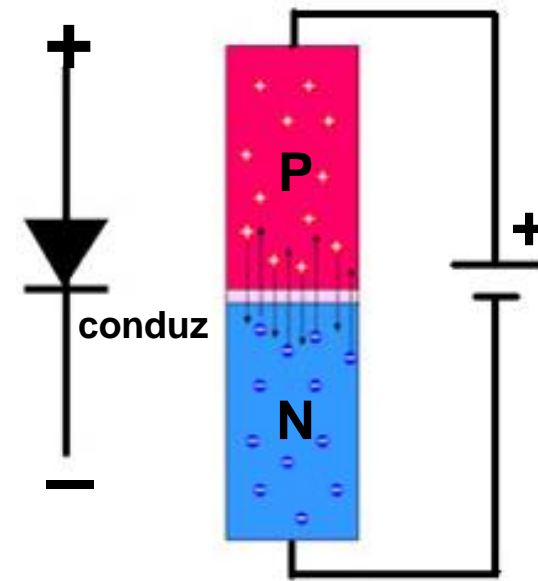
- a) Um bigode de gato.
- b) Uma bigodeira.
- c) Uma junção aperiódica.
- d) Uma junção condutora.
- e) Uma junção semicondutora.

Polarização do diodo

- Em um diodo, sua capacidade de operar em regimes de polarização direta e reversa é de particular importância para o funcionamento adequado de diversos dispositivos eletrônicos.
- A própria configuração da junção P-N estabelece uma barreira de potencial que influencia o comportamento do diodo em diferentes condições.

Polarização direta

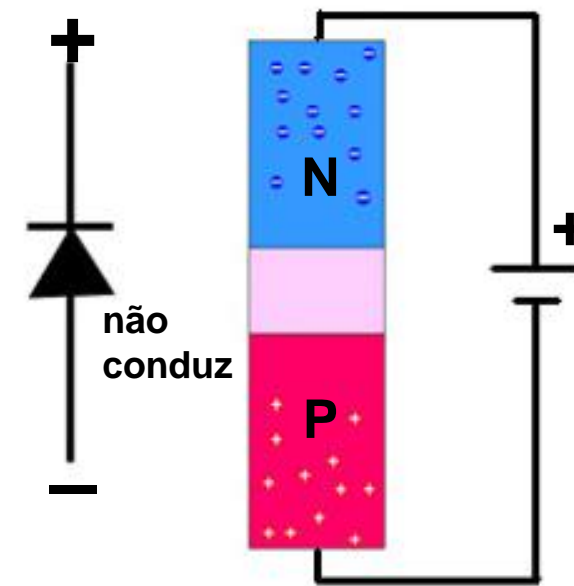
- Quando uma tensão positiva é aplicada ao terminal da junção P do diodo (anodo), e o terminal N (catodo) é conectado à terra ou a uma tensão negativa, isso reduz a barreira de potencial na junção, permitindo a passagem de corrente elétrica.
- Nesse regime, os portadores de carga – que nada mais são que os elétrons que fluem entre os materiais tipo P e N – são impulsionados em direção à junção, resultando em uma condução no diodo, produzindo uma queda de tensão.



**Polarização
direta**

Polarização reversa

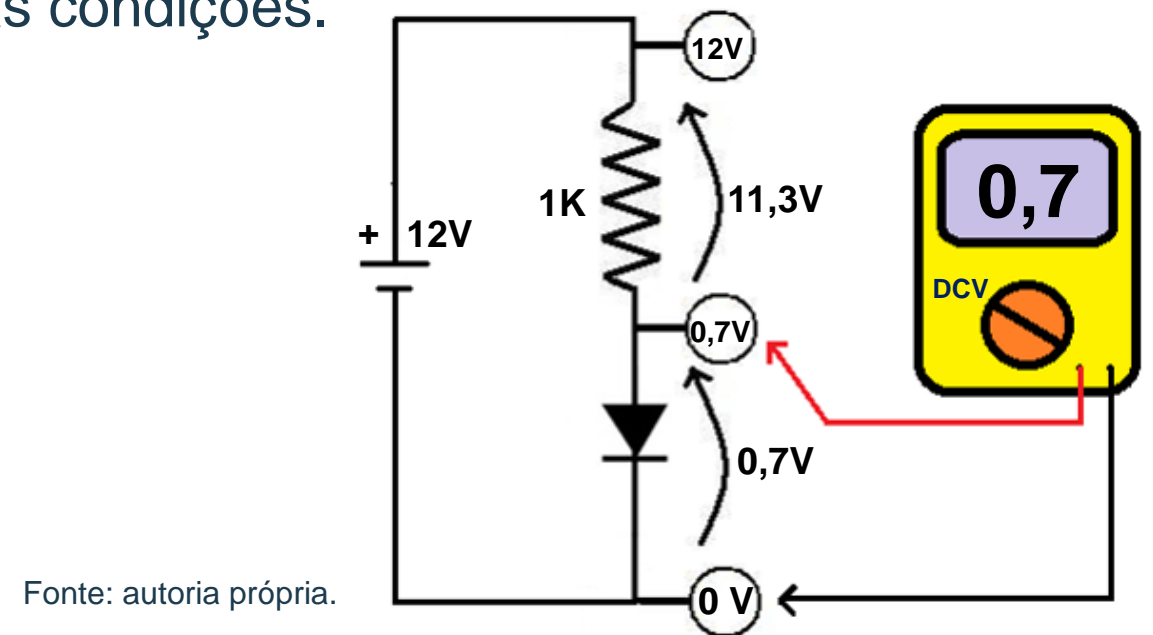
- Na polarização reversa, uma tensão negativa é aplicada ao terminal da junção tipo P, enquanto o terminal da junção tipo N é mantido a uma tensão positiva. Isso aumenta a barreira de potencial na junção, cessando a passagem da corrente elétrica.
- Nesse regime, basicamente, não há condução alguma no diodo, de forma que ele se comporta como uma chave aberta. Por esse motivo, podemos dizer que o diodo apenas conduzirá quando estiver diretamente polarizado.



**Polarização
reversa**

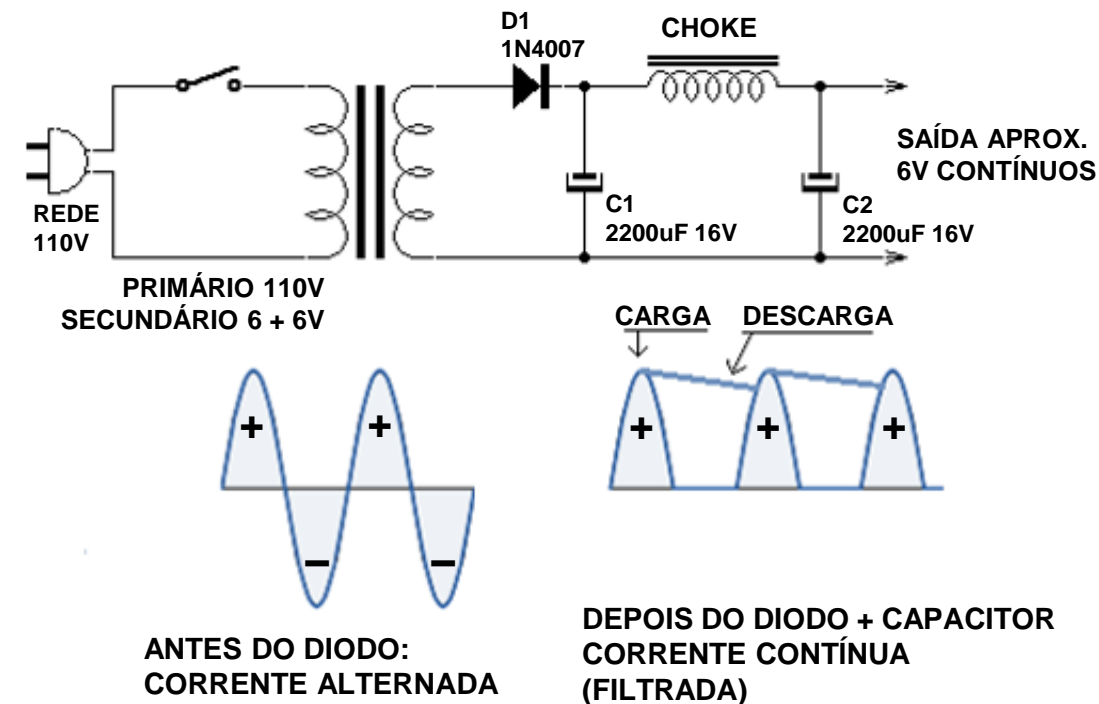
Queda de tensão no diodo

- É sempre possível medir a queda de tensão em um diodo para determinar se ele apresenta alguma avaria, ou de que material é feito (silício ou germânio). Quando polarizado diretamente, com um resistor ligado em série, ele sempre deverá apresentar alguma tensão.
- Na figura, é usado um resistor de 1 k Ω para limitar a corrente circulante pelo circuito, evitando danos tanto ao diodo quanto à bateria ou à fonte de alimentação.
- Para qualquer que seja a tensão da bateria, a queda de tensão sobre o diodo deverá ser sempre a mesma – nesse caso, de aproximadamente 0,7 V, indicando que se trata de um diodo de silício e que está com a junção em boas condições.



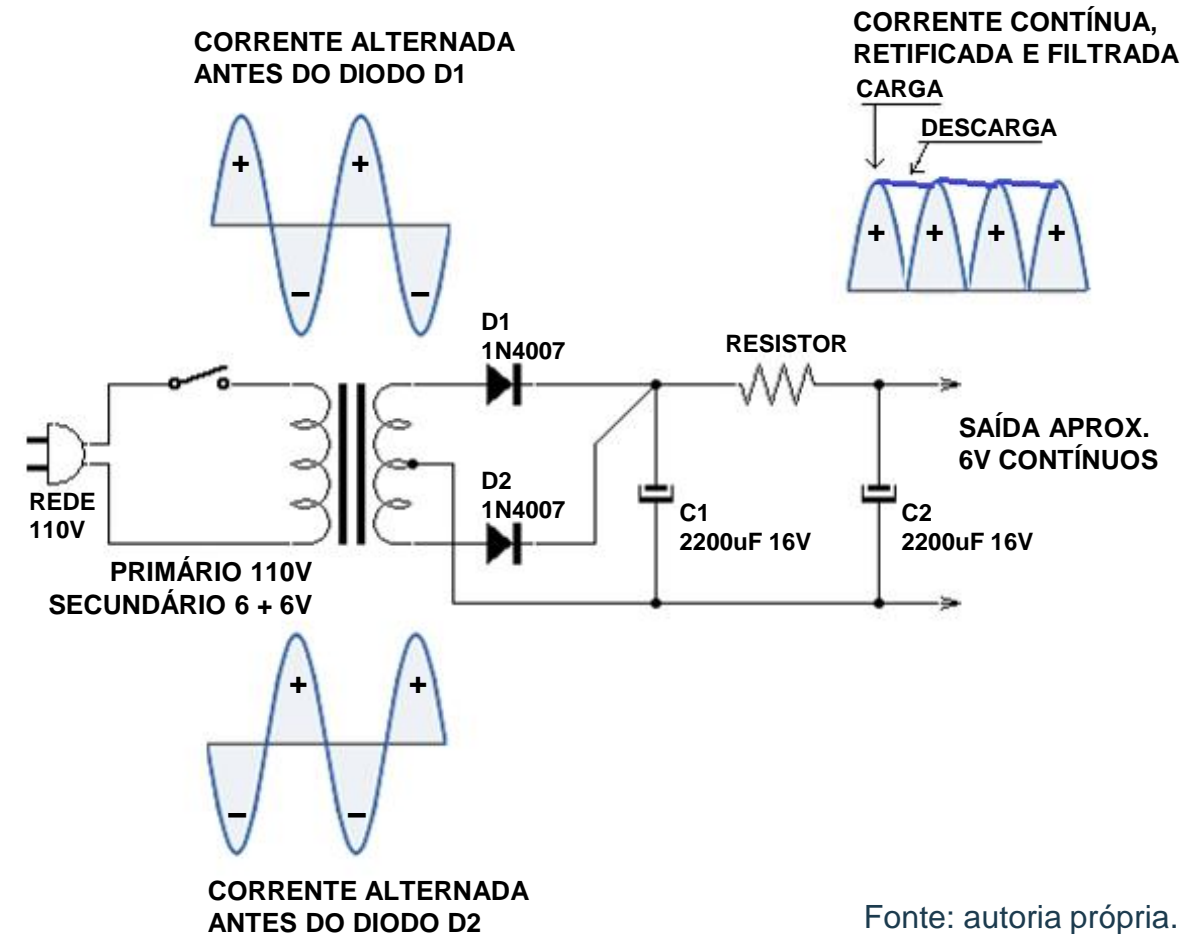
Circuitos com diodos: retificadores

- O circuito retificador é utilizado para transformar uma corrente alternada em contínua, como em fontes de alimentação tipo “eliminadores de pilhas”, usadas, por exemplo, para alimentar pequenos aparelhos portáteis pela rede elétrica.
- Muito embora o circuito retificador tenha papel de destaque nesse processo de conversão, ele não o faz sozinho, precisando também de um transformador para baixar a tensão da rede elétrica e de um capacitor de filtro, além do diodo.
- Um retificador com apenas um diodo é denominado “meia onda”.



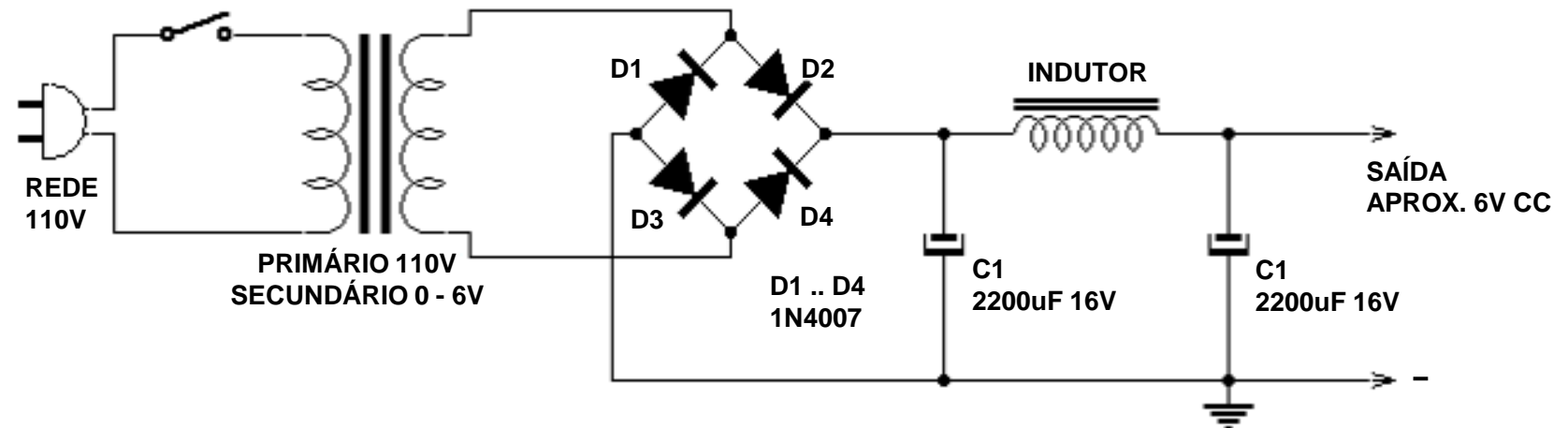
Circuitos com diodos: fonte de onda completa

- Para uma *performance* melhor, são empregadas fontes com dois diodos e retificação de onda completa, um método mais eficaz e que produz melhores resultados – especialmente no que concerne à eficiência e também à menor ondulação ripple residual, problema bastante comum com a retificação em meia onda.
- Nesse caso, o transformador precisa ser com uma tomada (ou “tap”) central.



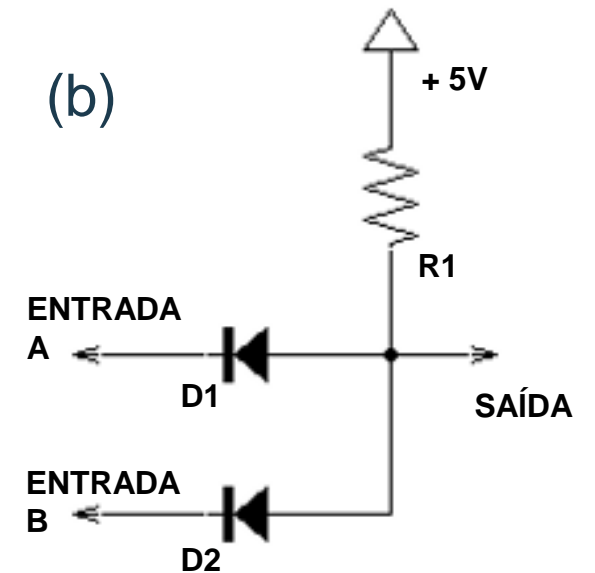
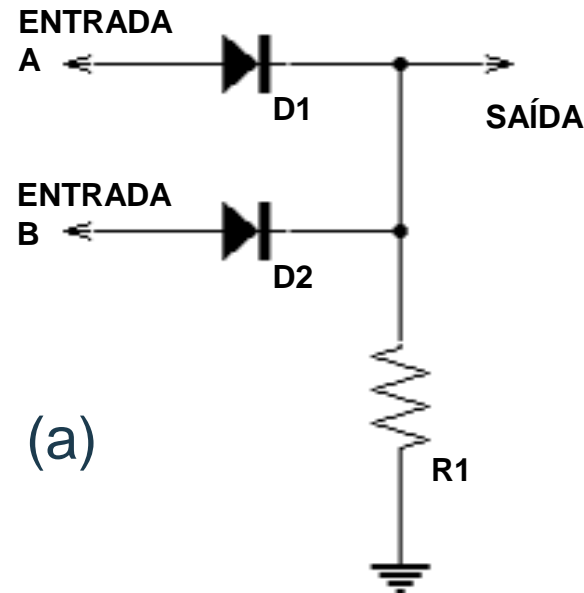
Ponte retificadora

- É possível obter uma retificação de onda completa com um transformador com secundário simples (sem “tap”), utilizando-se um arranjo com quatro diodos, denominado “ponte retificadora”.
- Esse tipo de circuito funciona simulando a ação de um “tap” fictício, sendo os quatro diodos idênticos, com seus anodos e catodos ligados em uma configuração especial.



Portas lógicas com diodos

- Com o advento dos diodos de estado sólido e posteriormente dos transistores, tornou-se possível construir portas lógicas de forma bem simples, sem partes sujeitas ao desgaste físico (como no caso dos relês) e elétrico (como no caso das válvulas, que “enfraquecem” com o uso), permitindo assim soluções muito mais compactas, baratas e mais confiáveis.
- Abaixo, podemos ver o exemplo de duas portas lógicas: OR (figura a) e AND (figura b), implementadas com o uso de diodos e resistores.



Interatividade

Marque a alternativa correspondente à principal vantagem oferecida pelos retificadores de onda completa.

- a) Maior amplificação.
- b) Menor ondulação (ripple).
- c) Menor aquecimento.
- d) Maior dissipação de calor.
- e) Necessidade de um transformador com “tap”.

Resposta

Marque a alternativa correspondente à principal vantagem oferecida pelos retificadores de onda completa.

- a) Maior amplificação.
- b) Menor ondulação (ripple).
- c) Menor aquecimento.
- d) Maior dissipação de calor.
- e) Necessidade de um transformador com “tap”.

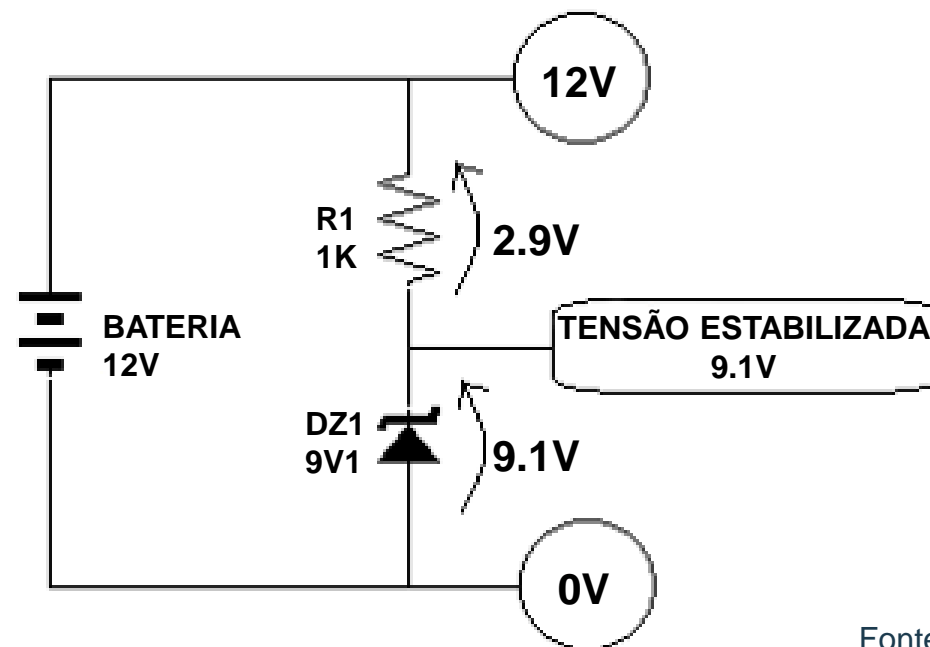
Diodos especiais

Até agora, vimos diodos de dois tipos principais:

- Os **diodos retificadores** de uso geral, como os utilizados nas fontes de alimentação com retificação por meia onda, onda completa ou em ponte;
- Os **diodos de sinal**, cujas capacidades de corrente e potência são menores, sendo mais adequados para a detecção de sinais de rádio e a implementação de portas lógicas.
- Vamos, a seguir, apresentar alguns outros tipos de diodos especiais, destinados a aplicações específicas, a saber os diodos Zener, Schottky e Varicap.

Diodos Zener

- Os diodos Zener se destinam à regulação e estabilização de tensões elétricas.
- Um diodo comum, quando polarizado diretamente, apresentará sempre a mesma queda de tensão: cerca de 0,3 V se for de germânio e 0,7 V se for de silício, e quando polarizados reversamente não irão conduzir.
- Contudo, os diodos tipo Zener dispõem de uma interessante propriedade que permite a eles conduzirem seguramente quando em polarização reversa, “travados” em uma queda de tensão previamente determinada pelo fabricante. Quando polarizado diretamente, o Zener irá se comportar como um diodo comum.



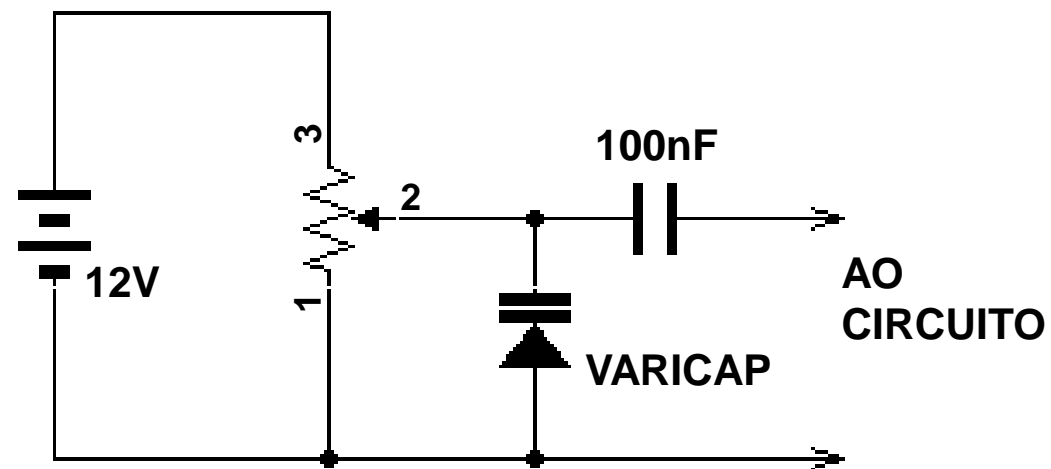
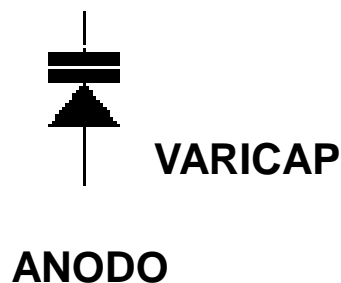
Diodo Schottky

- Os diodos de barreira Schottky são um tipo de diodo de silício destinado a aplicações específicas, quando baixas tensões de polarização são desejadas.
- Diferentemente dos diodos de junção convencionais, esses componentes têm uma estrutura interna que lembra um pouco os diodos de germânio, cuja junção não é composta por um “sanduíche” feito com dois pedaços de silício tipo P e tipo N, mas sim por uma junção entre o material semicondutor e algum metal.
- No caso dos diodos Schottky, usa-se, em conjunção com o silício, metais como o molibdênio, a platina, o cromo ou o tungstênio, e a queda de tensão obtida quando em polarização direta pode ser tão baixa quanto 0,1 ou 0,2 V.

Diodo Varicap

- Via de regra, todo diodo (à exceção do Zener) não conduzirá quando polarizado reversamente, mas por ter uma junção formada por dois pedaços de material semicondutor que estão bem próximos, teremos algo equivalente a um capacitor de valor bem baixo.
- A capacitância oferecida por um diodo em polarização reversa pode ser aproveitada em determinados circuitos, como os de controles de sintonia em televisores e rádios.
- Essa propriedade é explorada em alguns circuitos, destinados a “simular” a função dos capacitores variáveis, em que, pela variação da tensão aplicada sobre um diodo especial polarizado reversamente – denominado **Varicap** – é possível variar sua capacitância.

CATODO

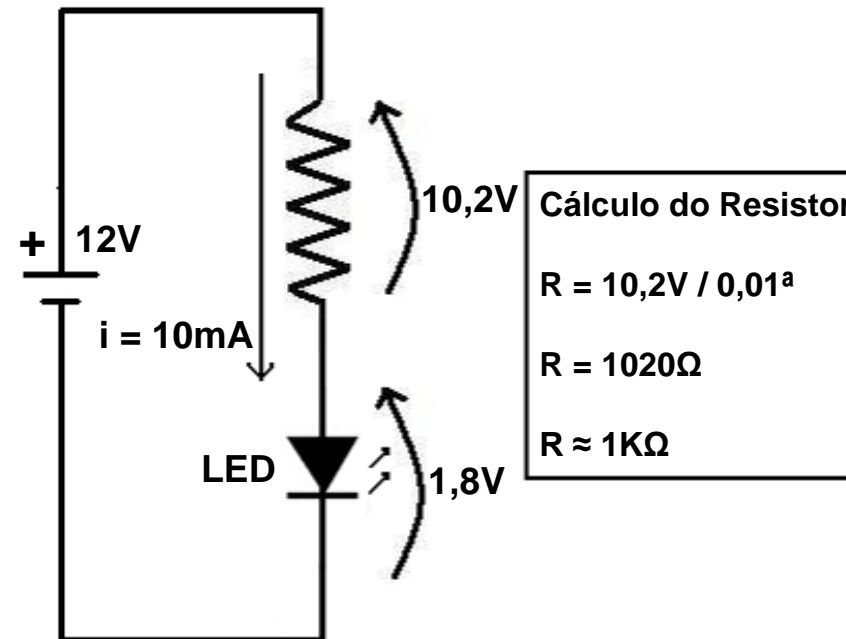


Diodos LED

- Largamente empregados nos dias de hoje, os LEDs (do inglês light emitting diode) são dispositivos capazes de produzir luz com base na condução eletrônica em razão de uma junção semicondutora.
- Por muitos anos, existiram apenas LEDs vermelhos, de eficiência luminosa baixa. Depois surgiram os LEDs amarelos e verdes, com encapsulamento difuso, sendo que, no fim da década de 1990, começaram a se popularizar os LEDs de alto rendimento, surgindo os primeiros LEDs azuis e brancos no início dos anos 2000. Atualmente, são muitos os tipos de LEDs, com luz em diversas temperaturas de cor, baratos, de baixo consumo e excelente rendimento, que substituem com vantagens inclusive diversos tipos de lâmpadas.

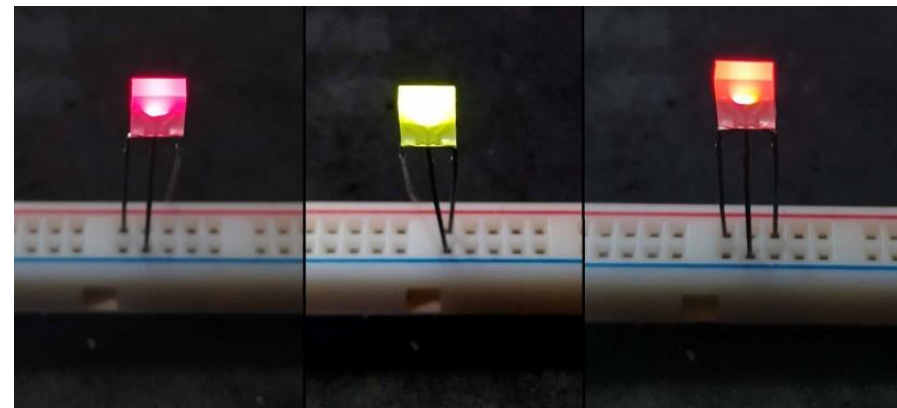
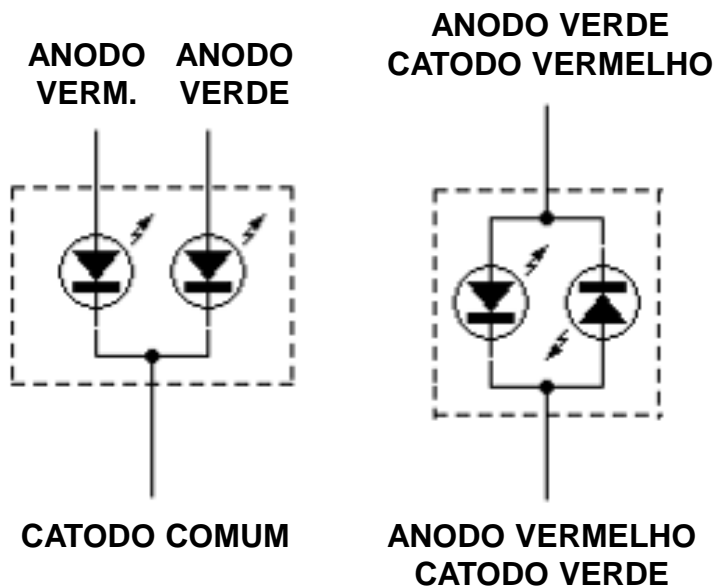
Polarização do LED

- Um LED somente emite luz enquanto conduz, precisando, para isso, estar polarizado diretamente. Todo LED precisa ser instalado com um resistor em série, que limita a corrente circulante pelo diodo, de forma a não permitir que se danifique.
- O valor do resistor não é muito crítico, mas pode ser calculado com grande simplicidade, de acordo com as fórmulas da Lei de Ohm.
- Por exemplo, para um LED com queda de tensão de aproximadamente 1.8V sob uma corrente de 10 miliampéres, o resistor deverá ser de aproximadamente 1000Ω, ou 1KΩ.



Tipos de LED – “Pisca” e bicolor

- Os LEDs tipo “pisca”, possuem em seu interior um oscilador de relaxação, montado justamente com a pastilha fotoemissora, que permite a este alternar entre ligado e desligado continuamente, piscando. Destinam-se a aplicações de sinalização e também a produzir efeitos visuais que chamem atenção.
- Os LEDs tipo bicolor, como o próprio nome diz, possuem em seu interior duas pastilhas fotoemissoras, cada uma produzindo luz em um comprimento de onda (ou cor) diferente. Podem possuir três ou dois terminais, sendo que a forma como são ligados irá diferir conforme o tipo.



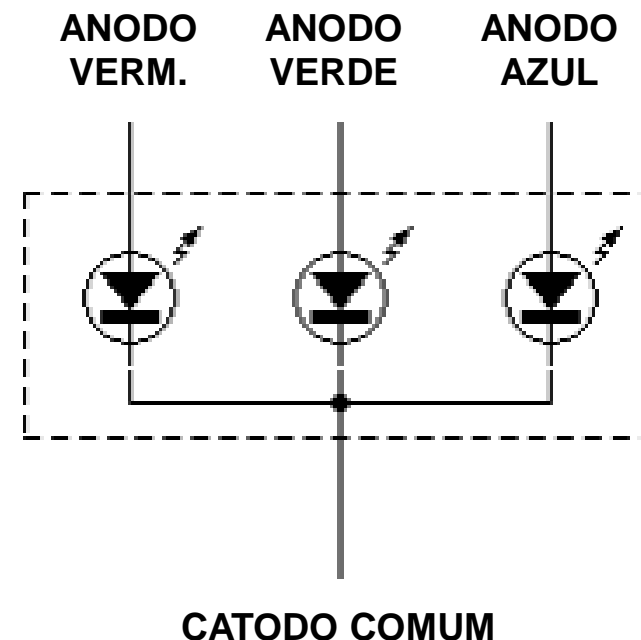
Tipos de LED – Infravermelho e ultravioleta

Os LEDs também podem ser fabricados para produzir luzes fora do espectro visível, como no caso do ultravioleta e infravermelho.

- Os LEDs infravermelhos têm larga aplicação em dispositivos de controle remoto e de visão noturna, em que, por produzirem uma luz não visível ao olho humano, mas detectável por um sensor de uma câmera, por exemplo, permitem observar cenas sem chamar atenção.
- Os LEDs ultravioletas possuem aplicações em máquinas fotopolimerizadoras, utilizadas para endurecer resinas dentárias, unhas em gel e também para impressão 3D. A luz UV pode prejudicar seriamente os olhos e deve ser usada sempre com muita cautela.

LEDs RGB

- Com a popularização dos LEDs na primeira década do século XXI, começaram a surgir alguns componentes que continham três pastilhas fotoemissoras, que permitiam todas as combinações possíveis dentro do espectro da luz visível com base nas cores primárias: vermelho (red), verde (green) e azul (blue).
- Esses componentes dispõem de quatro terminais: três deles correspondem a cada um dos anodos e o quarto corresponde a um catodo comum.



Interatividade

Eles são um tipo de diodo de silício destinado a aplicações específicas, quando baixas tensões de polarização são desejadas. Estamos definindo:

- a) Varicap.
- b) Zener.
- c) Schottky.
- d) LED.
- e) RGB.

Resposta

Eles são um tipo de diodo de silício destinado a aplicações específicas, quando baixas tensões de polarização são desejadas. Estamos definindo:

- a) Varicap.
- b) Zener.
- c) **Schottky.**
- d) LED.
- e) RGB.

ATÉ A PRÓXIMA!