

Aula 03

Diodos

Introdução

- A junção PN
- Curvas características dos diodos
- Identificação dos terminais do diodo
- Tipos de diodo e suas aplicações

- O lado P de um diodo de junção é dopado com átomos aceitadores.
- O lado N de um diodo de junção é dopado com átomos doadores.

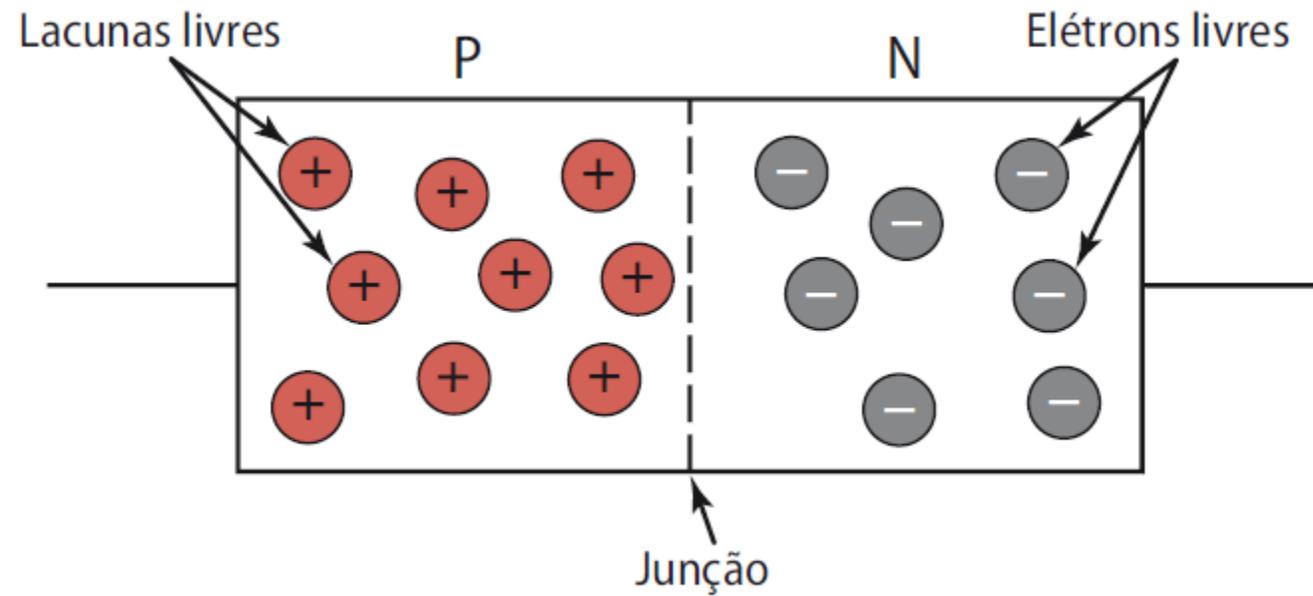


Figura 3-1 A estrutura de um diodo de junção.

Polarização Zero

Os elétrons próximos à junção atravessam e preenchem as lacunas próximas à junção.

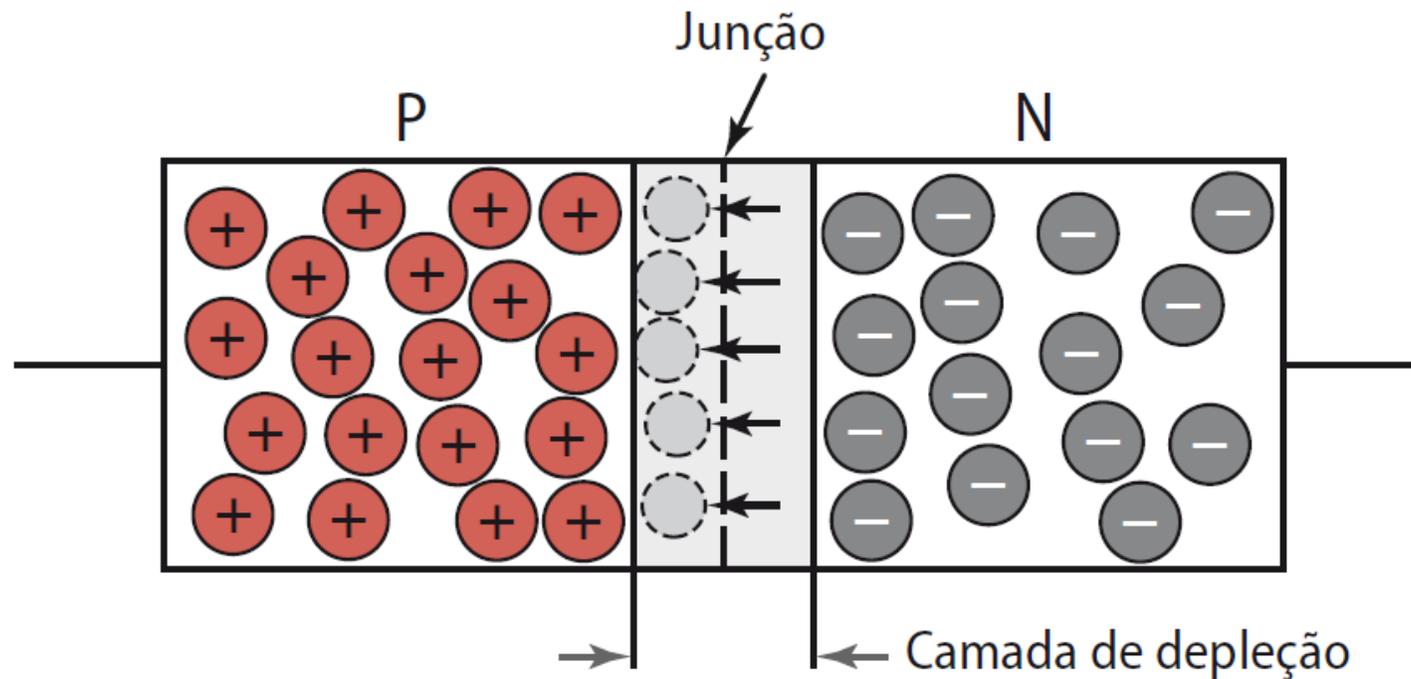
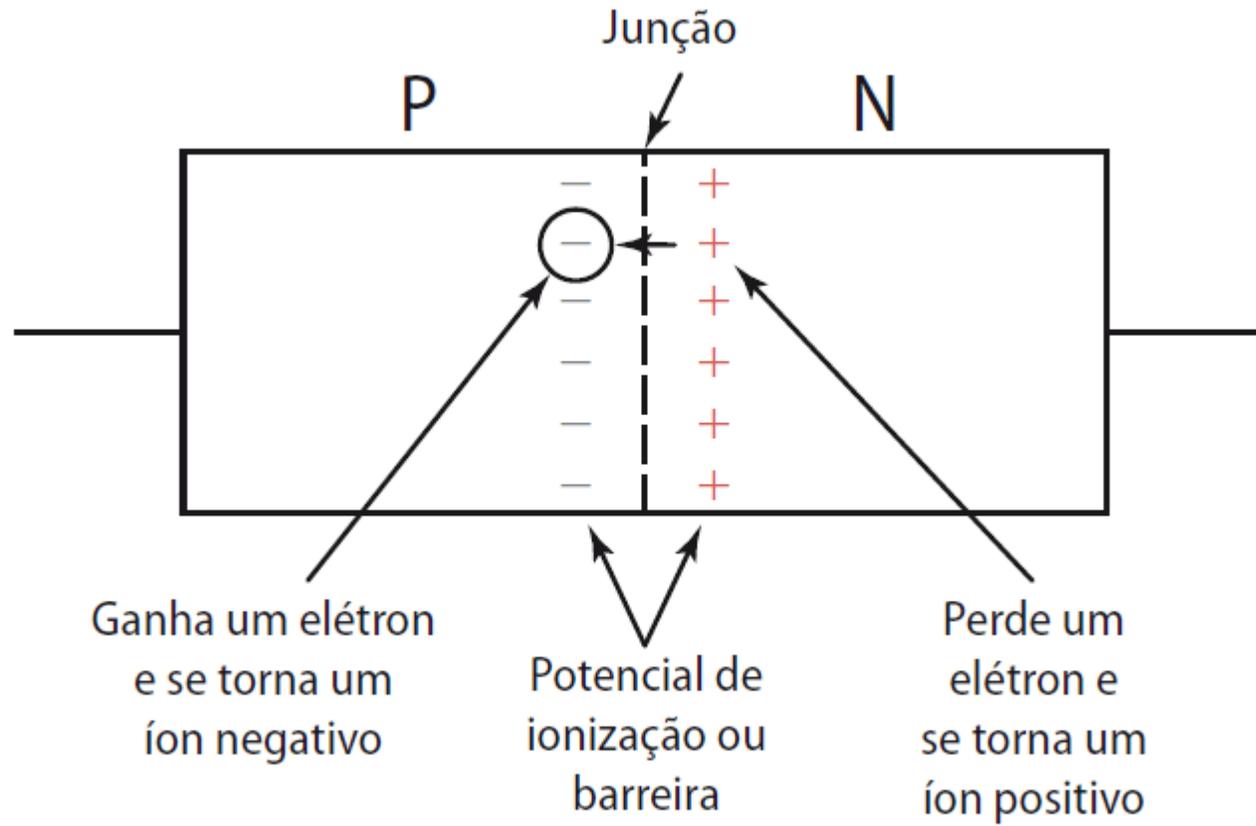


Figura 3-2 A camada de depleção do diodo.

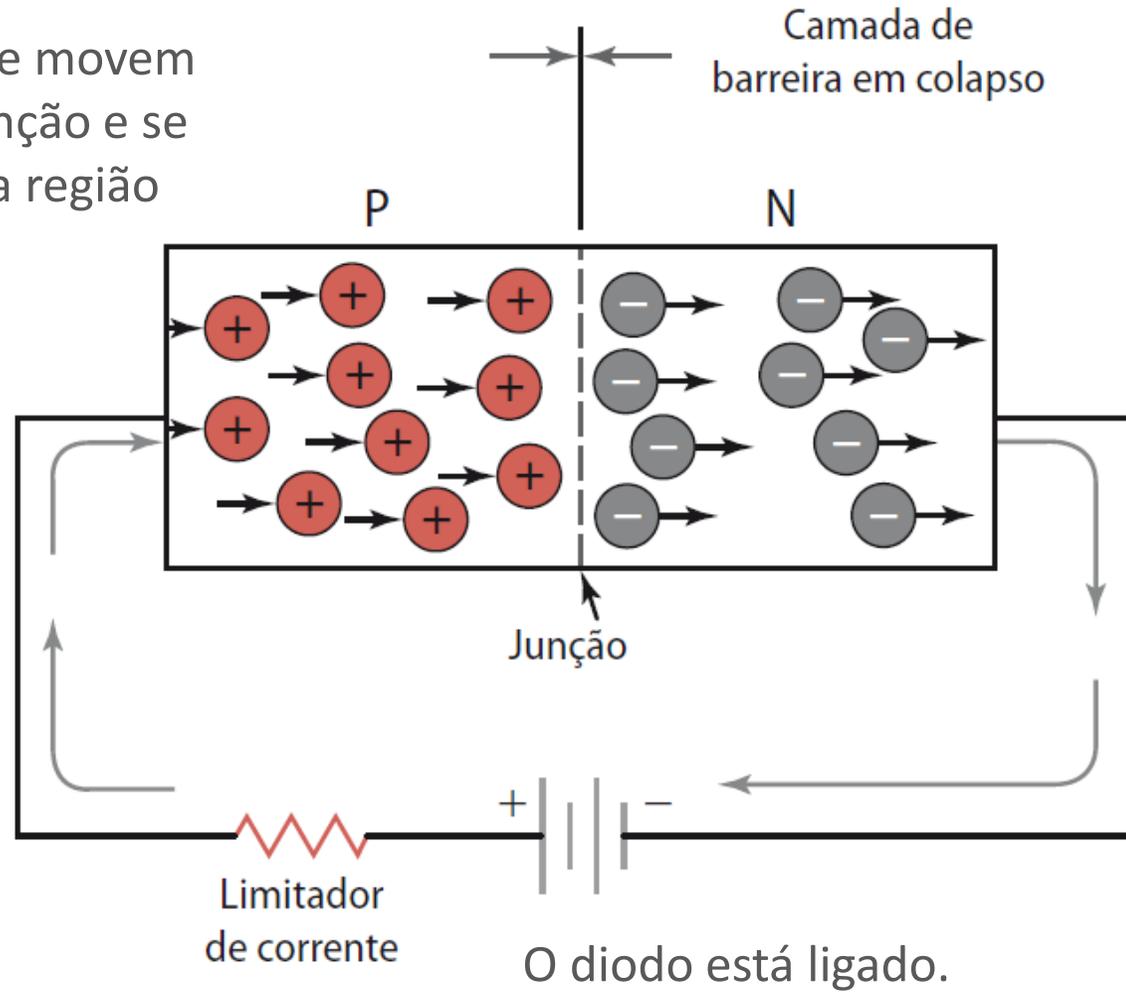
Não havendo portadores, a camada de depleção é isolante.

Formação da barreira

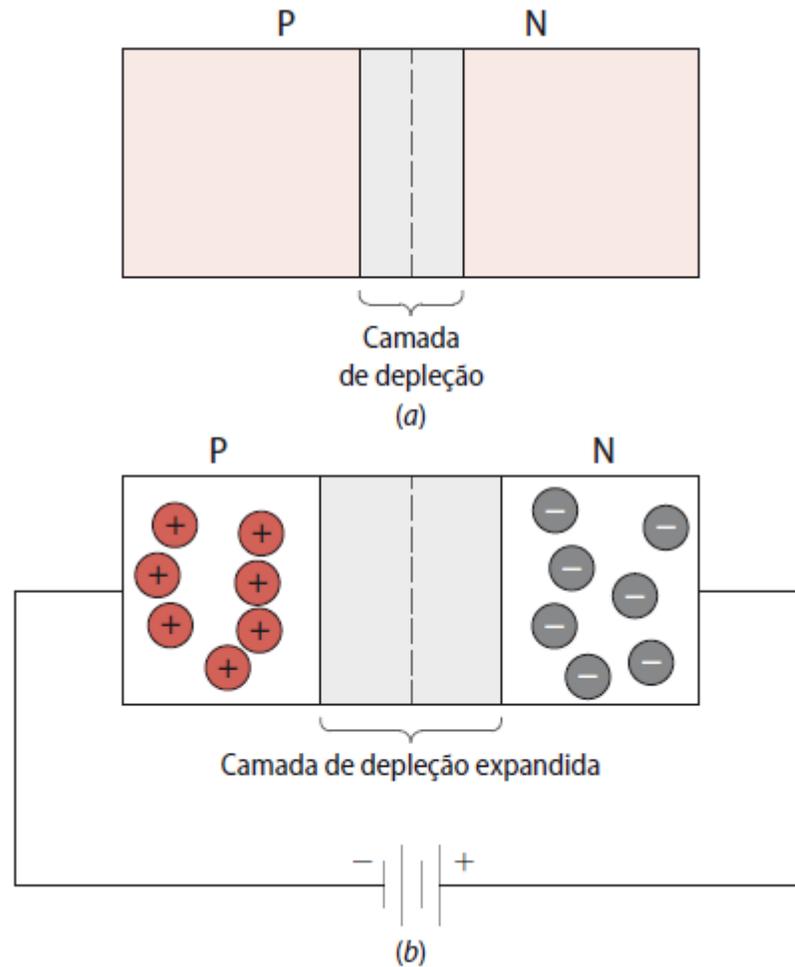


Polarização direta

Os portadores se movem em direção à junção e se chocam contra a região de depleção.



Polarização reversa



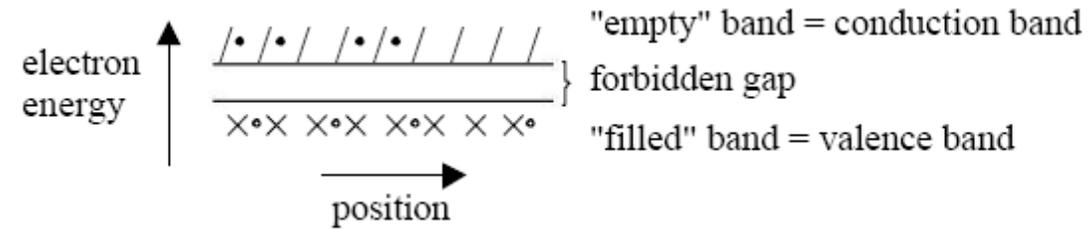
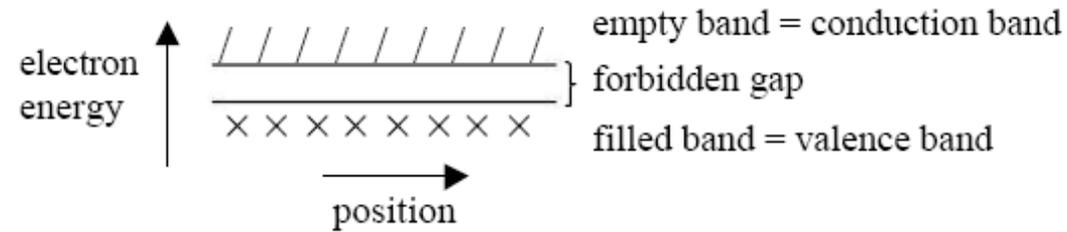
- A região de depleção é reestabelecida e o diodo é desligado.

- Os portadores se movem na direção contrária à junção.

Efeito da polarização reversa na camada de depleção

Junção PN

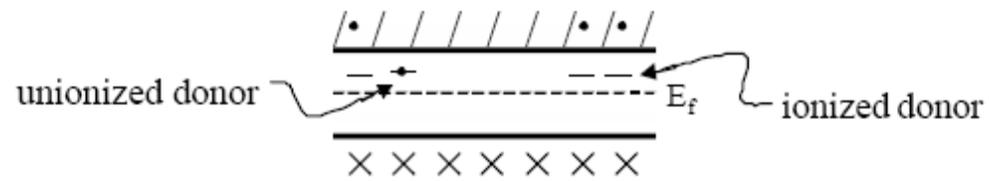
Bandas de Energia



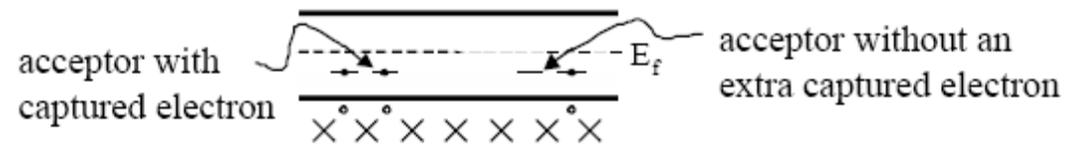
Semicondutor intrínseco

Bandas de Energia

Semicondutor do tipo N



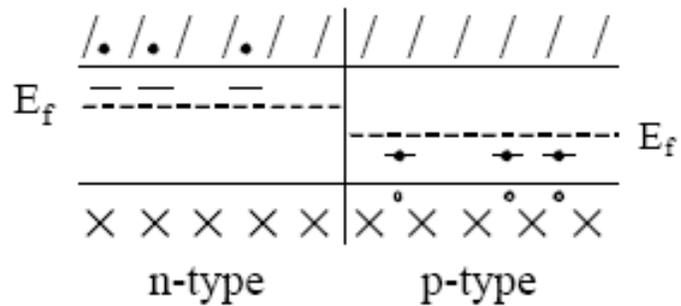
Semicondutor do tipo P



Bandas de Energia

Junção PN

Formação da junção



Equilíbrio da junção

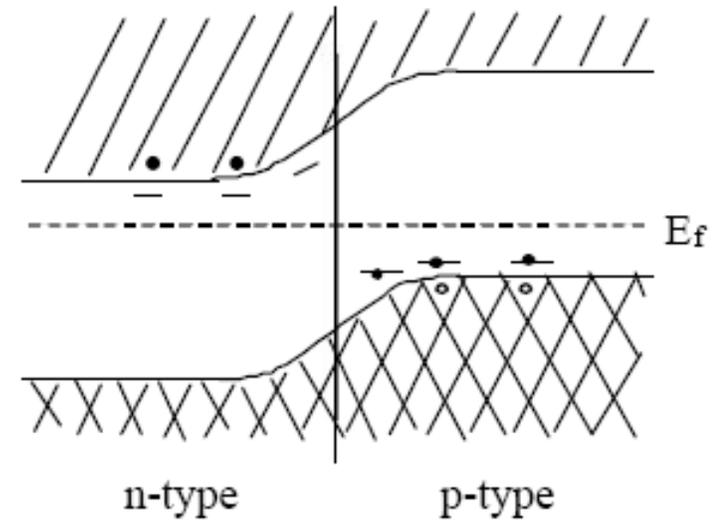


Diagrama de bandas de diodo de junção

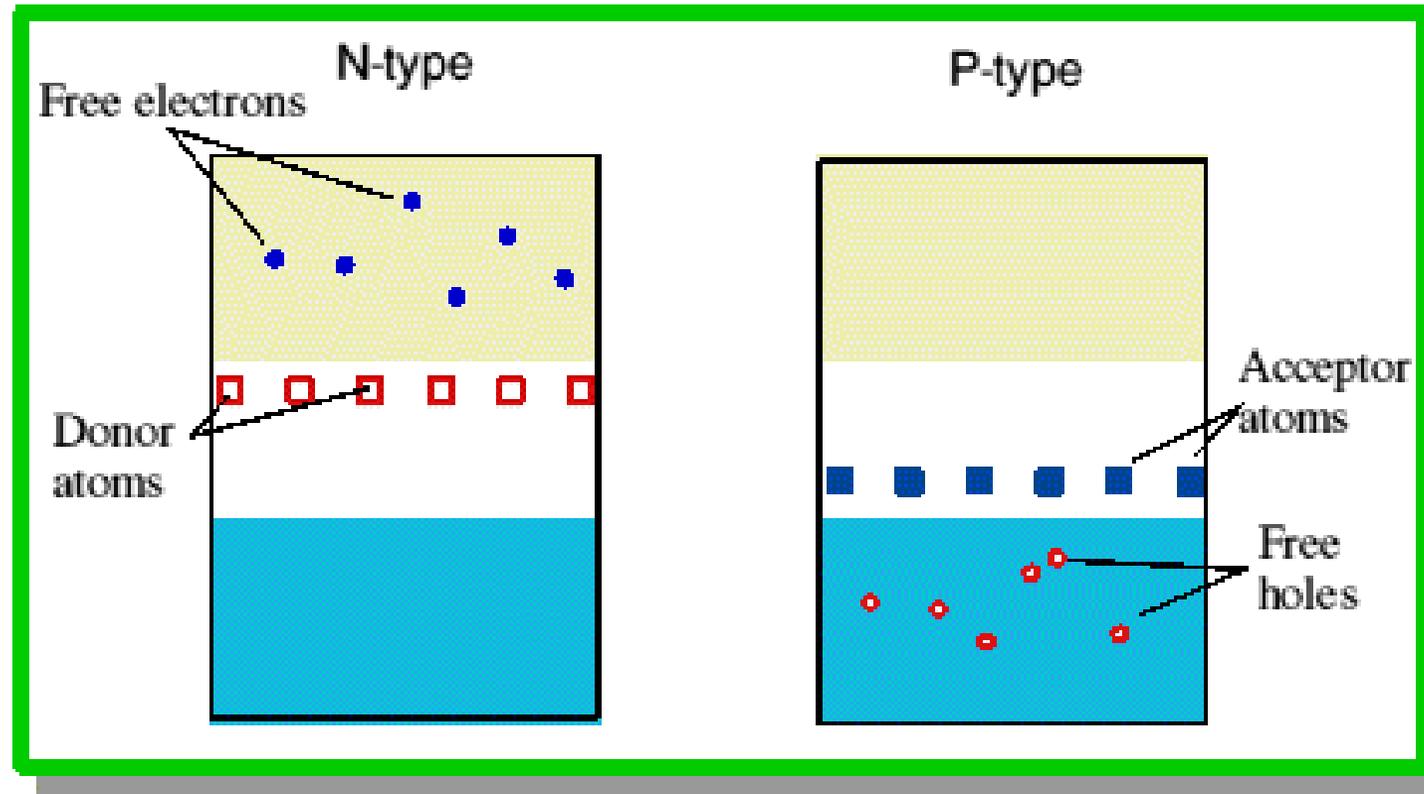


Diagrama de bandas de diodo de junção

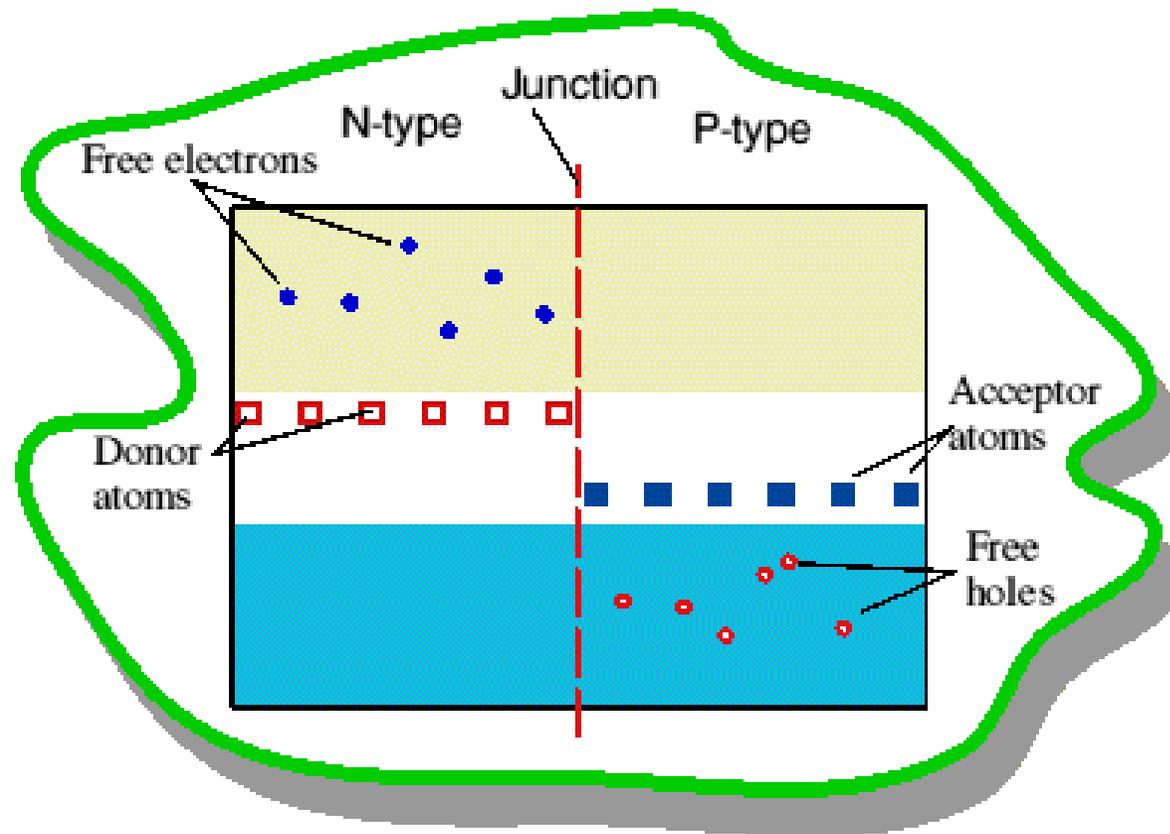


Diagrama de bandas de diodo de junção

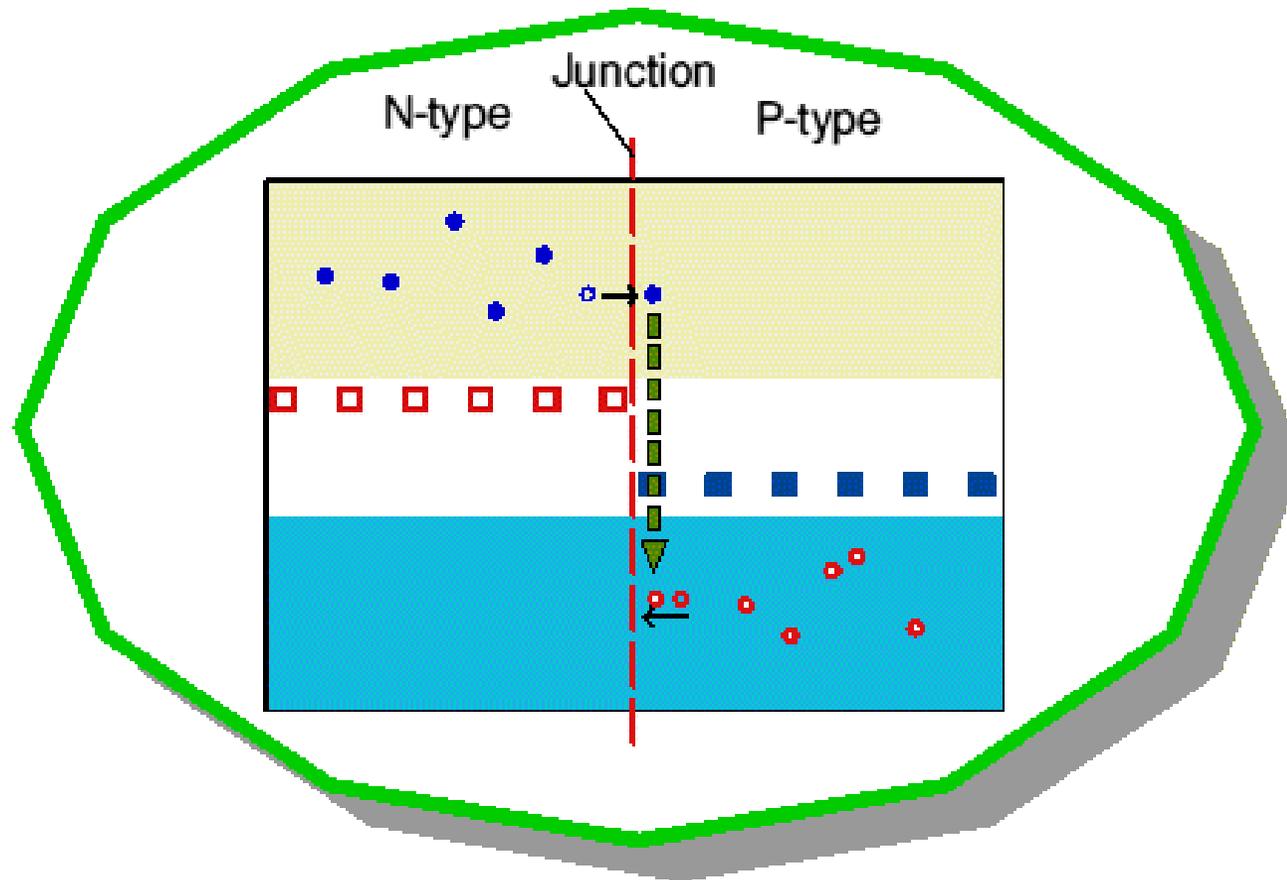


Diagrama de bandas de diodo de junção

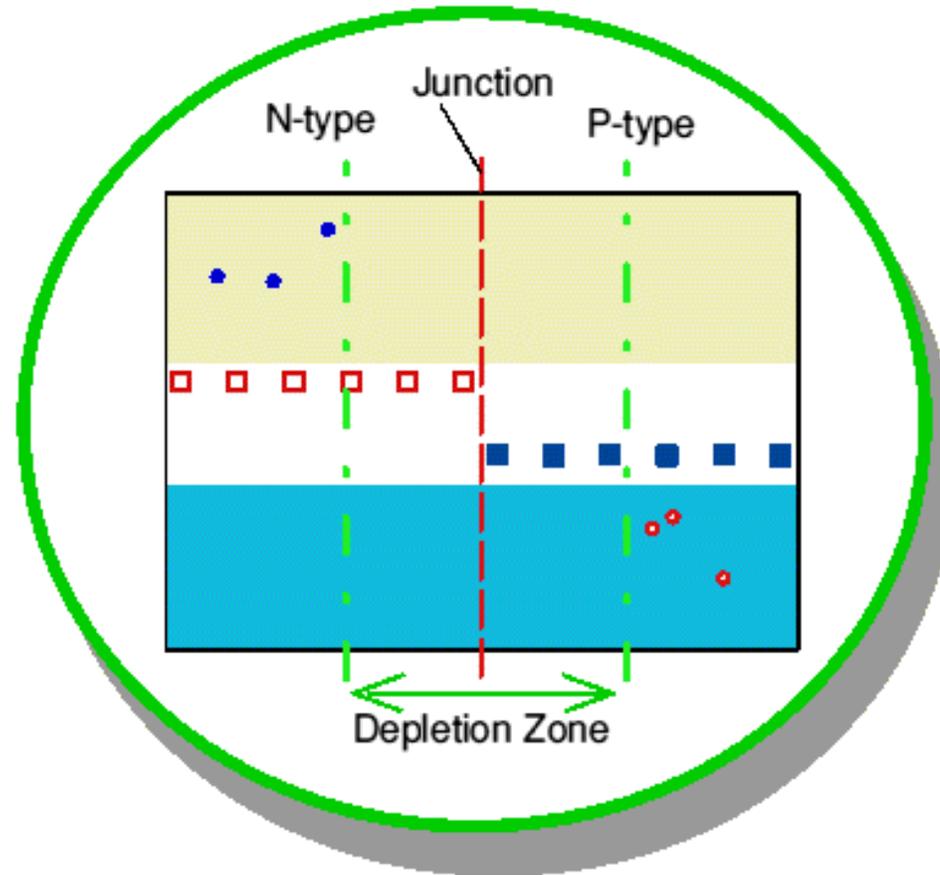


Diagrama de bandas de diodo de junção PN

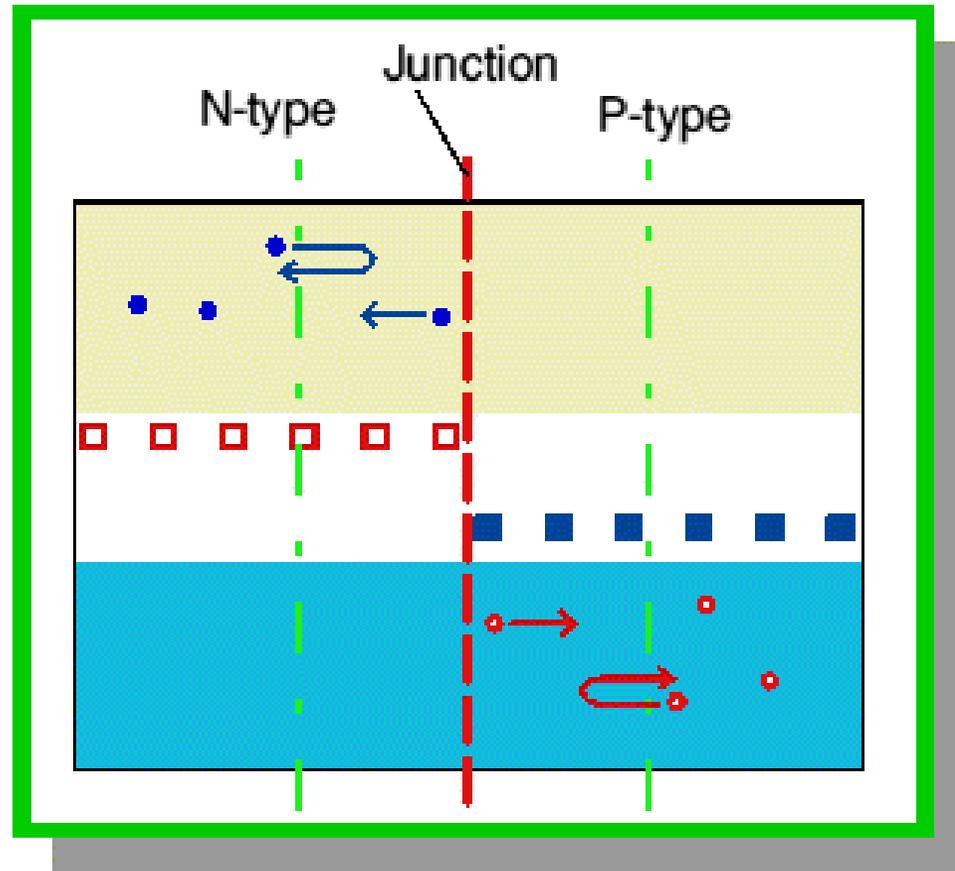


Diagrama de bandas de diodo de junção

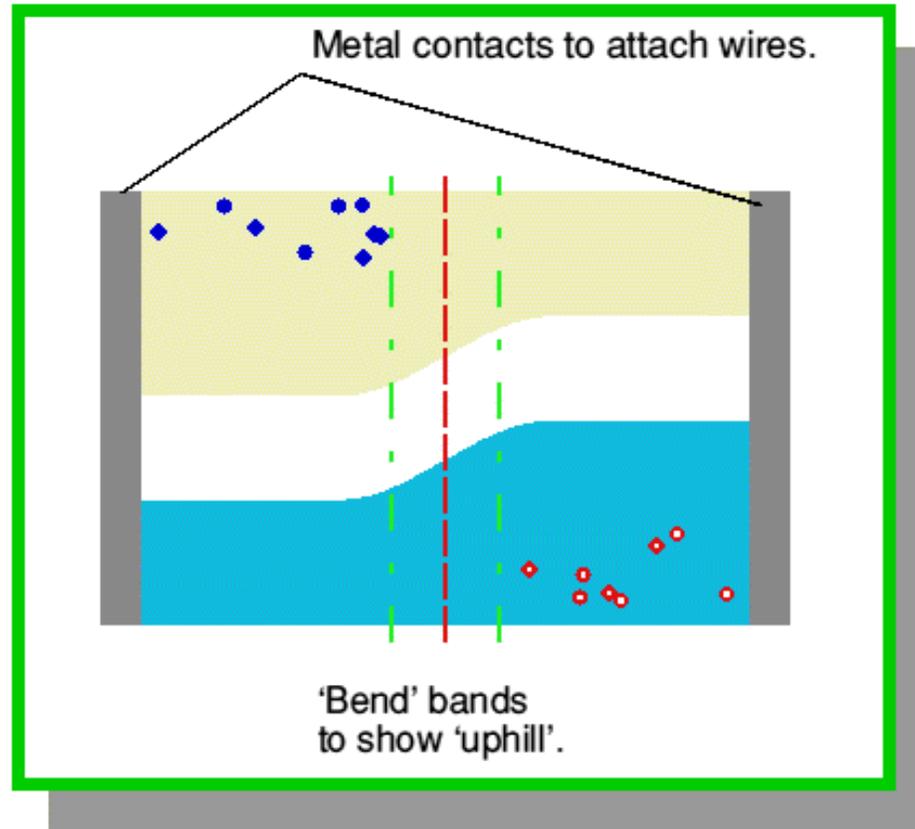
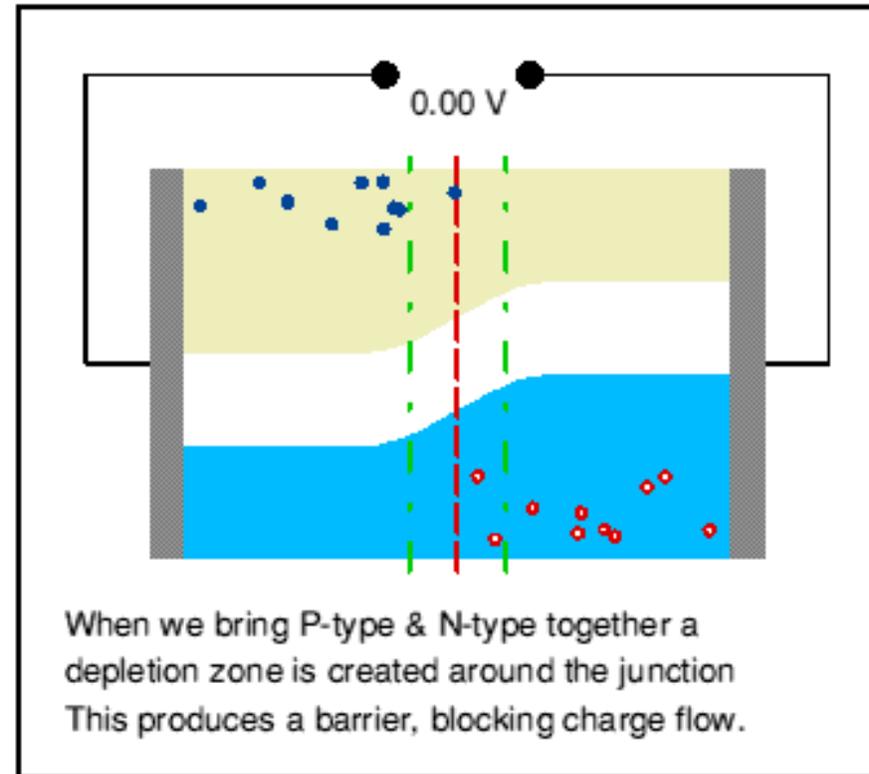
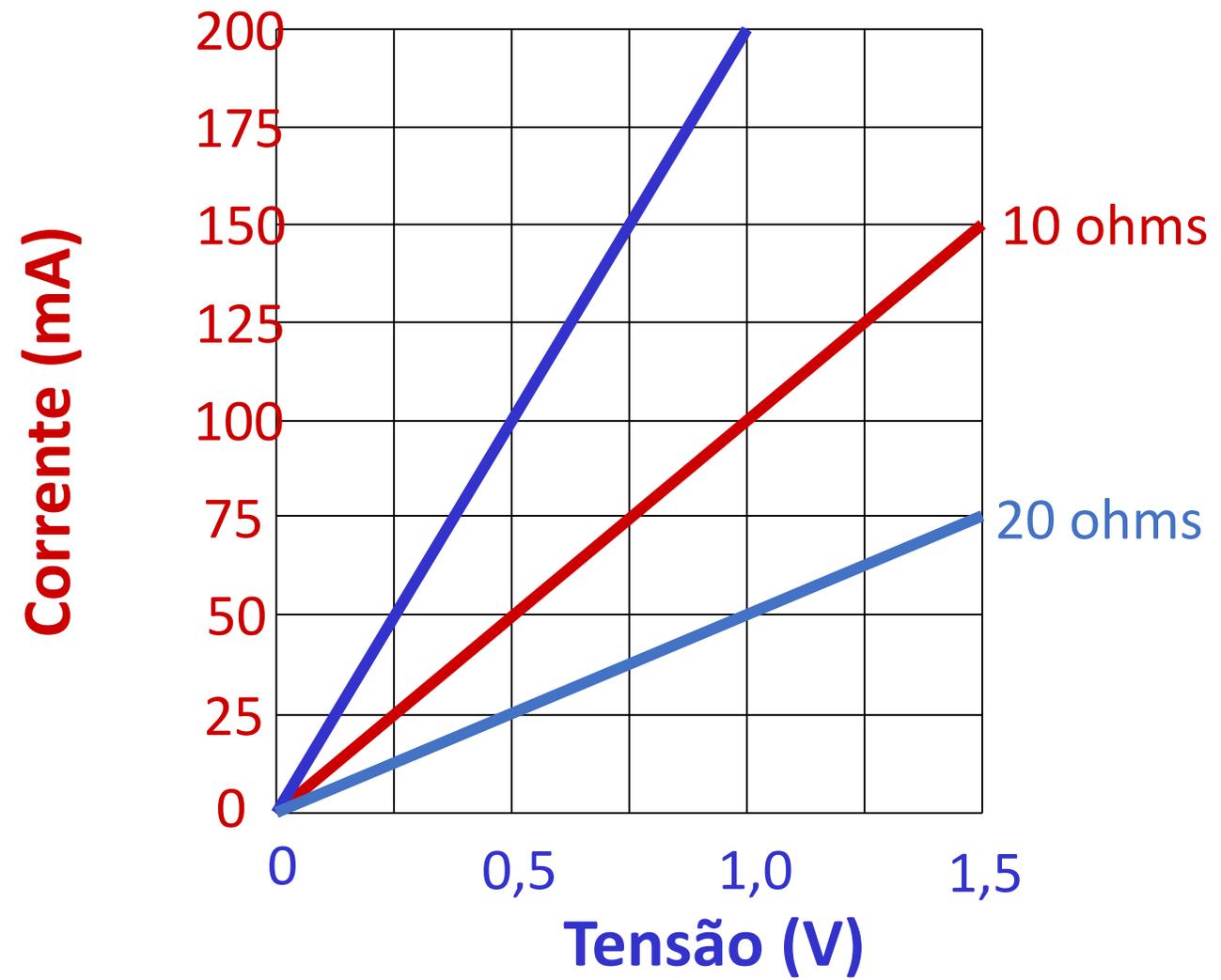


Diagrama de bandas de diodo de junção

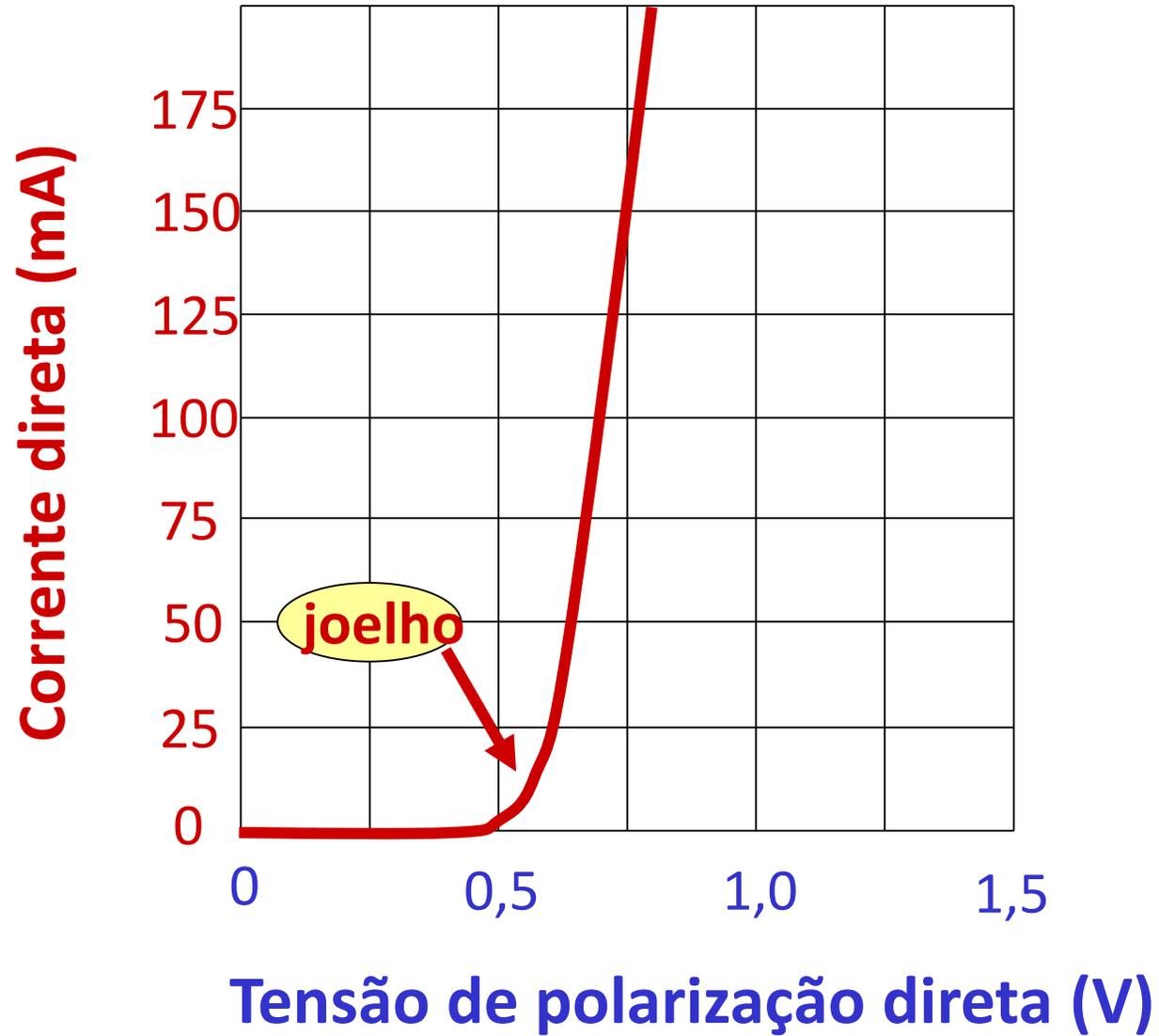


© J. C. G. Lesurf Univ. St. Andrews

Curvas características I-V de resistores



Curva característica I-V de um diodo de silício



Curvas características corrente-tensão

- A curva característica corrente-tensão (I-V) para um resistor é uma reta (linear).
- Um diodo possui uma curva característica I-V não linear.
- O potencial de barreira produz um "joelho" na curva de corrente-tensão (I-V) do diodo.
- A tensão do "joelho" é de aproximadamente 0,6 a 0,7 volts para diodos de silício.
- A tensão do "joelho" é de aproximadamente 0,3 a 0,4 volts para diodos de germânio.

O efeito da temperatura

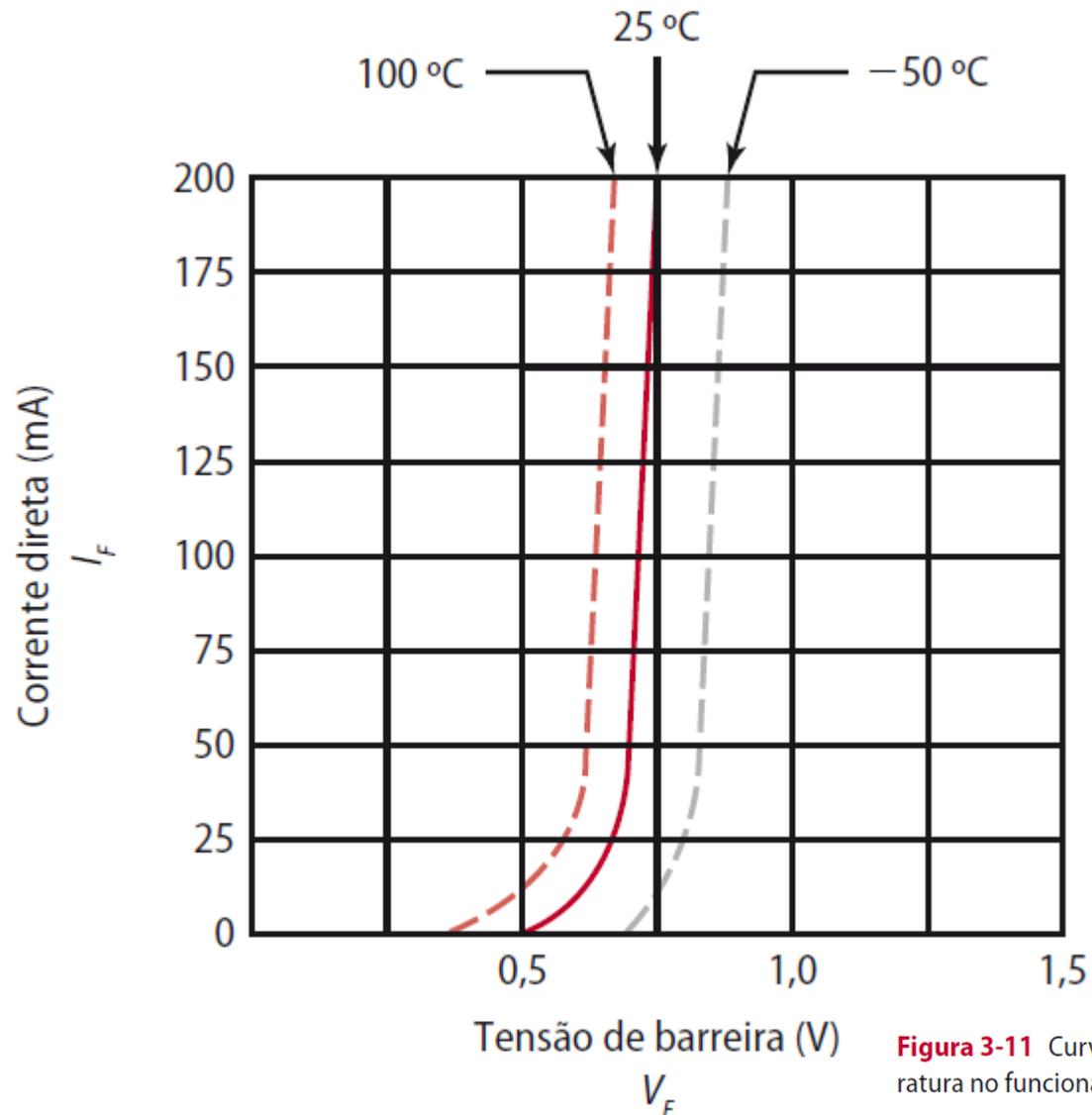
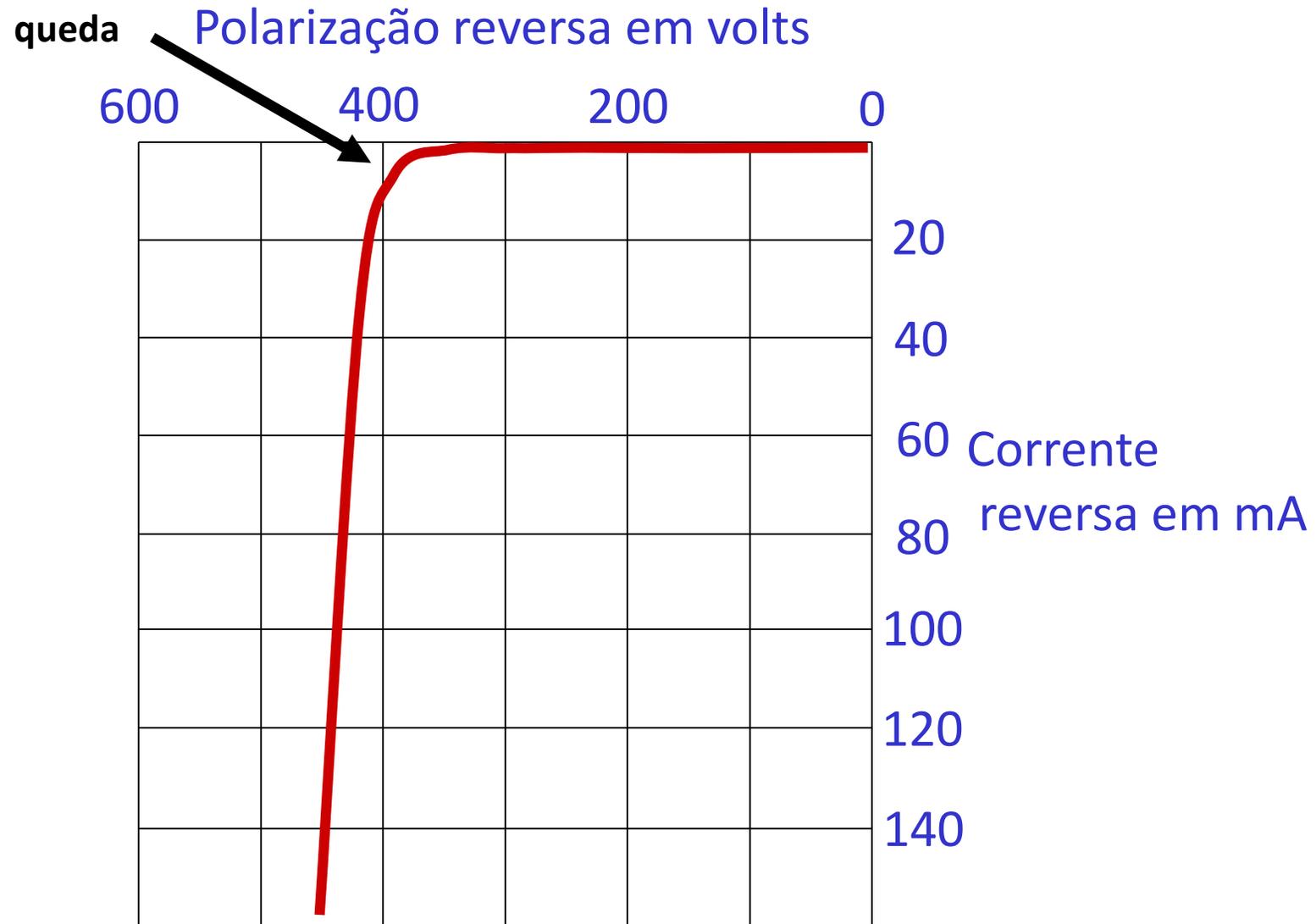
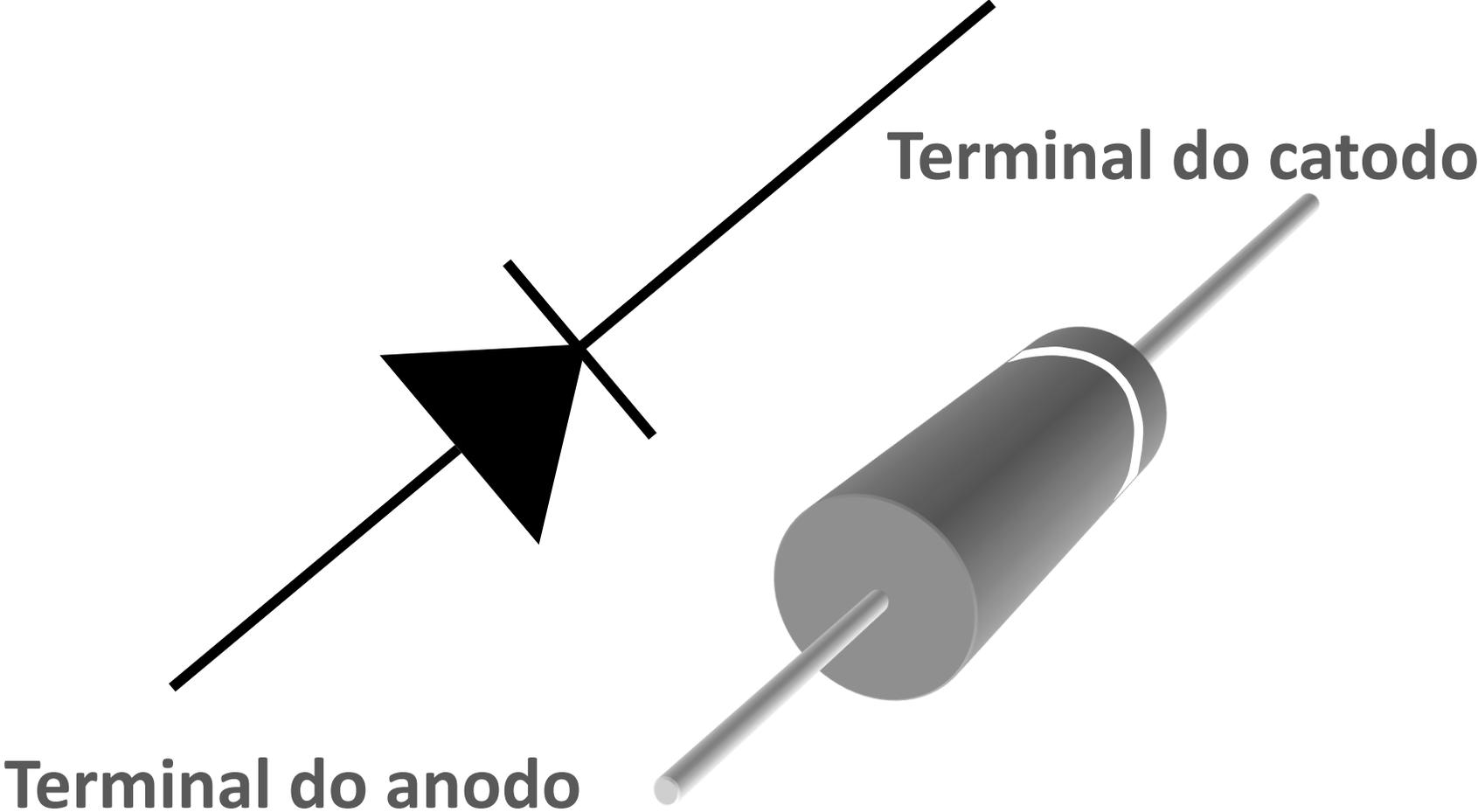


Figura 3-11 Curva característica mostrando o efeito da temperatura no funcionamento de um diodo de silício.

Curva característica de polarização reversa de um diodo de silício





O diodo é diretamente polarizado pelo ohmímetro.

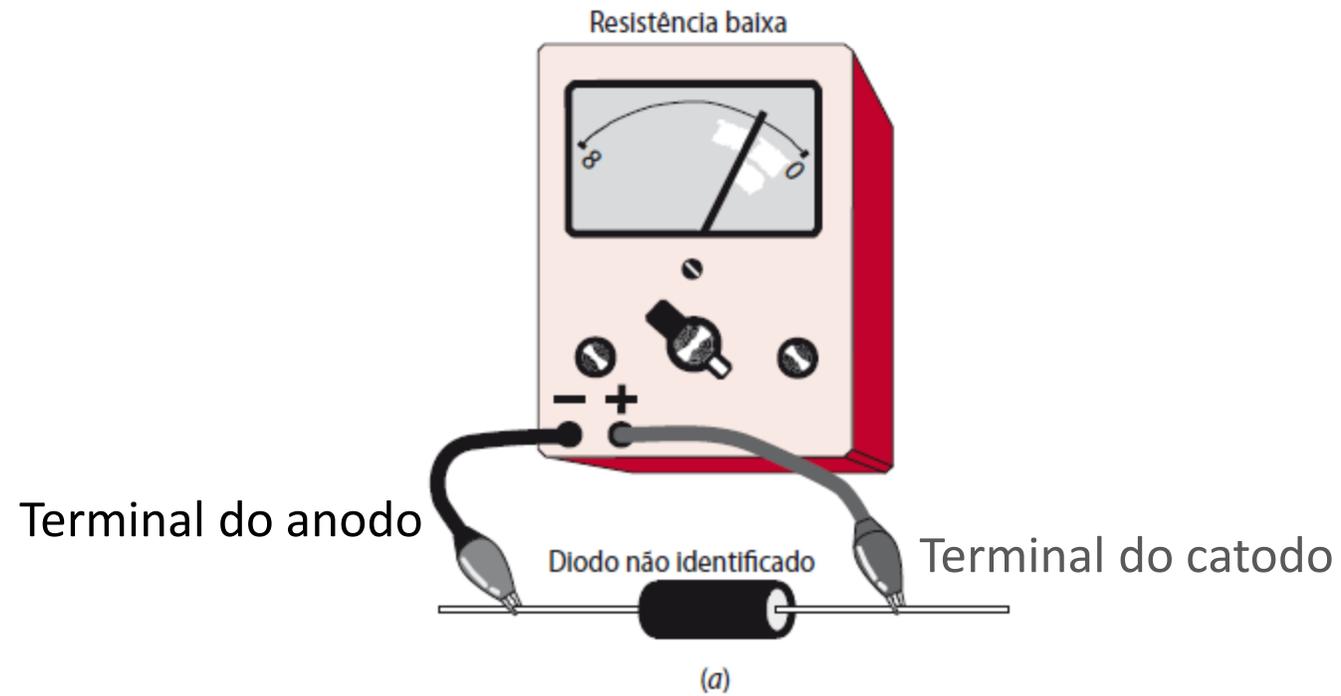


Figura 3-14 Testando um diodo com um ohmímetro.

O diodo é diretamente polarizado pelo ohmímetro.

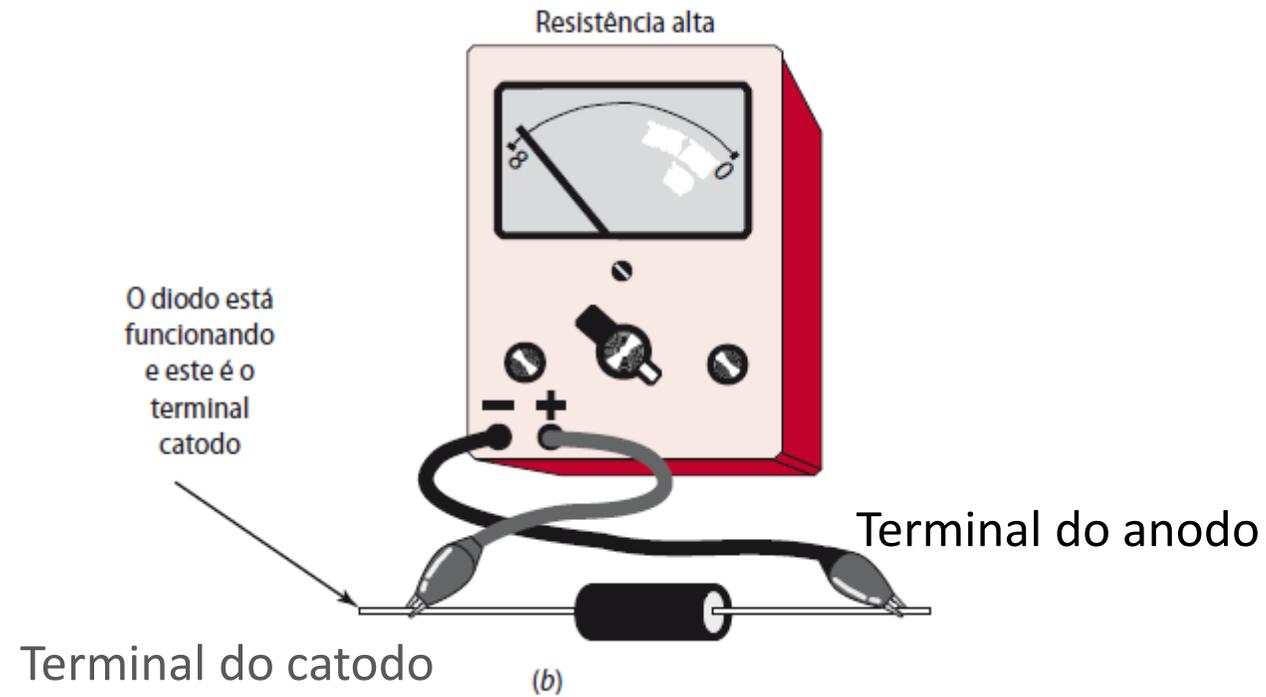


Figura 3-14 Testando um diodo com um ohmímetro.

Teste de diodo em ohmímetro

- Baixa resistência em ambas as direções: o diodo é um curto.
- Alta resistência em ambas as direções: o diodo é aberto.
- Baixa resistência na direção reversa: o diodo é defeituoso.
- Se a razão da resistência reversa para a resistência direta é > 1000 : o diodo está funcionando.

Quiz sobre diodos

Em uma polarização zero, diodos mostram uma região de depleção que atua como isolante.

A região de depleção sofre colapso pela aplicação de polarização direta.

A região de depleção é ampliada aplicando-se a polarização reversa.

Um diodo de polarização direta possui anodo positivo em relação ao seu catodo.

A queda de tensão direta do diodo diminui enquanto a temperatura aumenta.

Diodo zener

Um diodo zener é projetado para conduzir reversamente em tensões mais baixas do que o diodo retificador

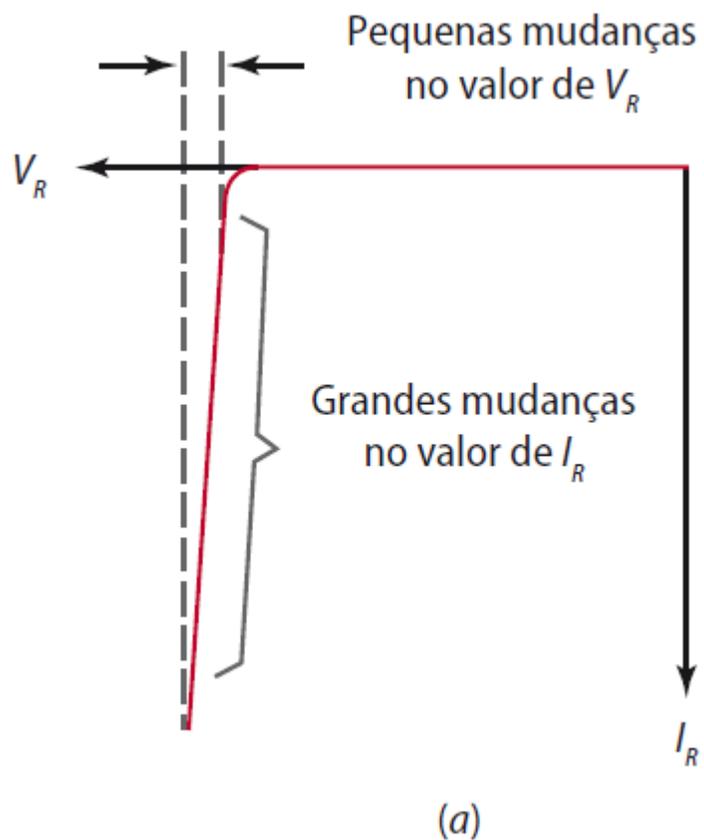
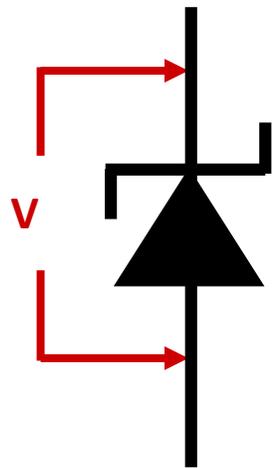
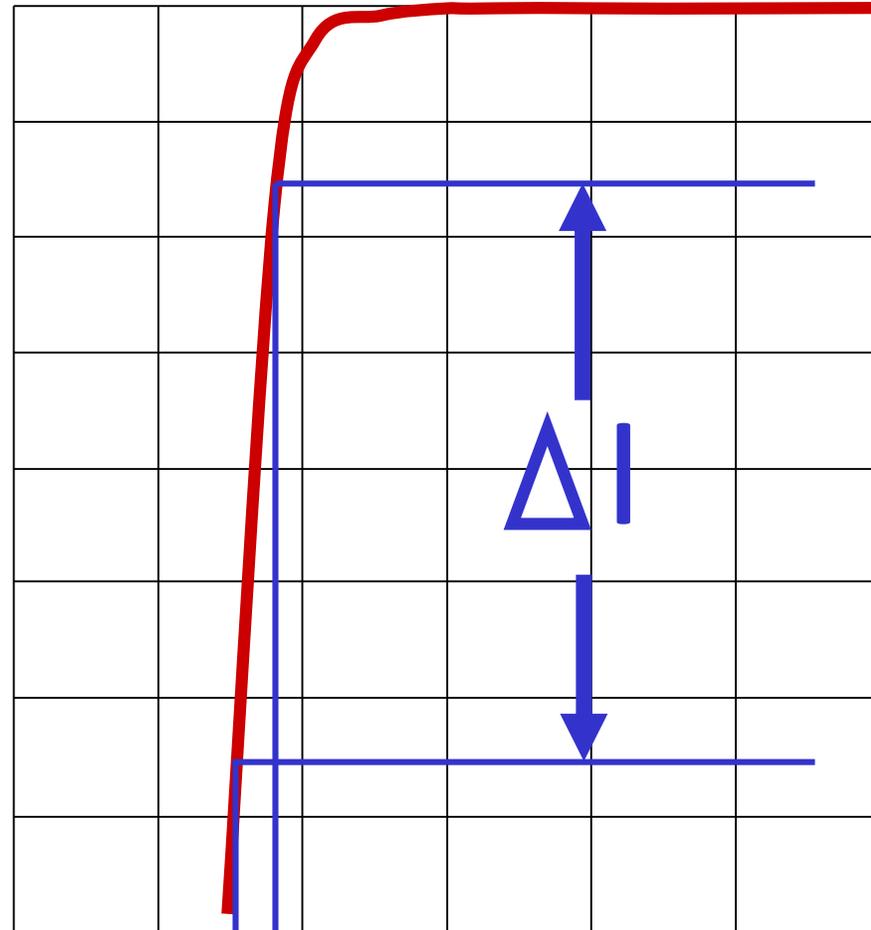


Figura 3-19 Diodo zener sendo utilizado como um regulador de tensão.



Tensão de polarização reversa (V)

6 4 2 0



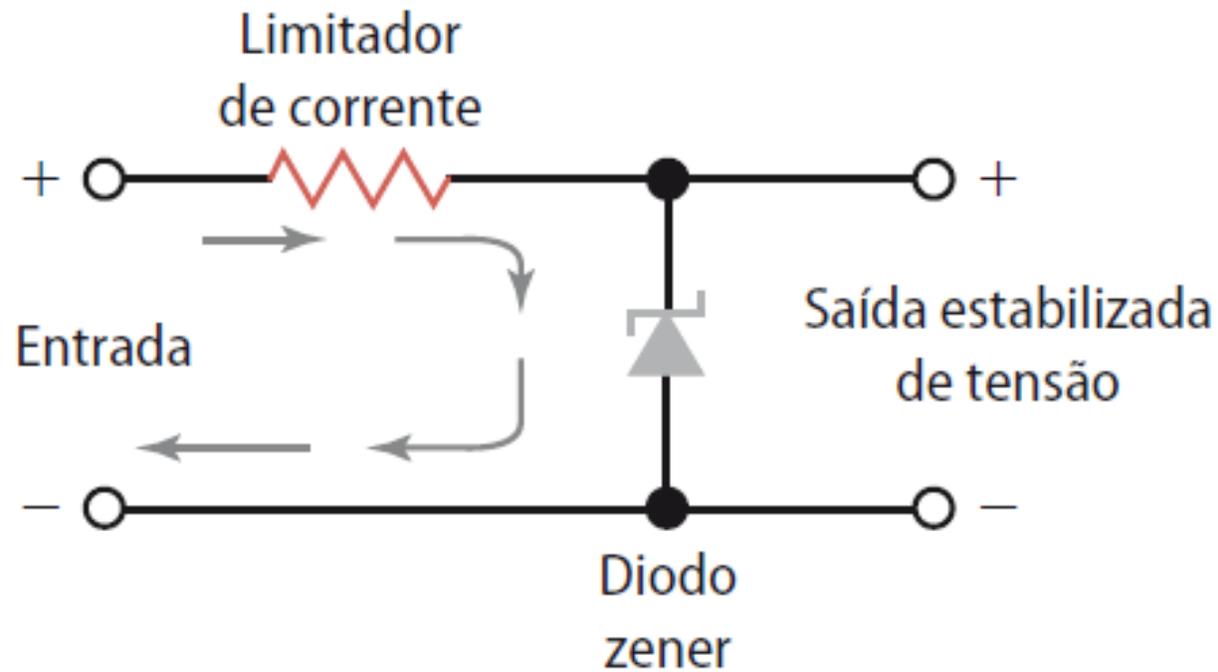
A tensão através de um zener condutor é relativamente constante

Corrente reversa (mA)

ΔV

Usando um diodo zener regulador de voltagem

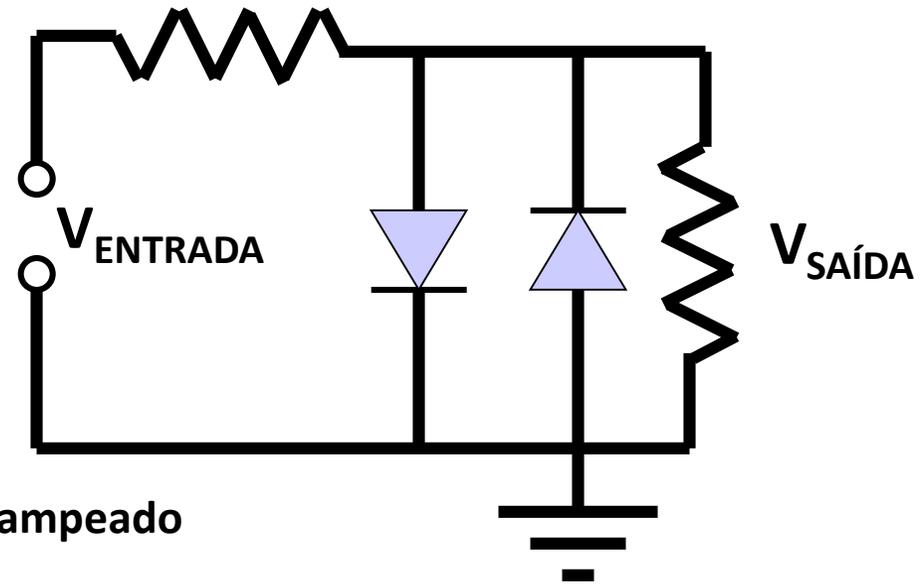
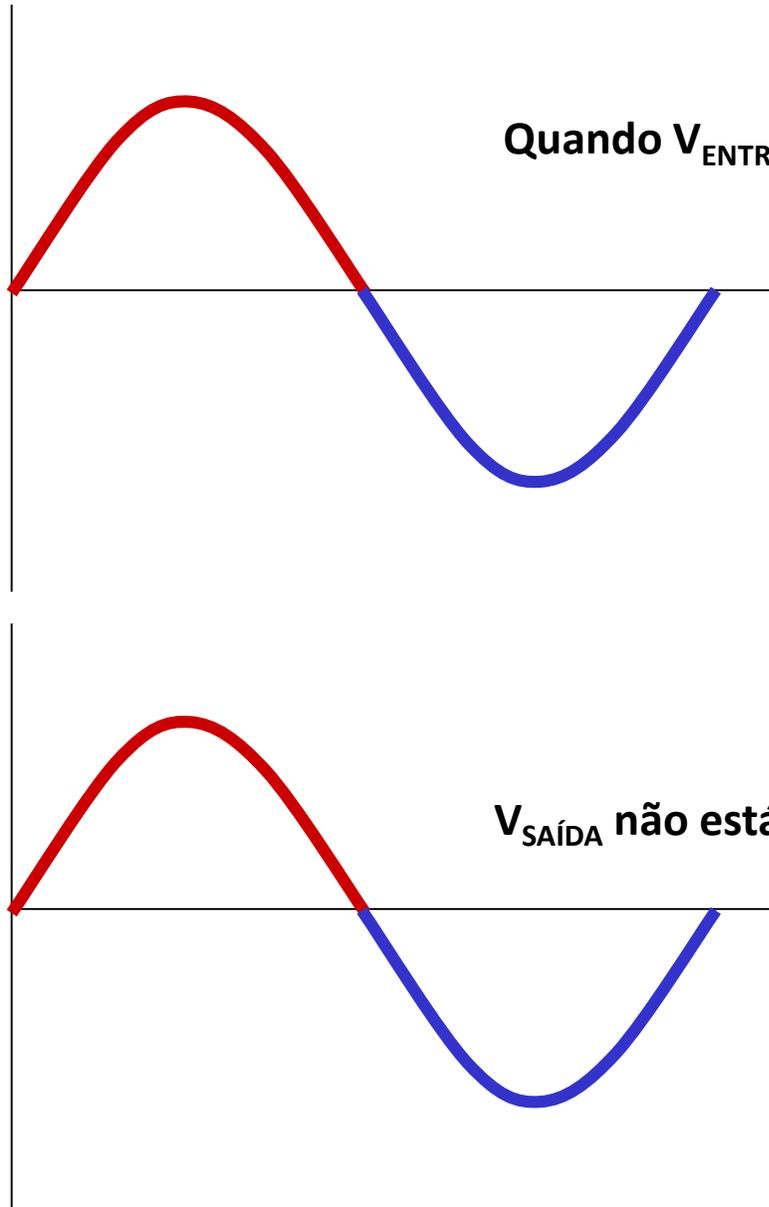
A carga está em paralelo com o zener e verá uma tensão relativamente constante enquanto o zener estiver conduzindo.



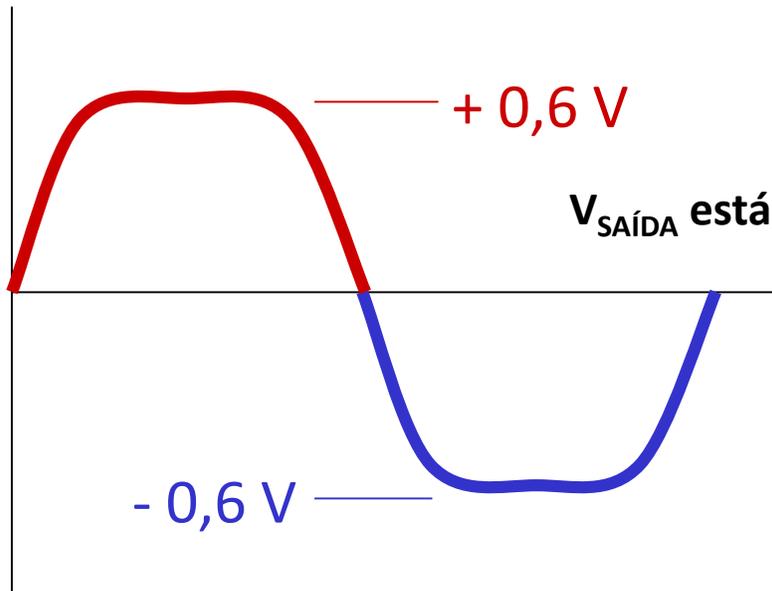
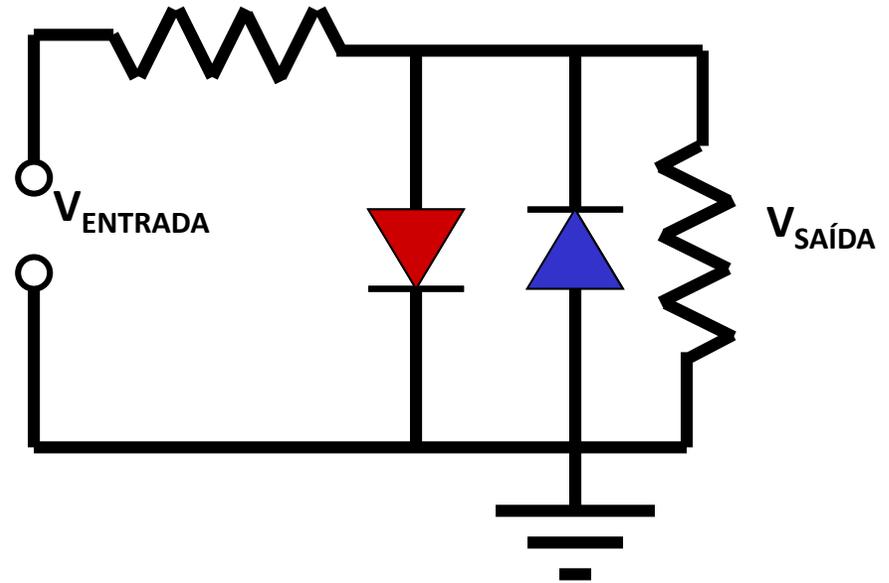
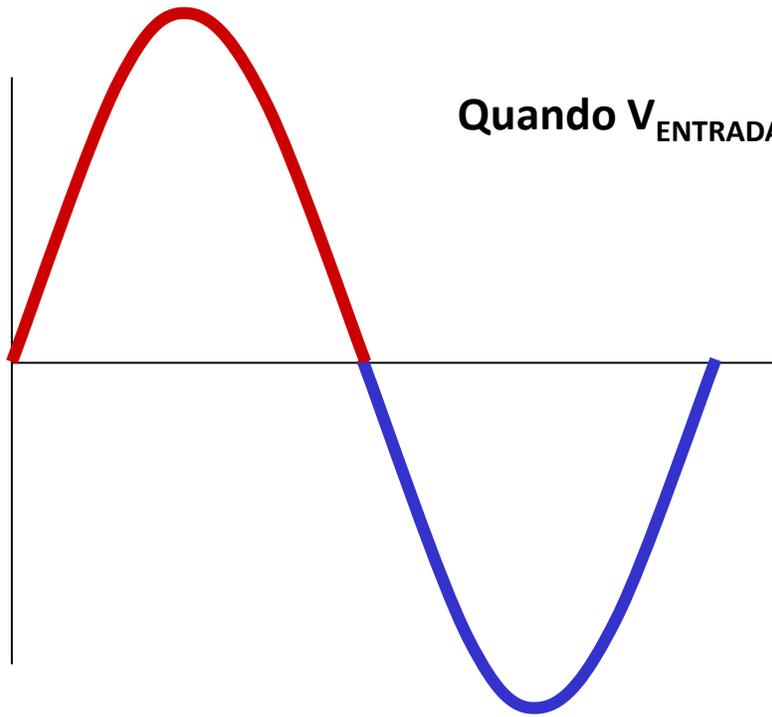
(b)

Diodo como grampeador de tensão

Este circuito é chamado grampeador (*clamper*) ou limitador.



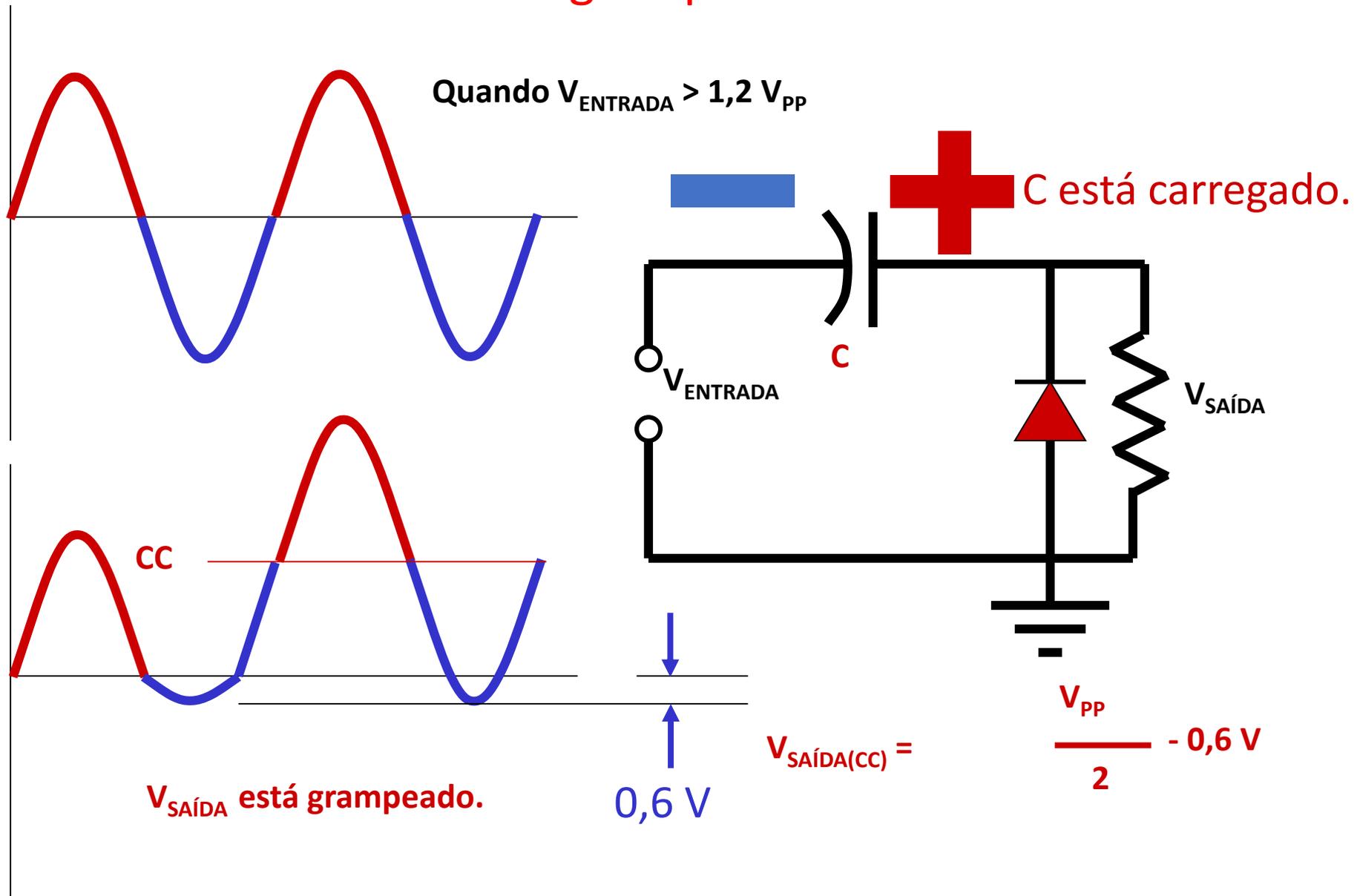
O diodos não conduzem.



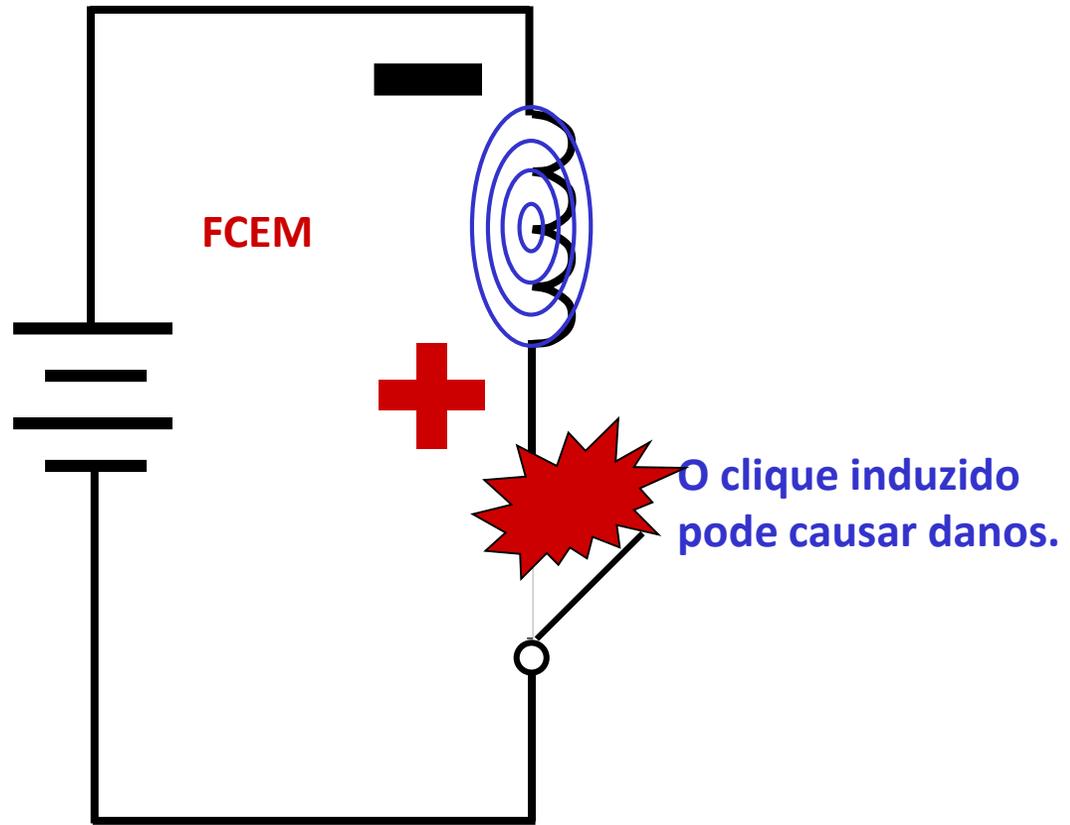
$V_{SAÍDA}$ está grampeado

Os diodos conduzem.

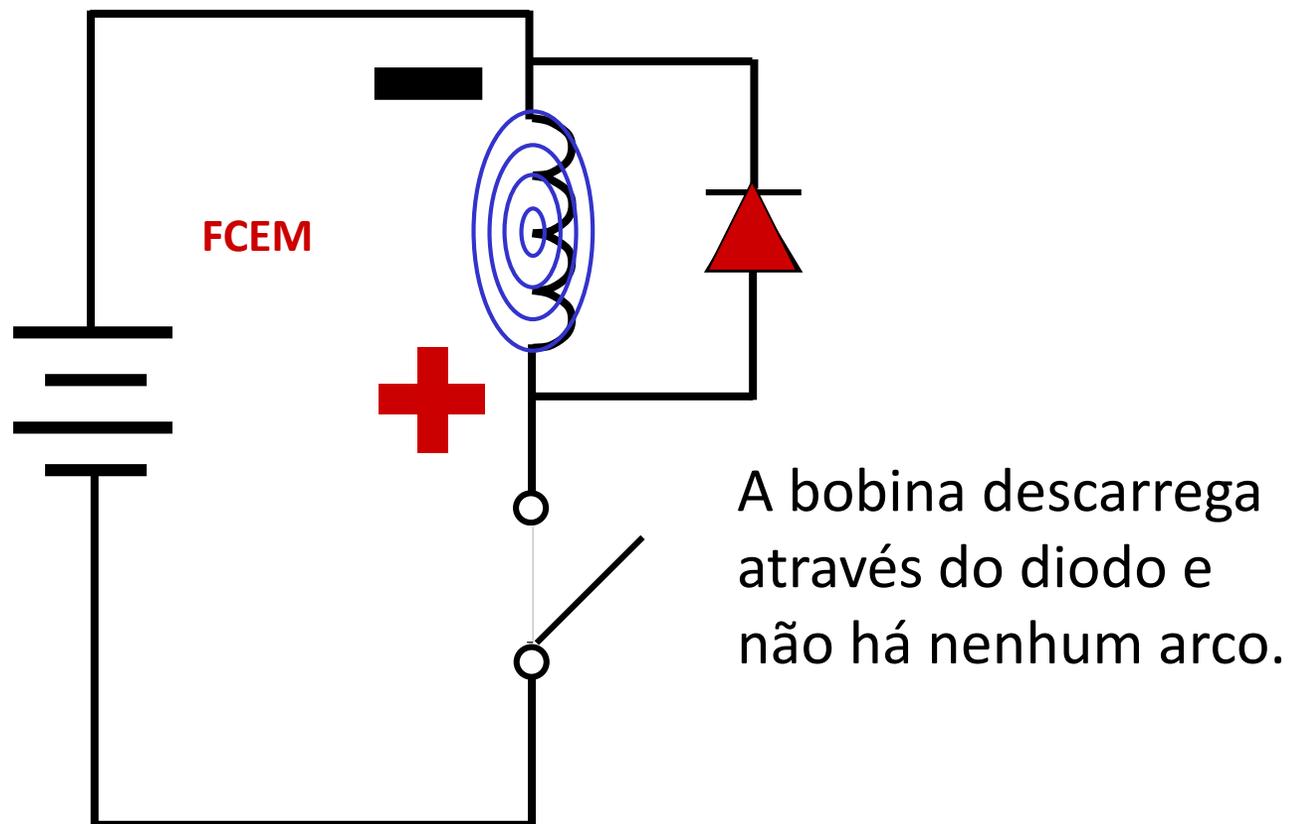
Este circuito é chamado grampo ou restaurador de CC.



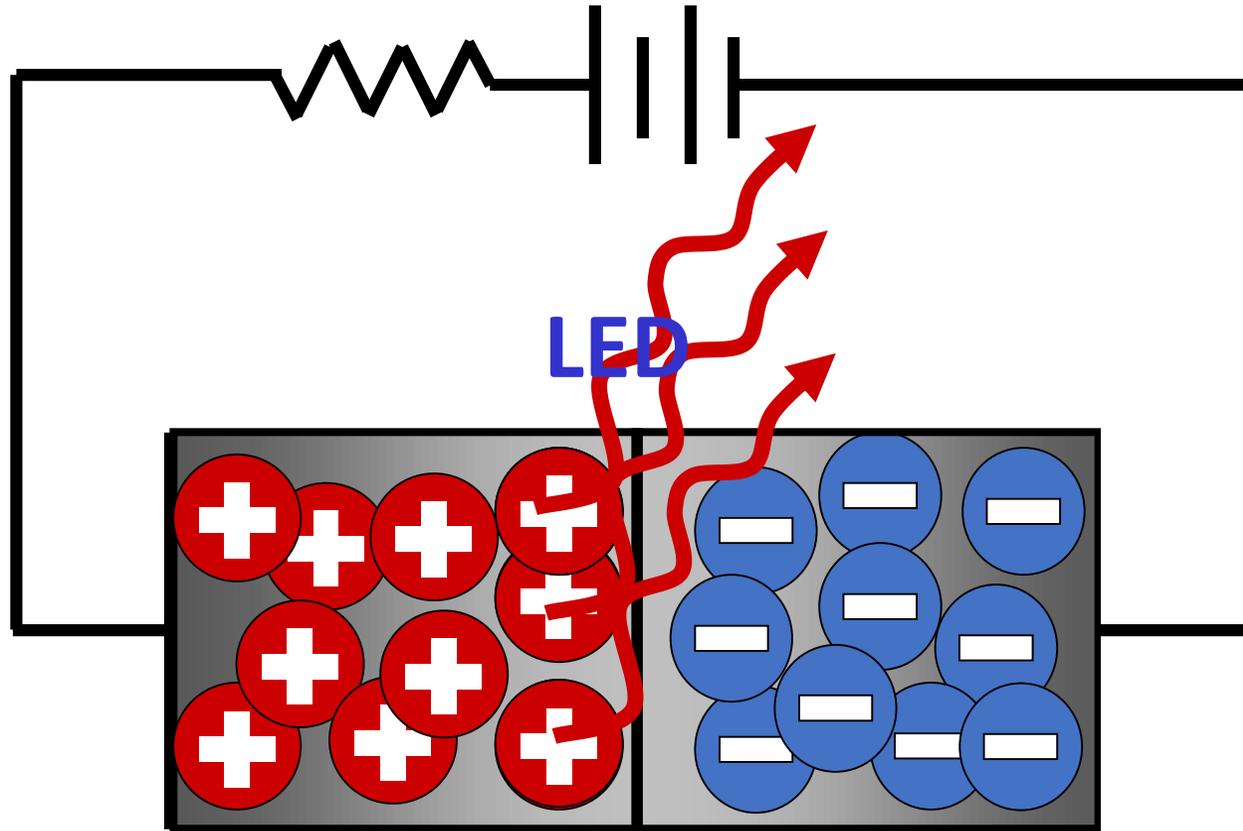
Diodo como proteção de sobretensão



Diodos de supressão transiente podem ser utilizados com cargas indutivas

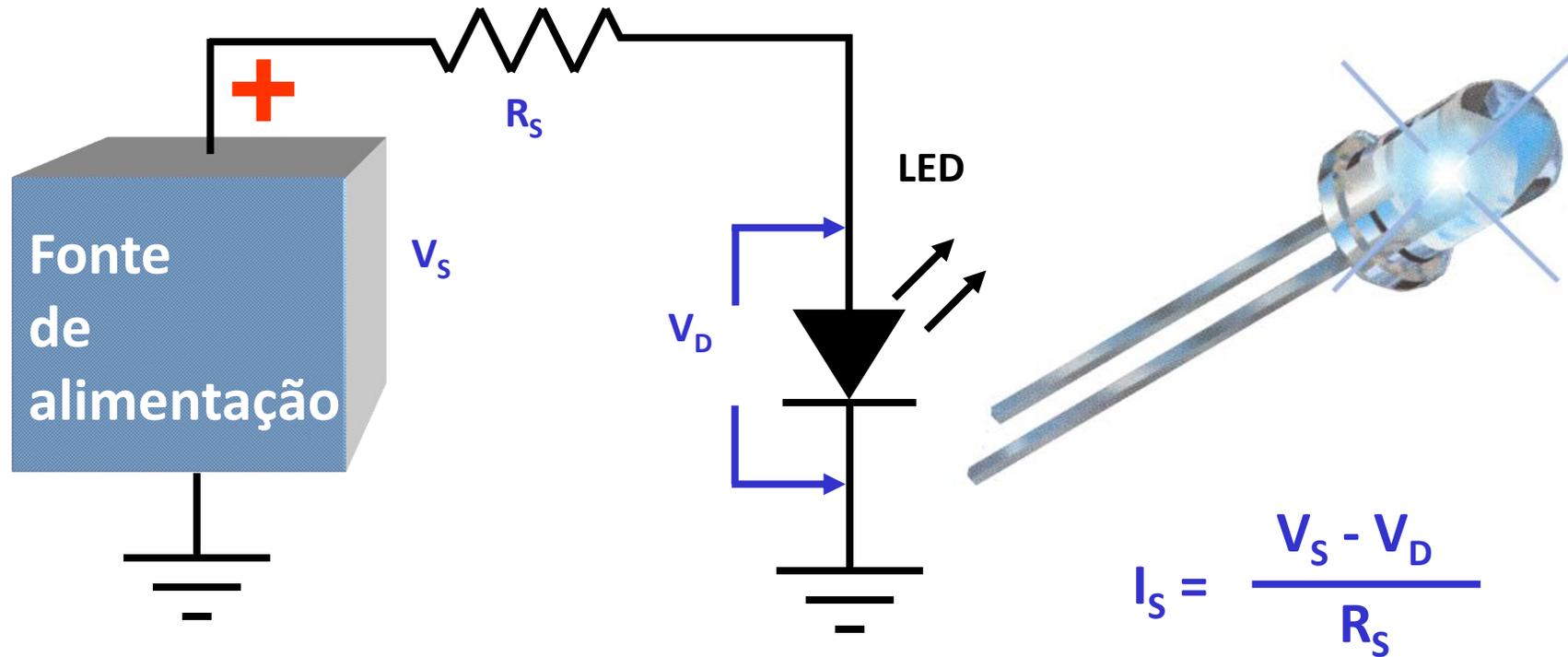


Diodo emissor de luz (LED)

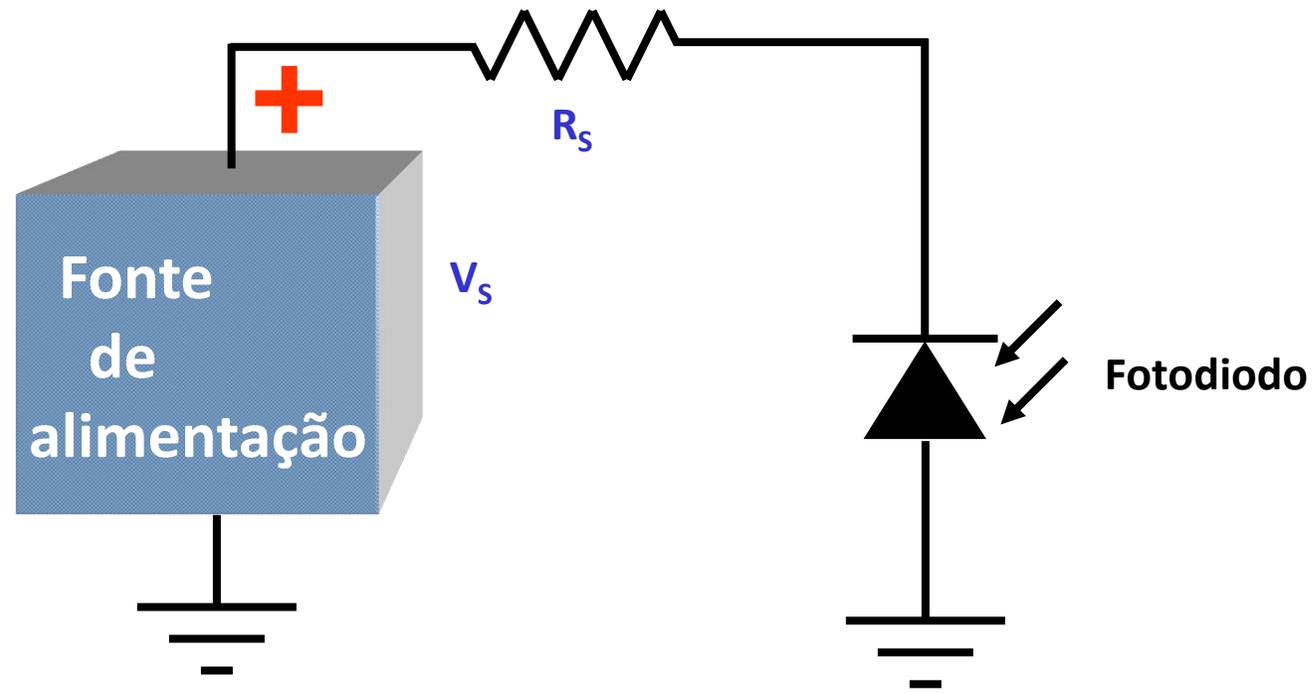


À medida que os elétrons livres atravessam a junção,
perdem energia na forma de fótons

circuito de LED



A típica queda de tensão para a maioria dos LED é de 1,5 to 2,5 V



Fotodiodos tem polaridade reversa e conduzem em presença de luz.

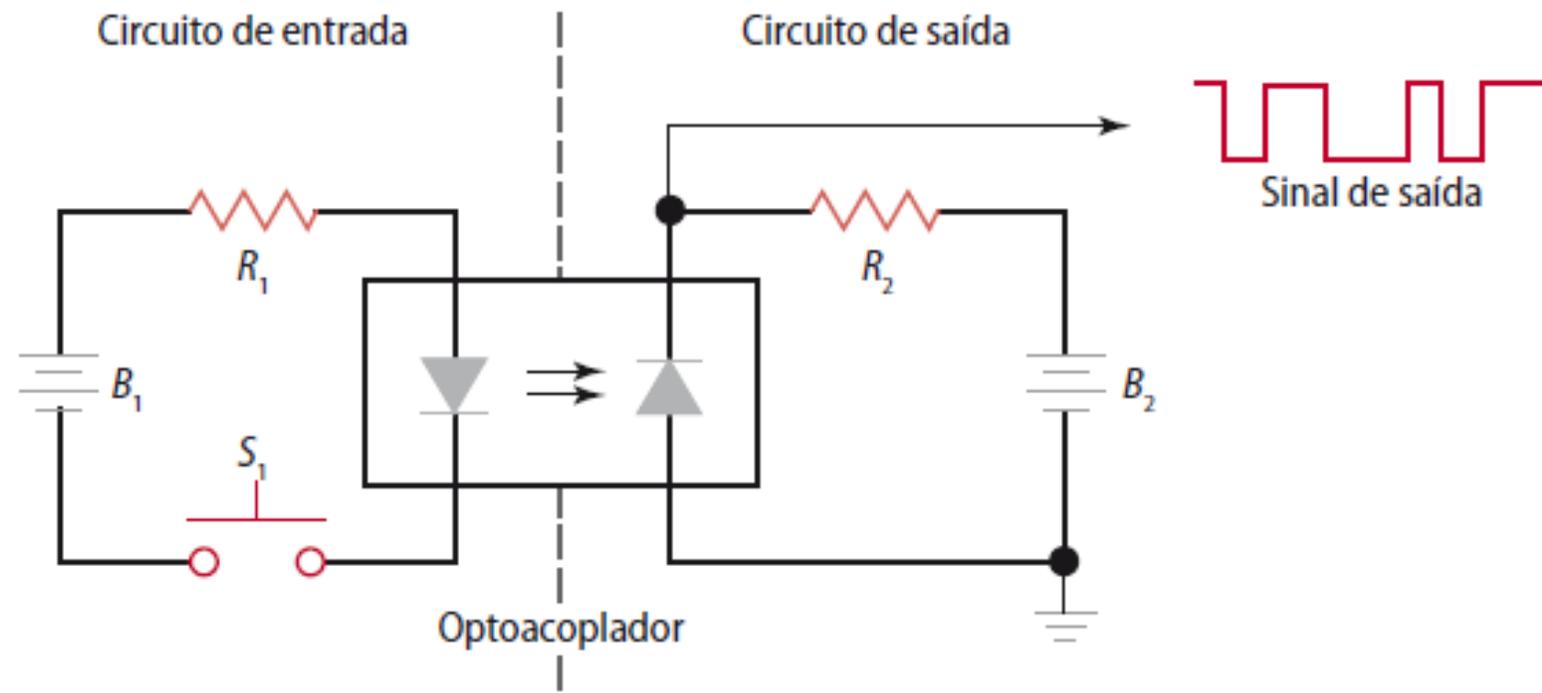


Figura 3-30 Circuito optoacoplador.

Quiz sobre aplicação de diodos

Um circuito usado para controlar a amplitude de um sinal é o grampeador.

Um circuito usado para adicionar um componente de CC a um sinal é o grampo.

Um dispositivo que contenha um LED e um foto-diodo é optoacoplador.

Um diodo de atenuação mostra menos capacidade enquanto a polaridade reversa aumenta.

Um dispositivo frequentemente usado para regular a voltagem é o diodo zener.

Revisão

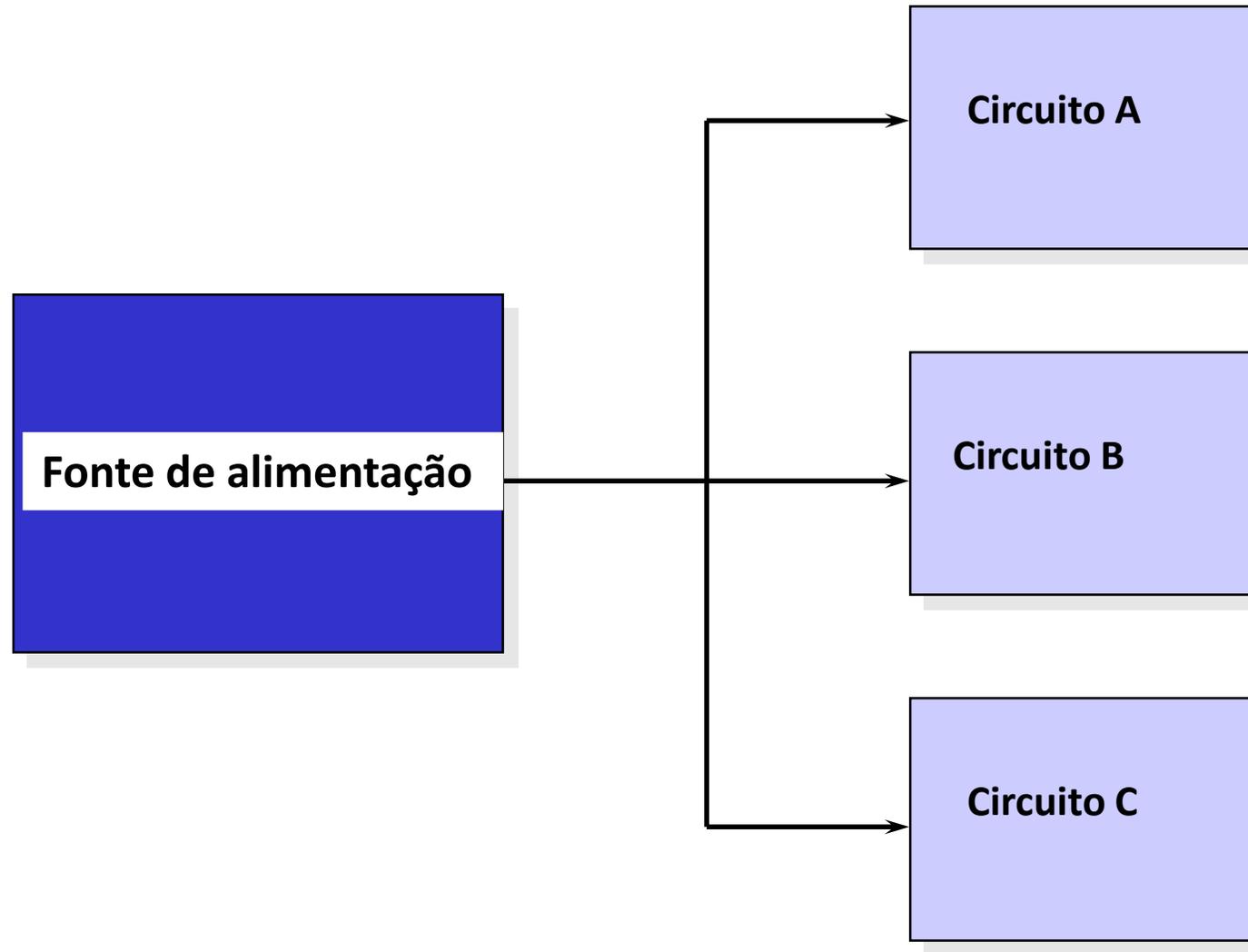
- A junção PN
- Curvas características dos diodos
- Identificação dos terminais do diodo
- Tipos de diodo e suas aplicações

Aplicação de diodo retificador em fonte de alimentação

Fonte de tensão regulada

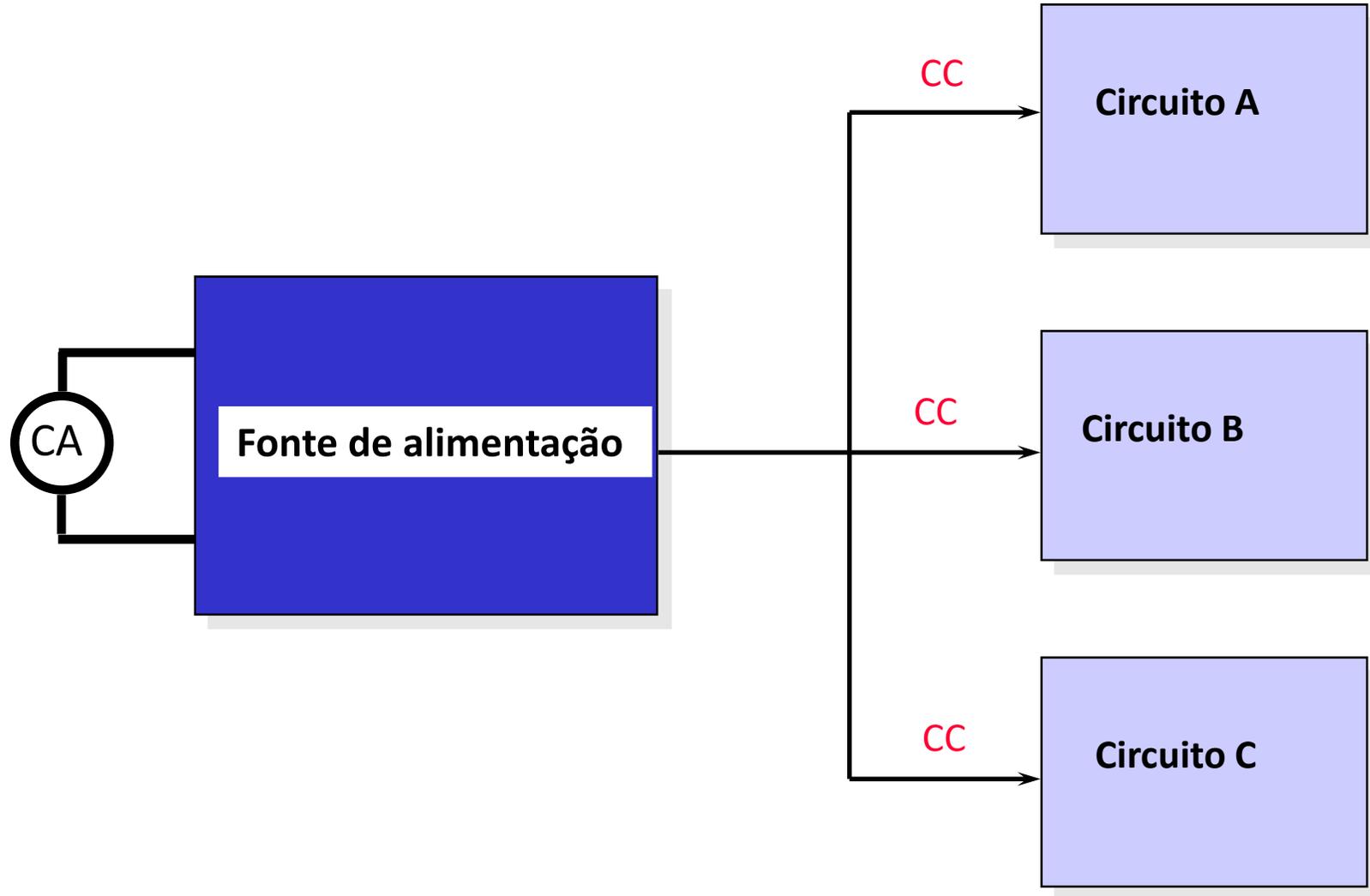
- A fonte de alimentação
- Retificação
- Retificação de onda completa
- Conversão de valores rms para valores médios
- Filtros
- Multiplicadores de tensão
- Ondulação e regulação
- Reguladores zener

A fonte de alimentação fornece energia aos outros circuitos em um sistema.

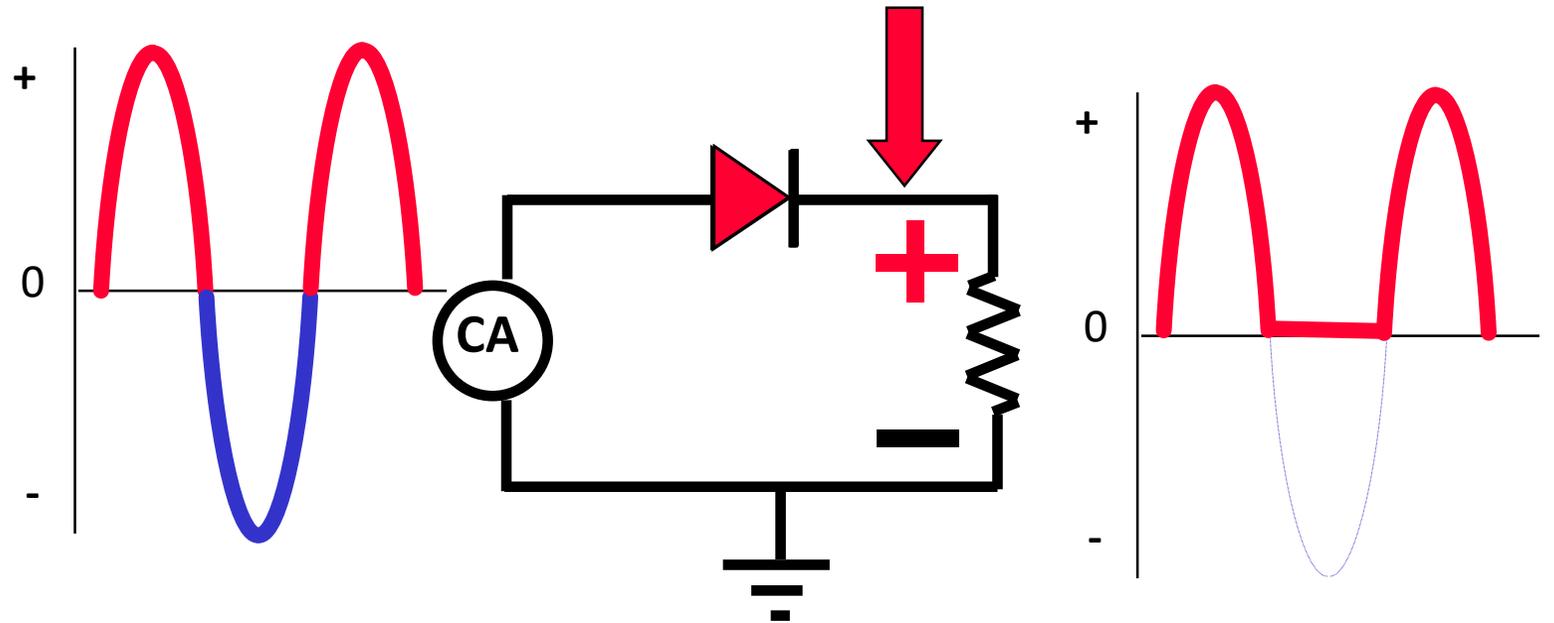


Portanto, um defeito na fonte de alimentação vai afetar os outros circuitos.

A maior parte das fontes de linha mudam de CA para CC.

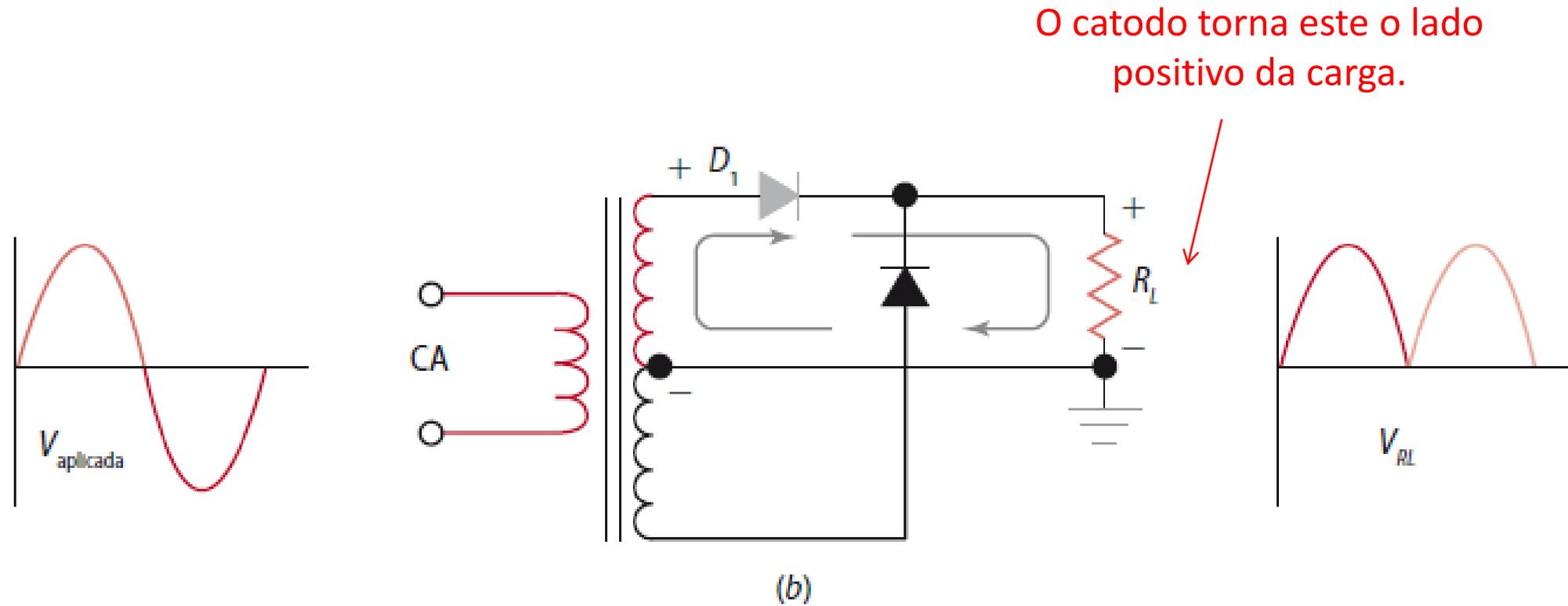


O catodo torna este o lado positivo da carga.



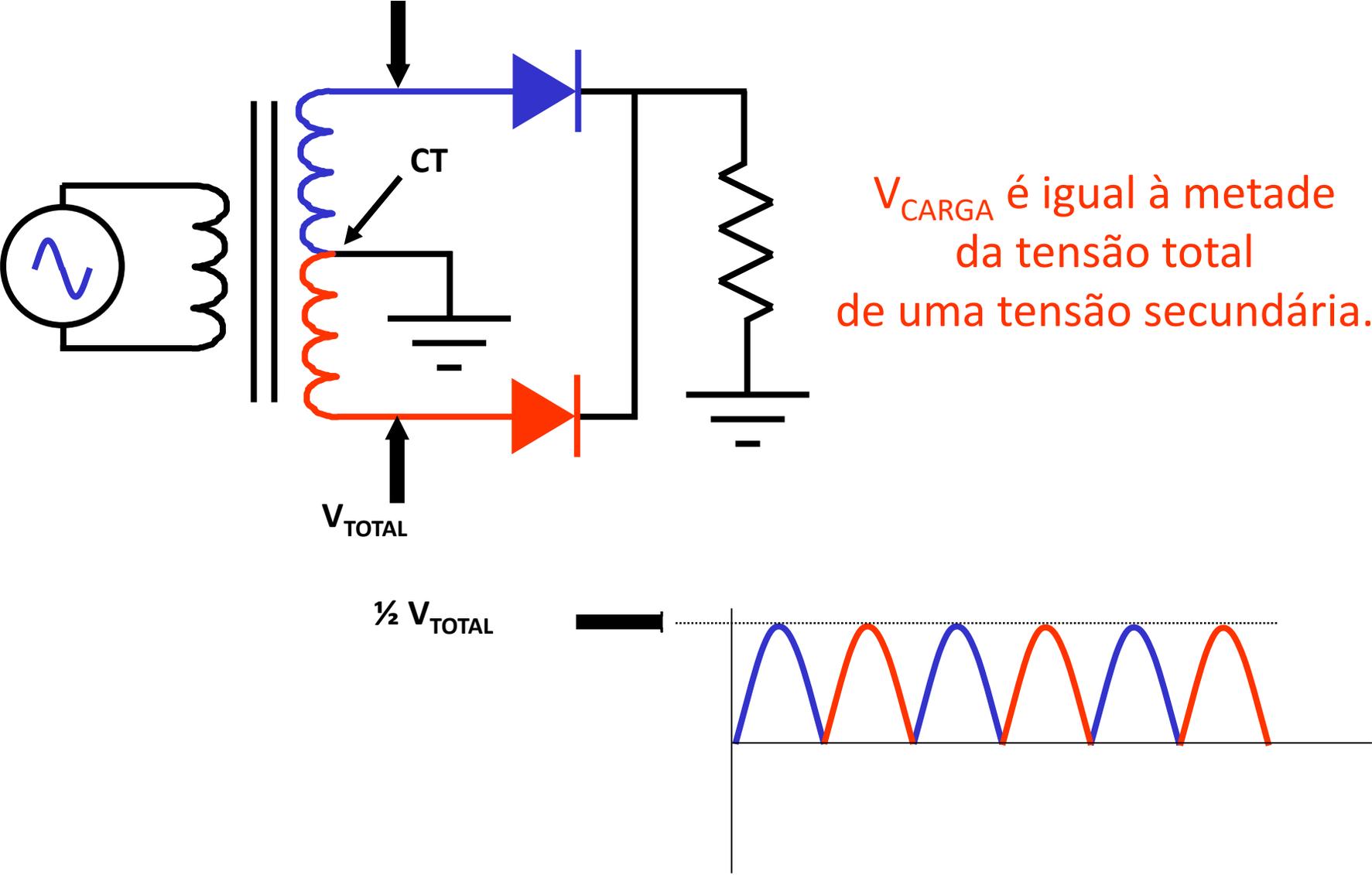
CC pulsador de meia onda

Um diodo retificador em série muda de CA para CC.



Dois diodos e um transformador providenciam retificação de onda completa.

Apenas metade do transformador secundário conduz a cada vez.



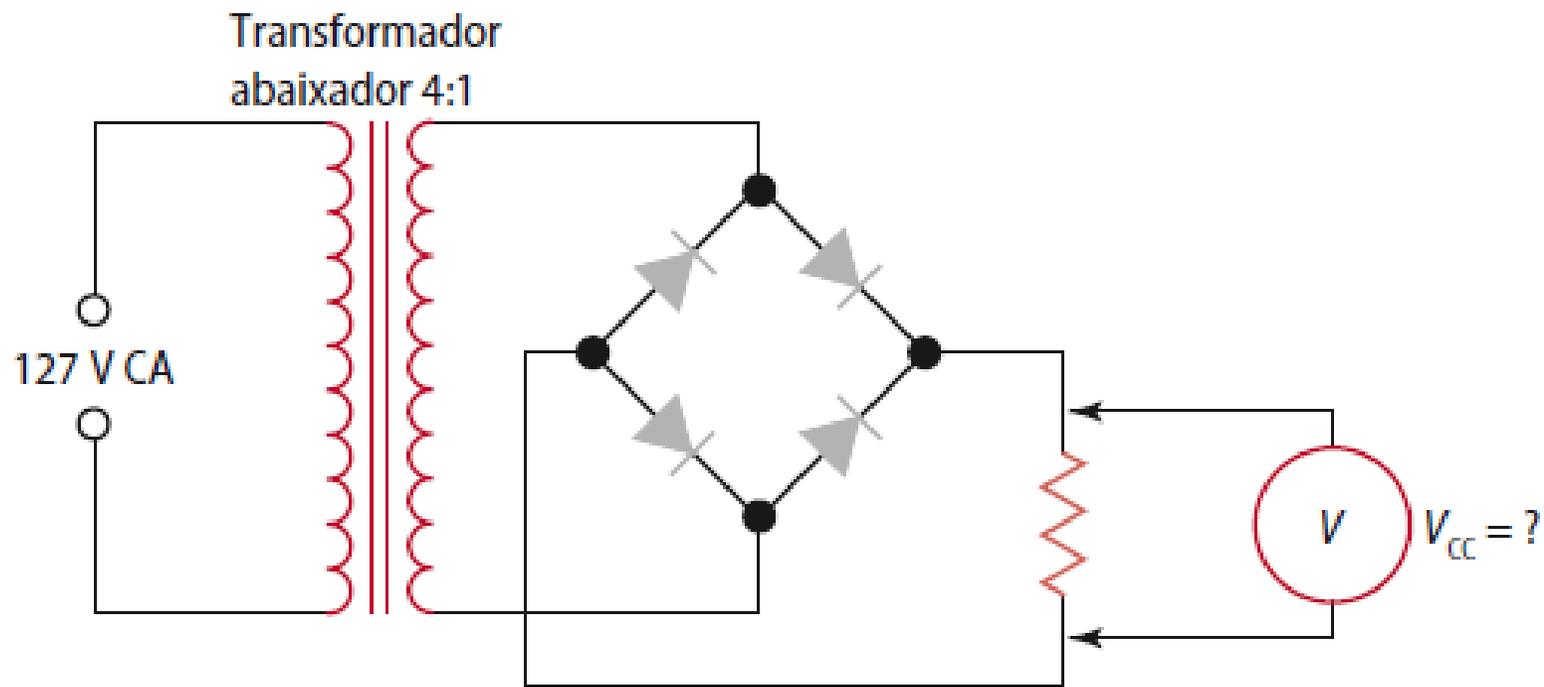
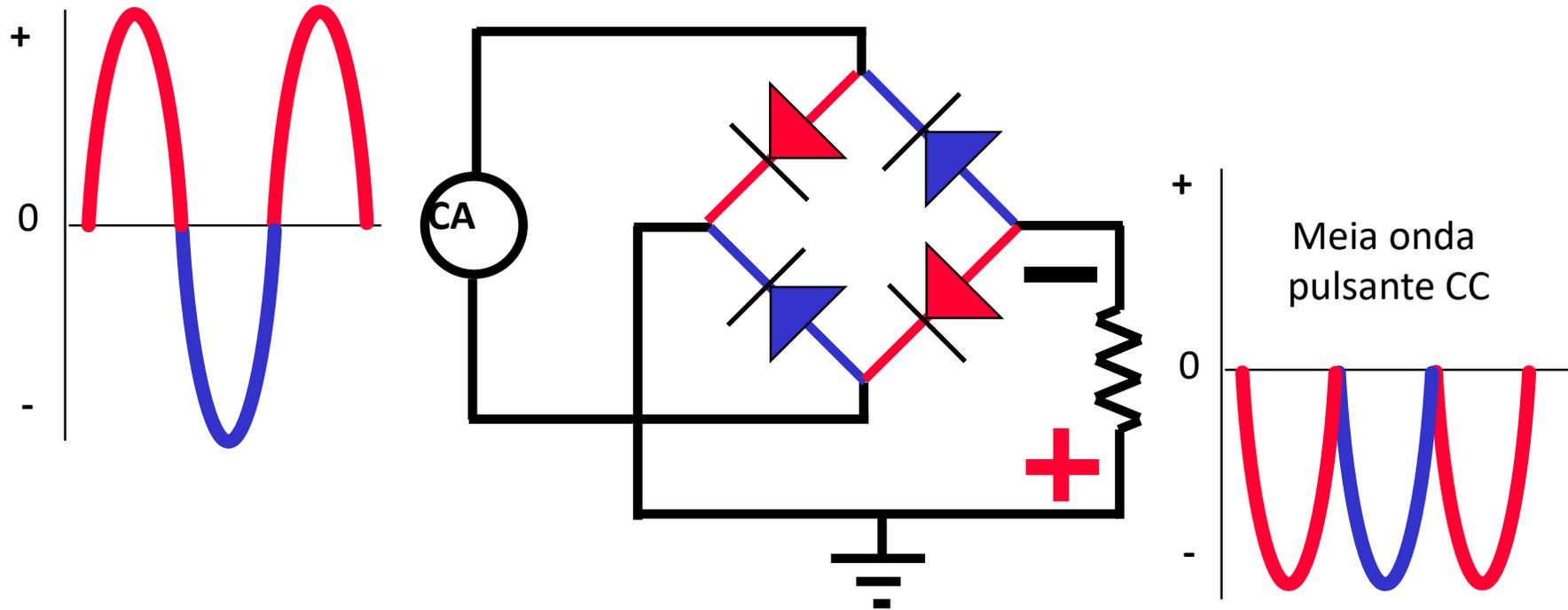


Figura 4-13 Calculando a tensão CC em um circuito retificador de onda completa em ponte.

O circuito ponte de diodo elimina a necessidade de um transformador

Reverter diodos produz uma fonte de alimentação negativa



Quiz sobre fontes de alimentação

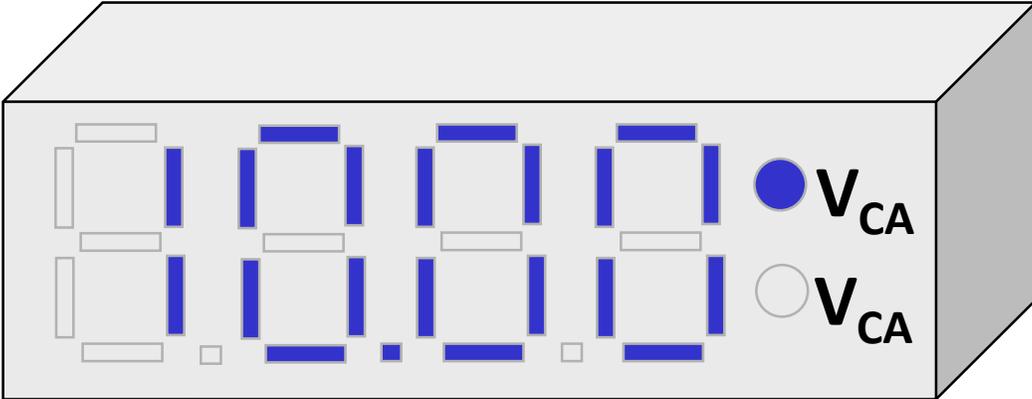
A maior parte das fontes de alimentação mudam de CA para CC.

Um diodo único alcança retificação de meia onda.

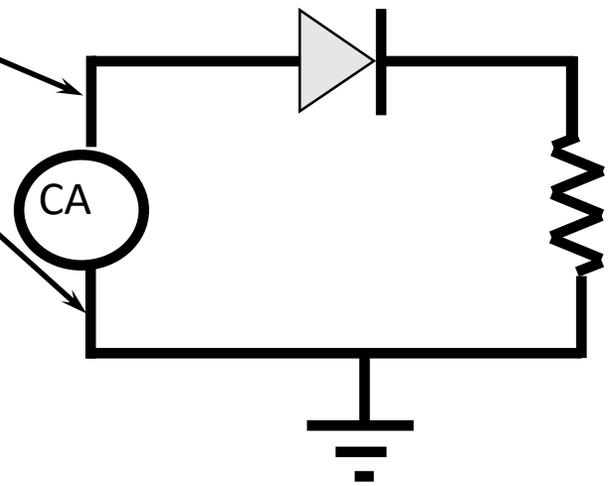
Dois diodos e um transformador com *tap* central propiciam retificação de onda completa.

Um retificador ponte usa quatro diodos.

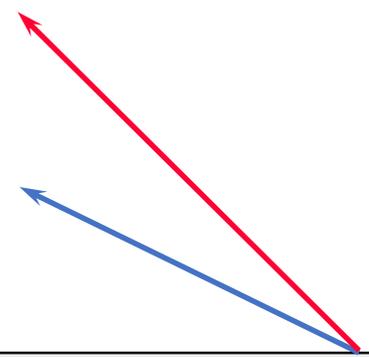
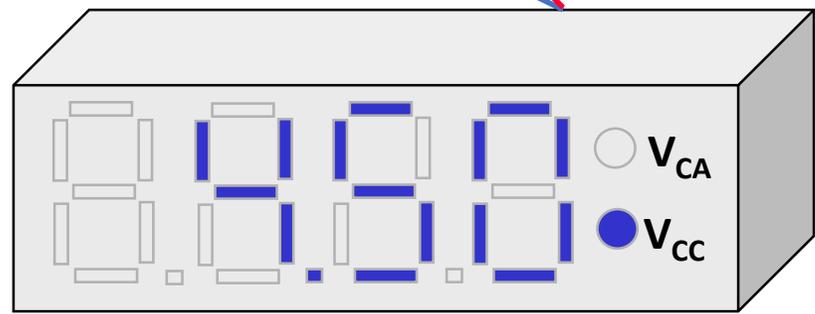
O lado positivo da carga é o lado em contato com os catodos do diodo.

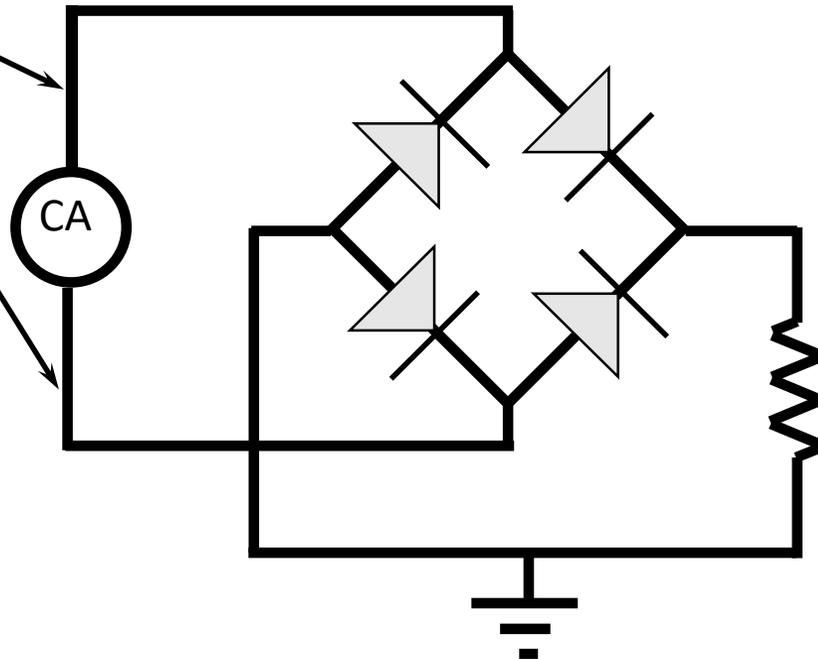
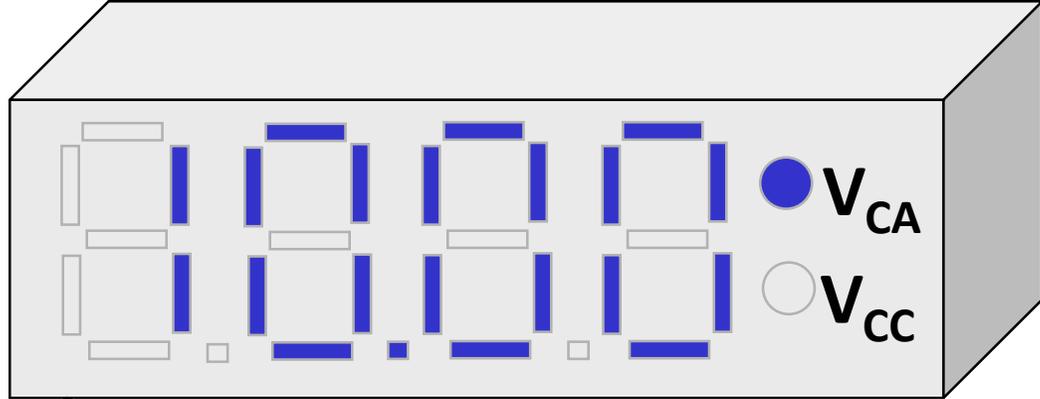


Ignorando perda de diodo.
O CC médio é 45%
da entrada de CA para
meia onda.

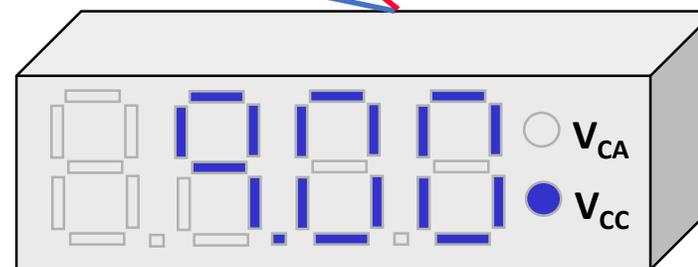


Convertendo rms
para valores médios

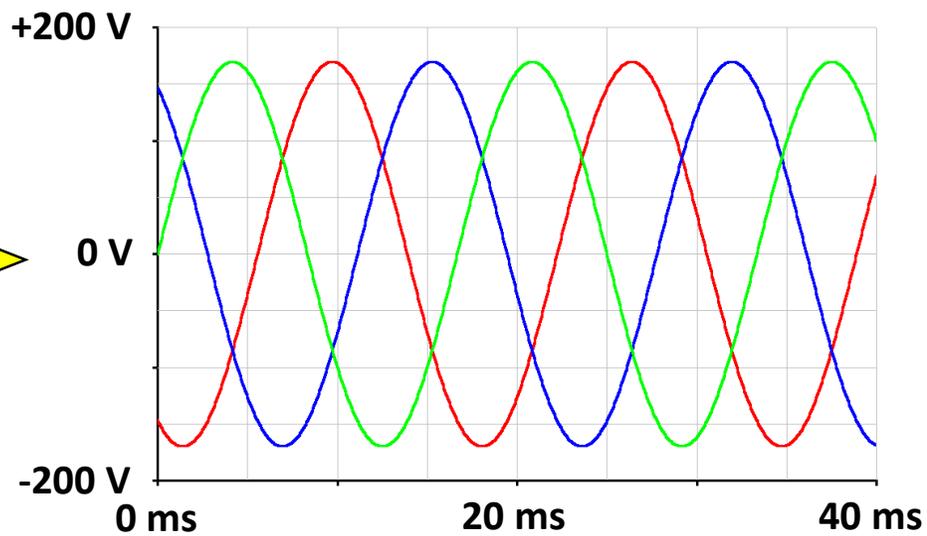
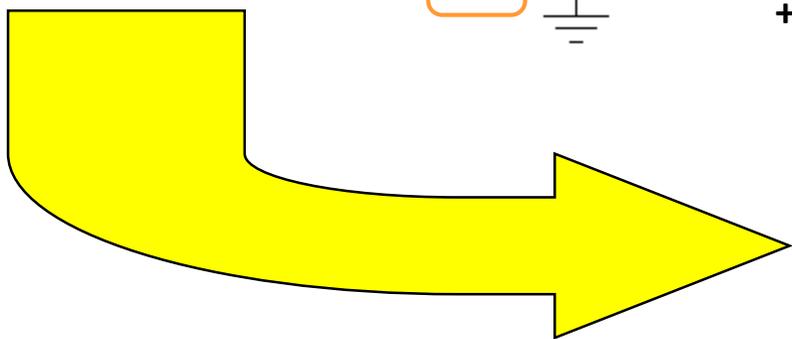
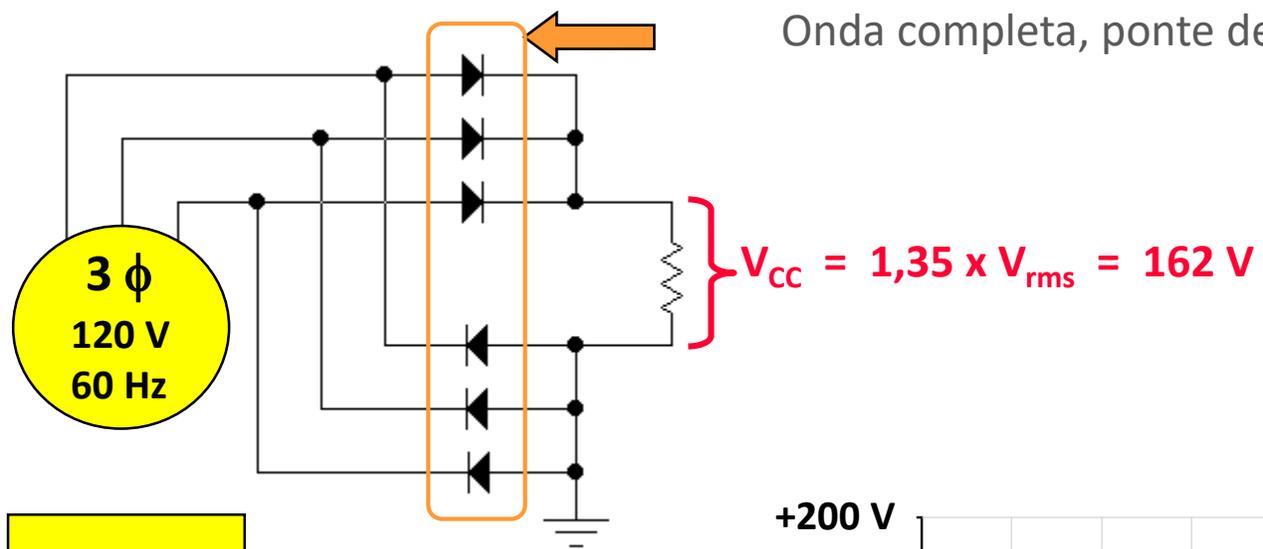




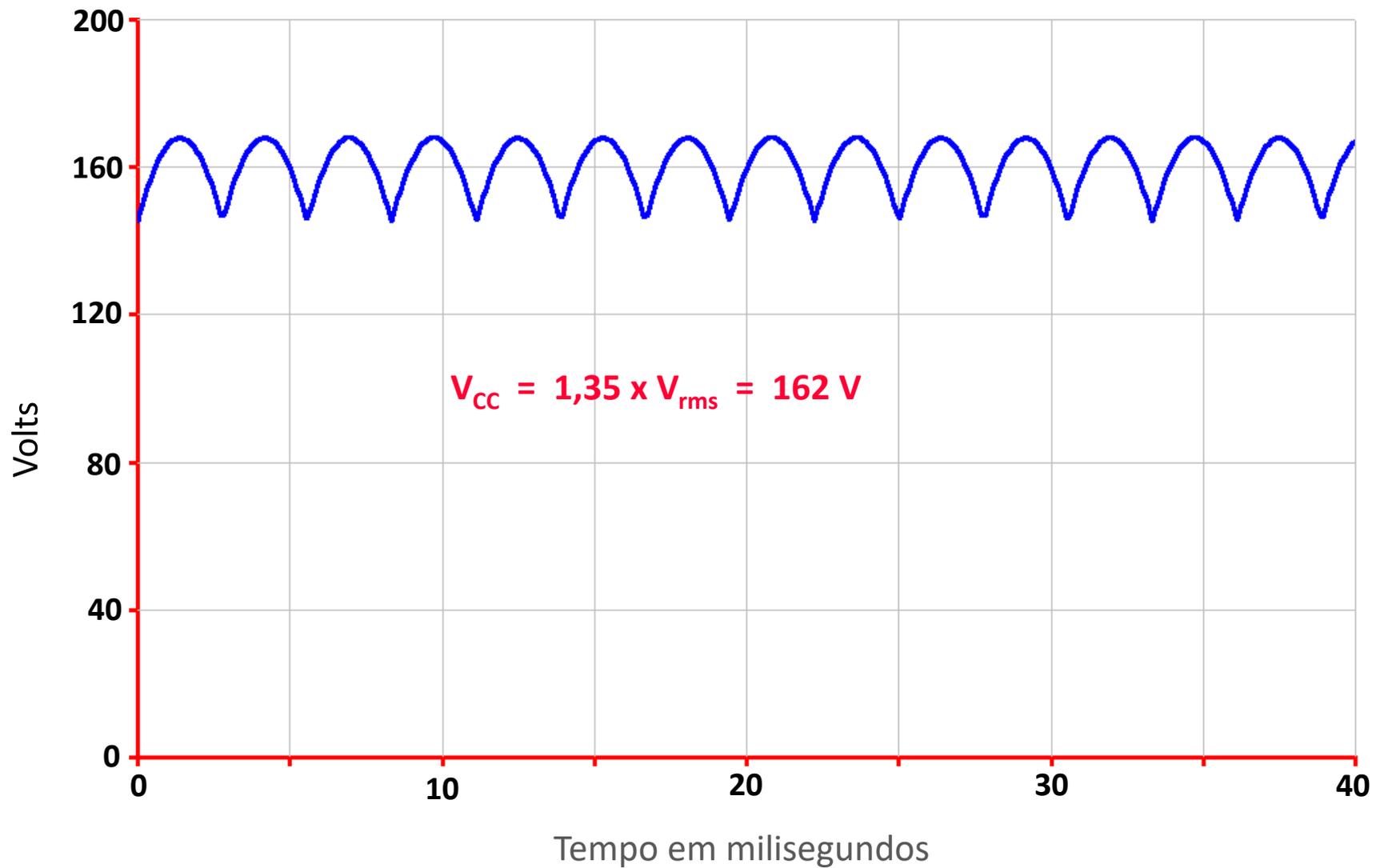
Ignorando perda de diodo.
O CC médio é 90%
da entrada de CA para
onda completa.



A retificação trifásica é usada em aplicações comerciais, industriais e automobilísticas.



Saída de retificador trifásico



Quiz sobre tensão média de CC

A tensão média de CC com meia onda é igual a 45% da tensão de CA.

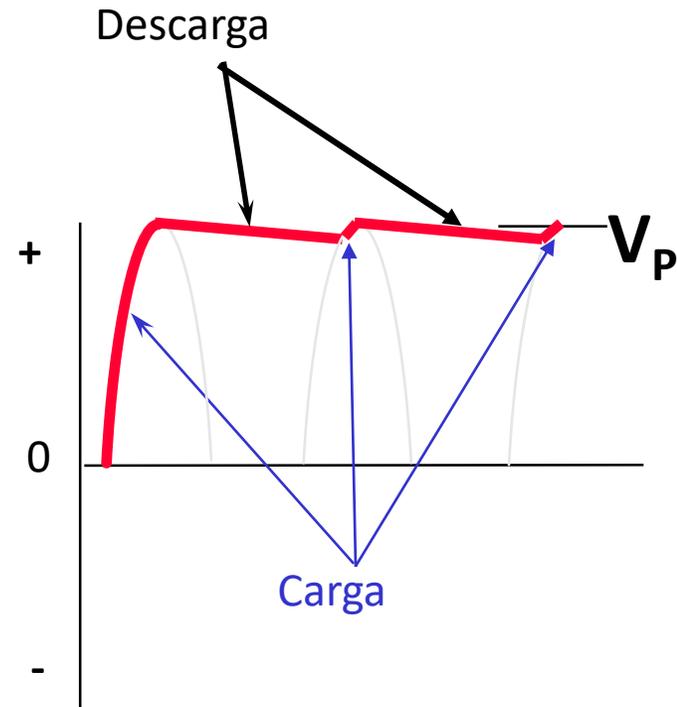
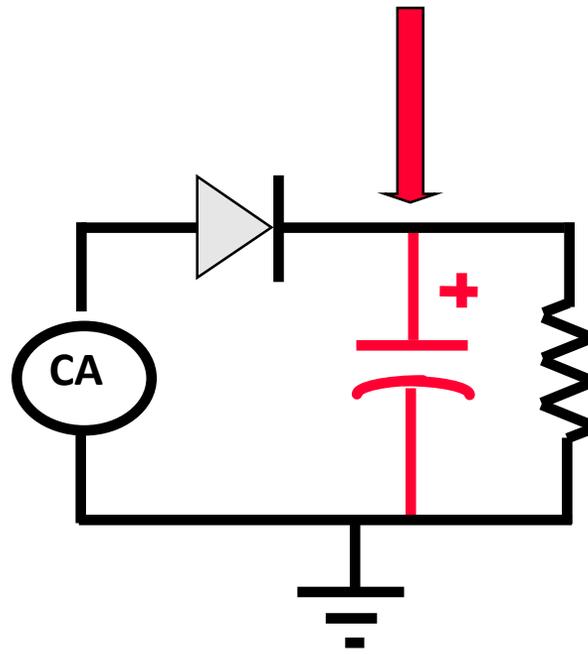
A tensão efetiva de CA em um retificador de onda completa e dois diodos é metade da tensão secundária.

A tensão média de CA em um retificador de onda completa é 90% da tensão efetiva de CA.

A tensão média de CC com um retificador ponte é igual a 90% da tensão de CA.

A tensão média de CC com um retificador ponte 3 f é igual a 135% da tensão de CA.

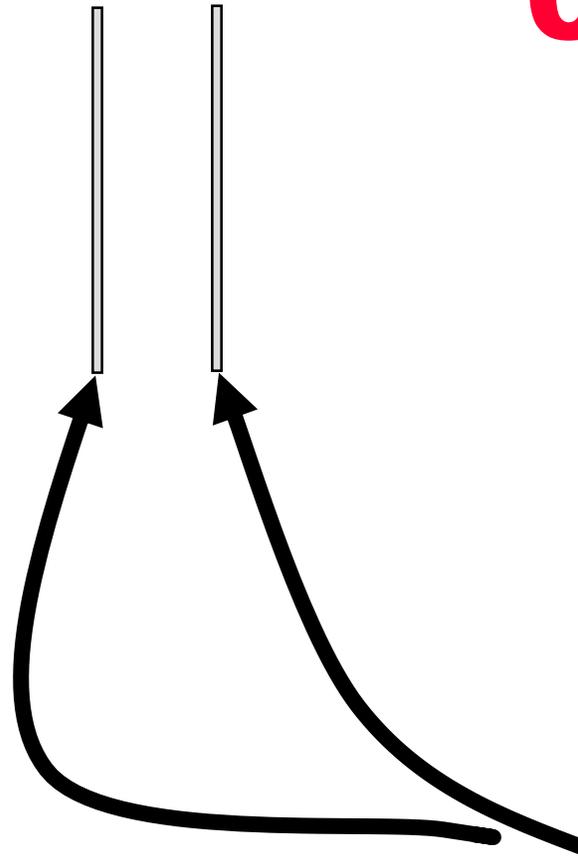
Capacitor filtro



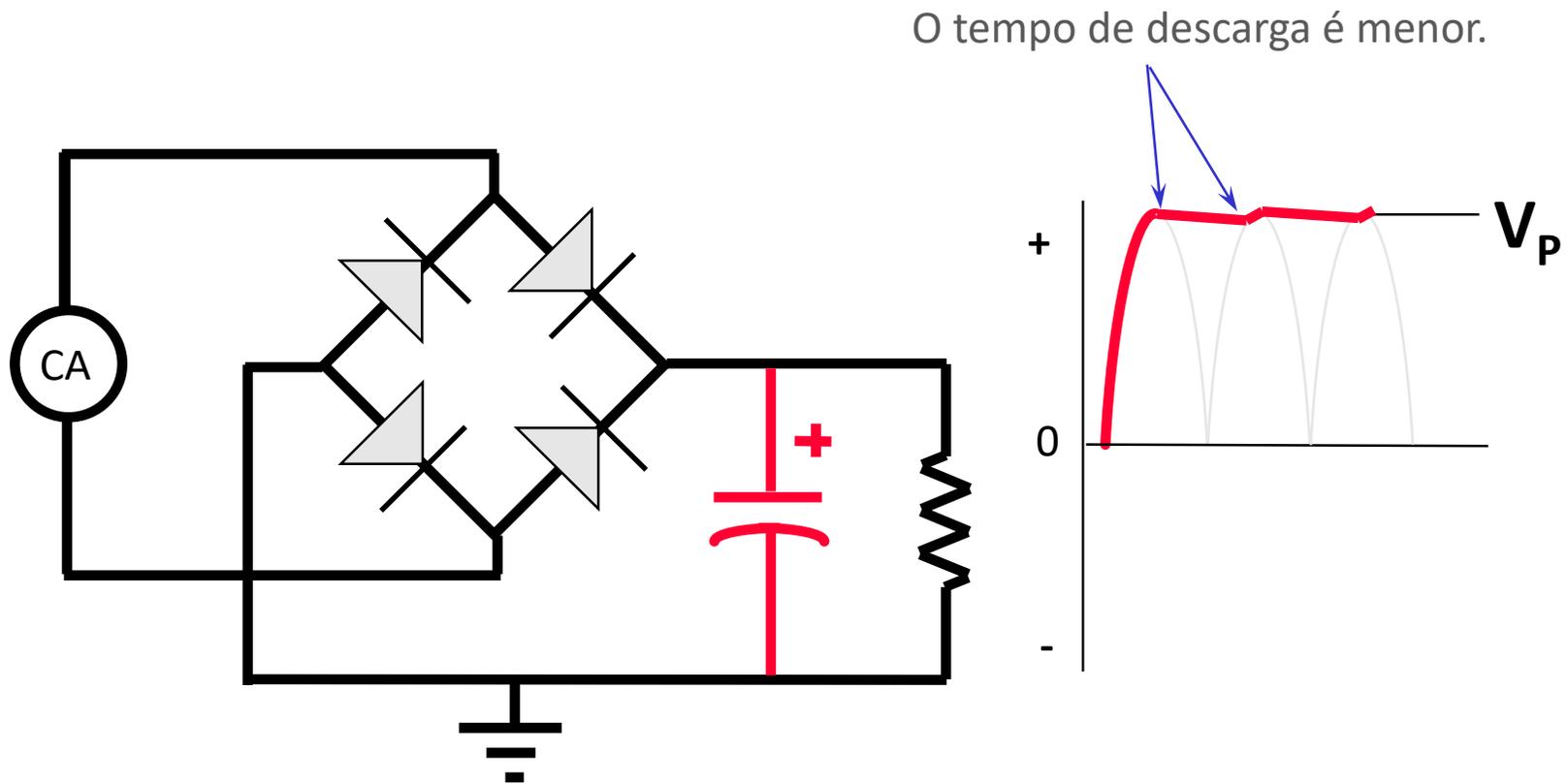
Um capacitor filtro relativamente grande manterá a tensão de carga próxima ao valor pico da curva.

Capacitores filtro precisam ter uma baixa ERS para efetivamente eliminar a ondulação de CA.

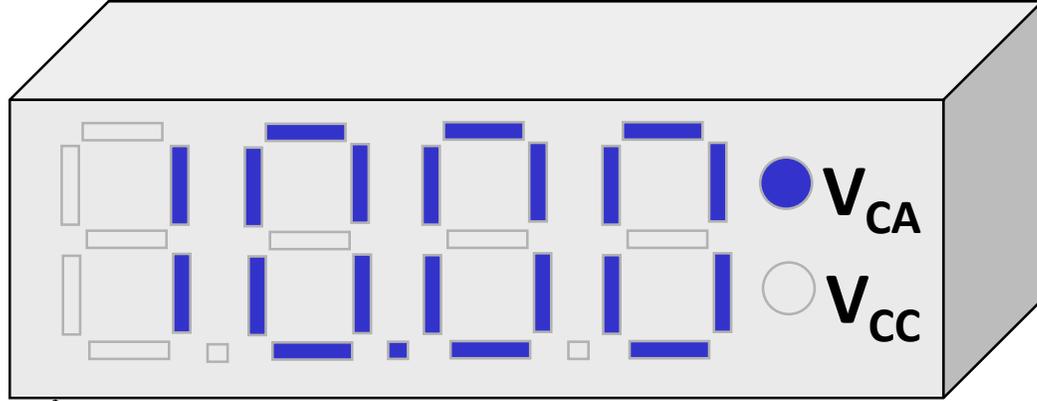
0,04 Ω
é típica para esse capacitor.



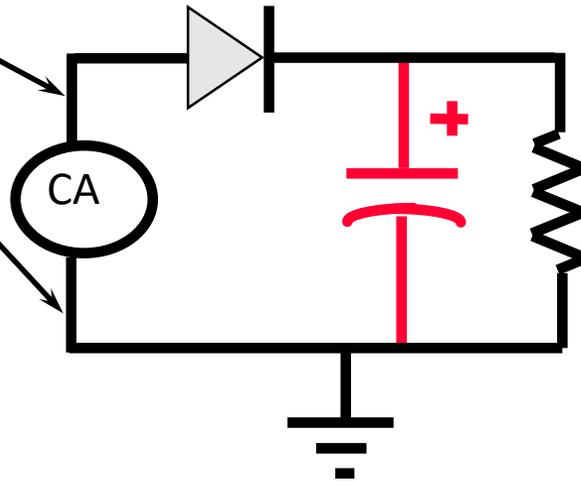
0,04



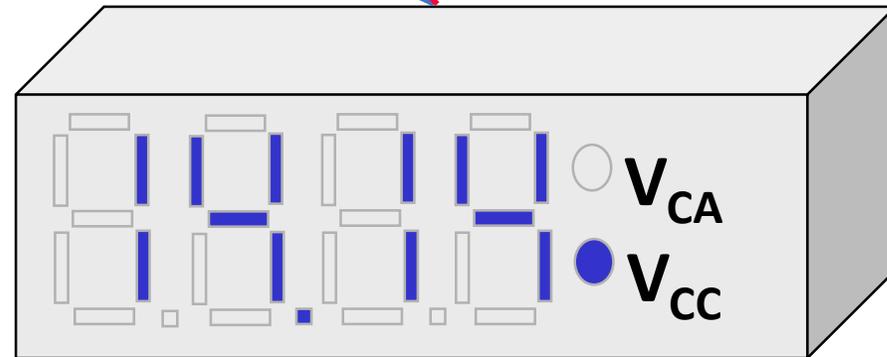
Retificadores de onda completa são mais fáceis de filtrar uma vez que o tempo de descarga é mais curto do que para retificadores de meia onda.

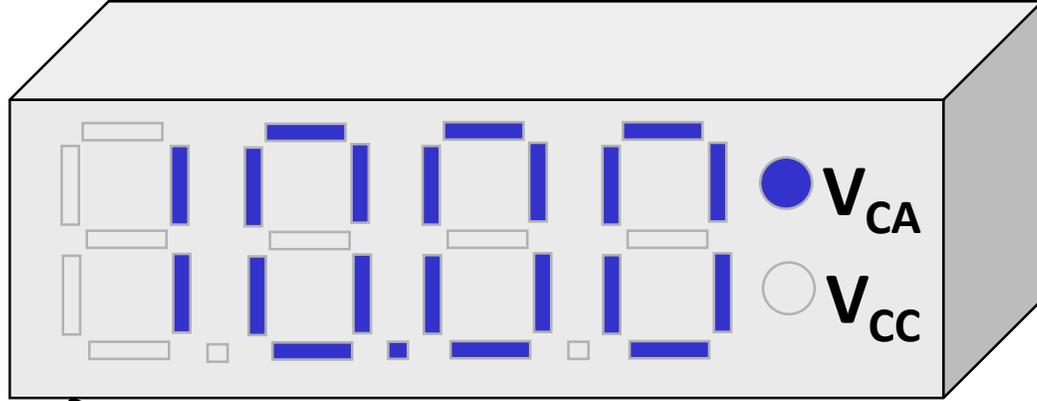


Ignorando perda de diodo e pressupondo um filtro grande, a saída de CC é igual ao valor de pico tanto para meia onda e onda completa.

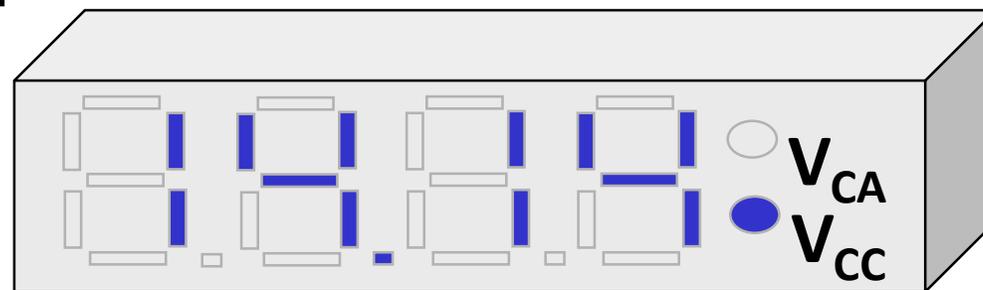
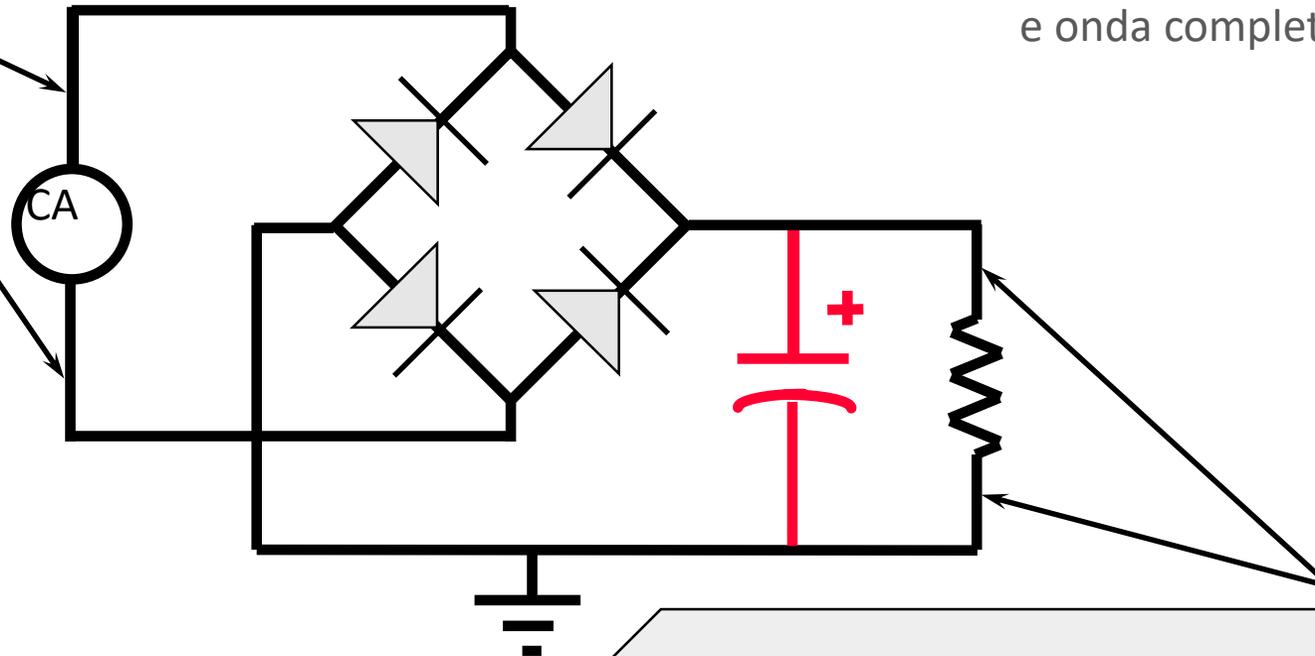


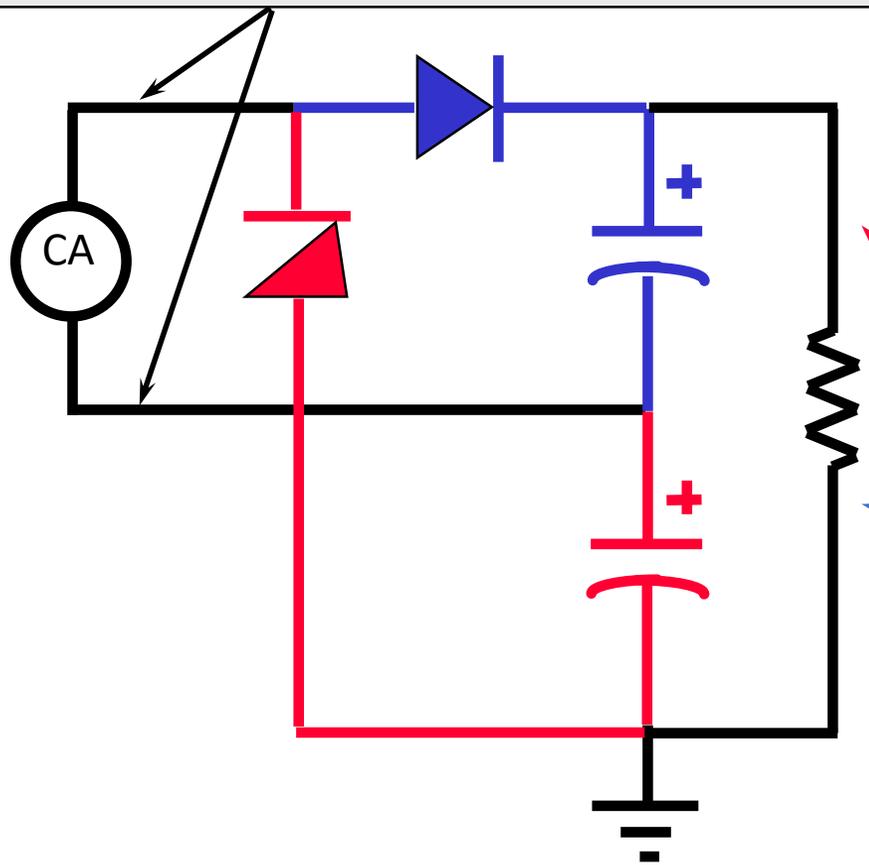
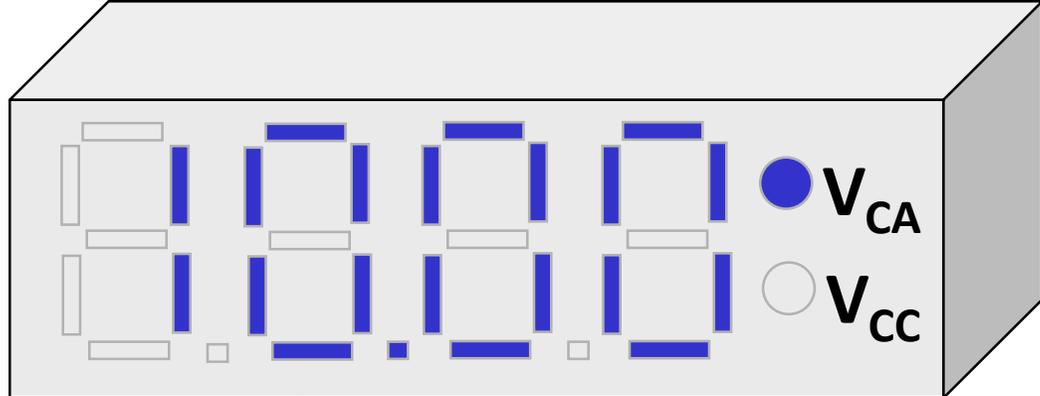
Adicionar um capacitor filtro aumenta a tensão de saída de CC.





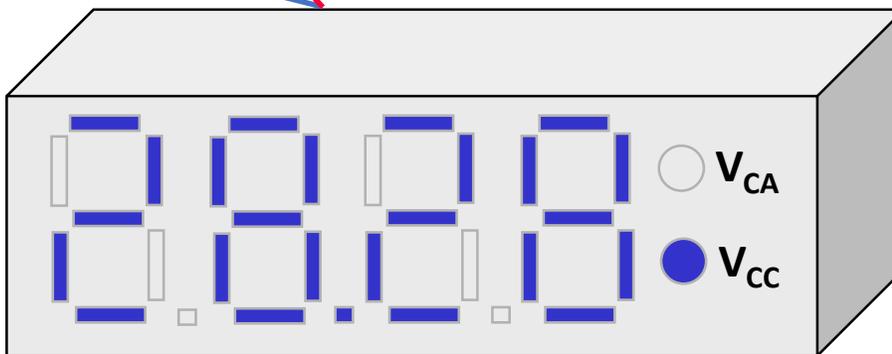
Ignorando perda de diodo e pressupondo um filtro grande, a saída de CC é igual ao valor de pico tanto para meia onda e onda completa.



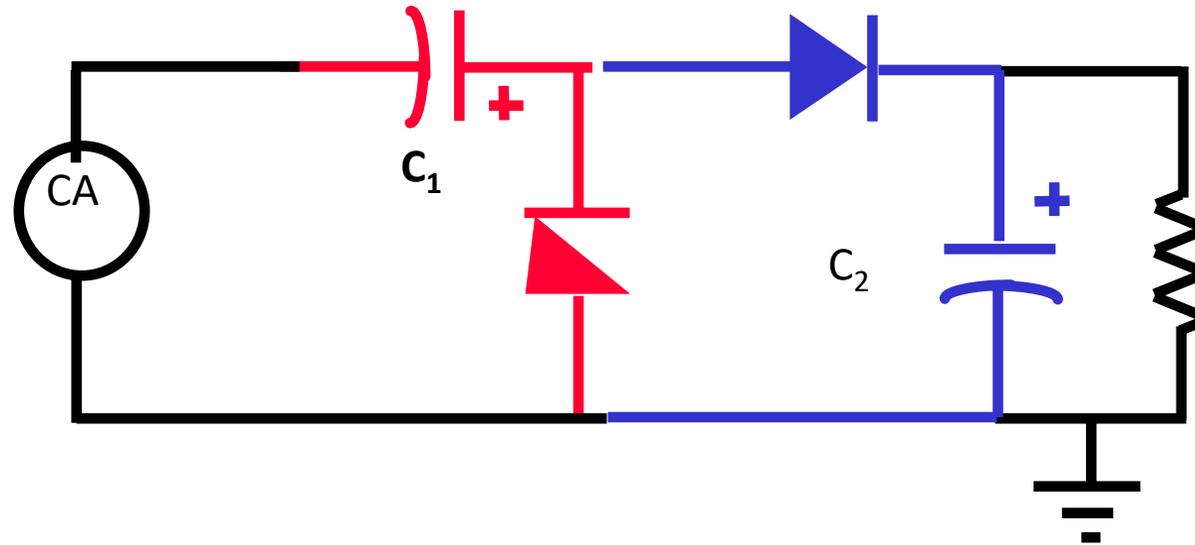


Duplicador de onda completa

Ignorando a perda de diodo e pressupondo filtros grandes, a saída de CC é duas vezes o pico da entrada de CA.



A carga em C_1 adiciona tensão à linha de CA e C_2 recebe carga com o dobro do valor da linha de pico.



Duplicador de tensão de meia onda

Quiz sobre saídas de CC de filtros capacitores

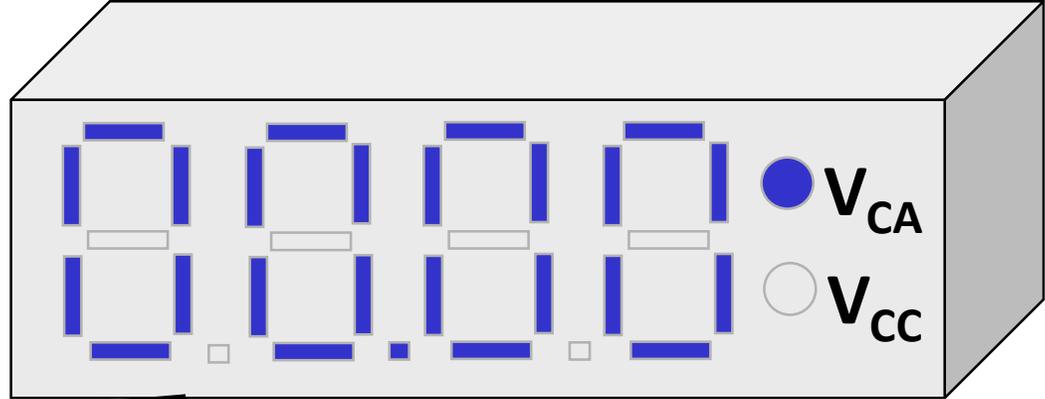
(Ignore perda de diodo e pressuponha uma carga de luz para esse quiz.)

A saída de CC em uma fonte de meia onda filtrada é 141% da entrada de CA.

A saída de CC em uma fonte de onda completa filtrada é 141% da entrada de CA.

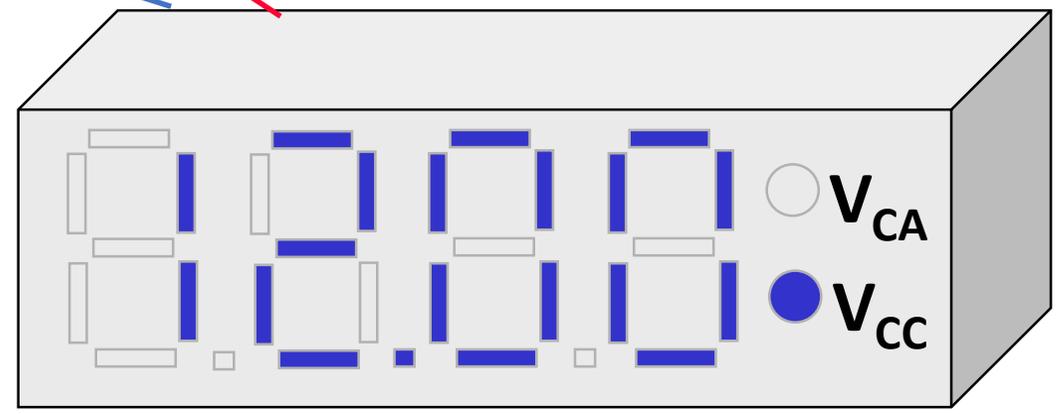
A saída de CC em um duplicador de meia onda filtrada é 282% da entrada de CA.

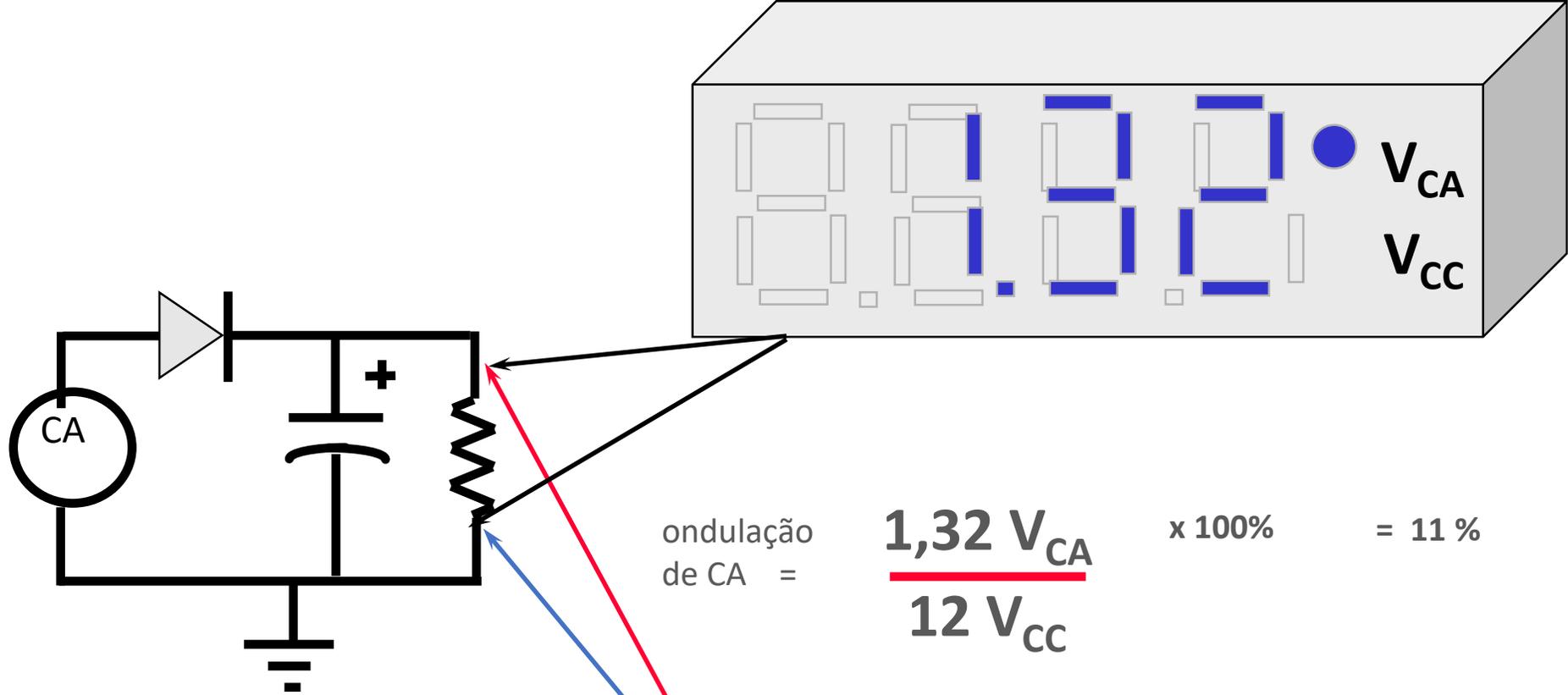
A saída de CC em um duplicador de onda completa filtrada é 282% da entrada de CA.



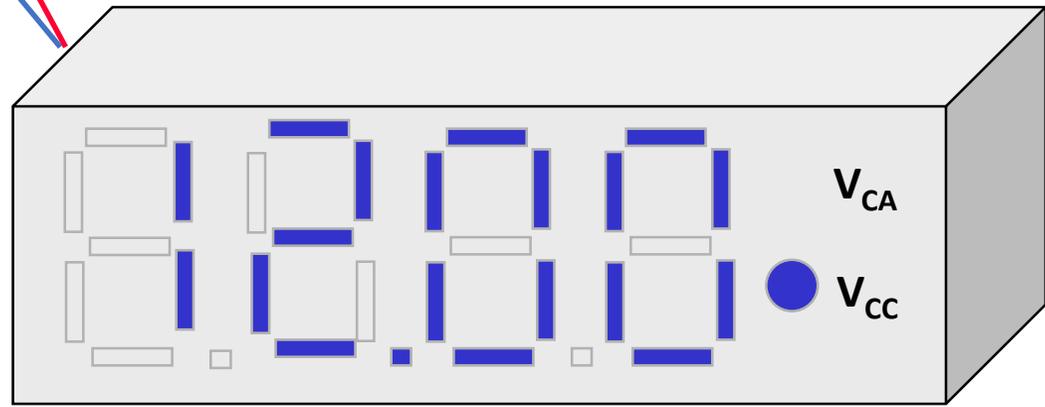
Um fonte de alimentação CC ideal
não tem ondulação de CA.

Ondulação de CA = 0%

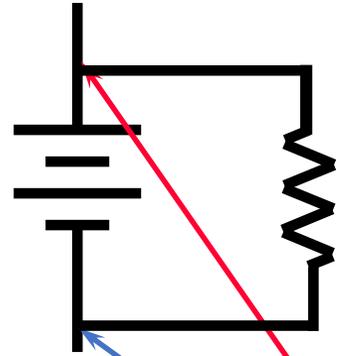




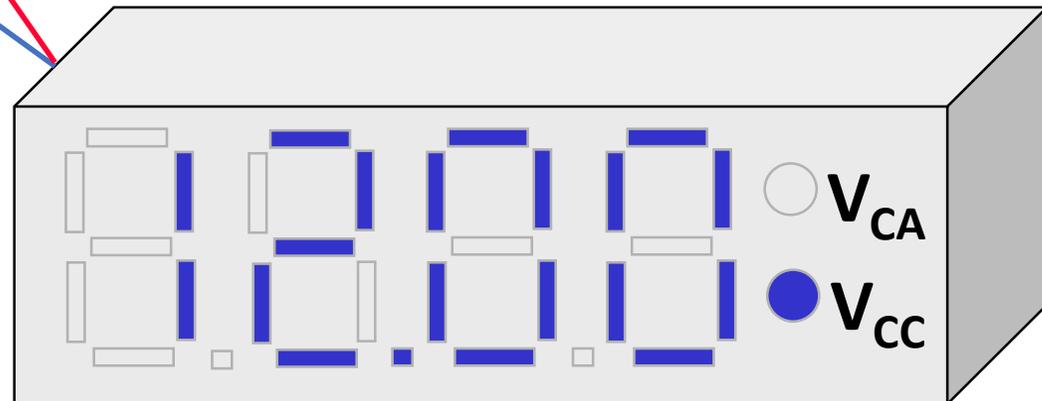
Fontes de alimentação real tem certa ondulação de CA.

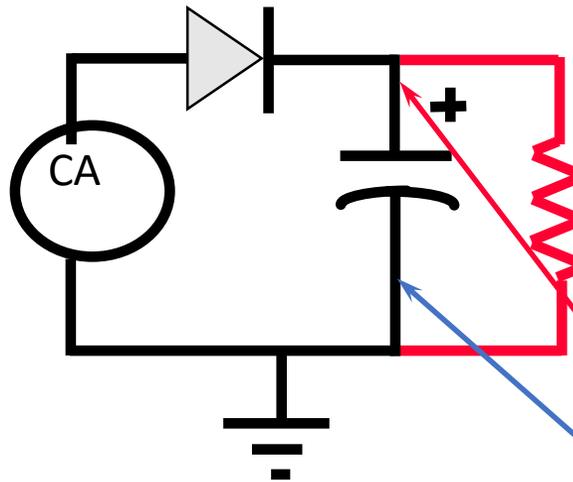


Uma fonte de alimentação ideal possui
regulação de tensão perfeita.



A tensão não muda.





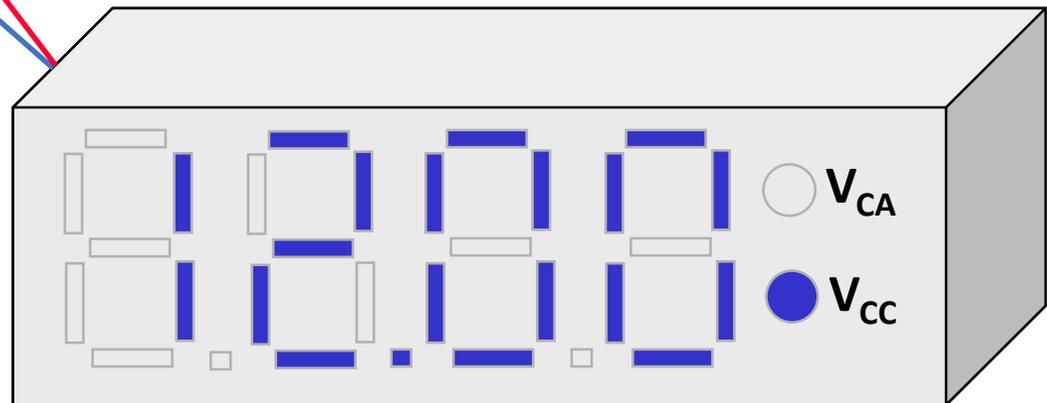
Regulação de tensão =

$$= \frac{\Delta V}{V_{FL}} \times 100\%$$

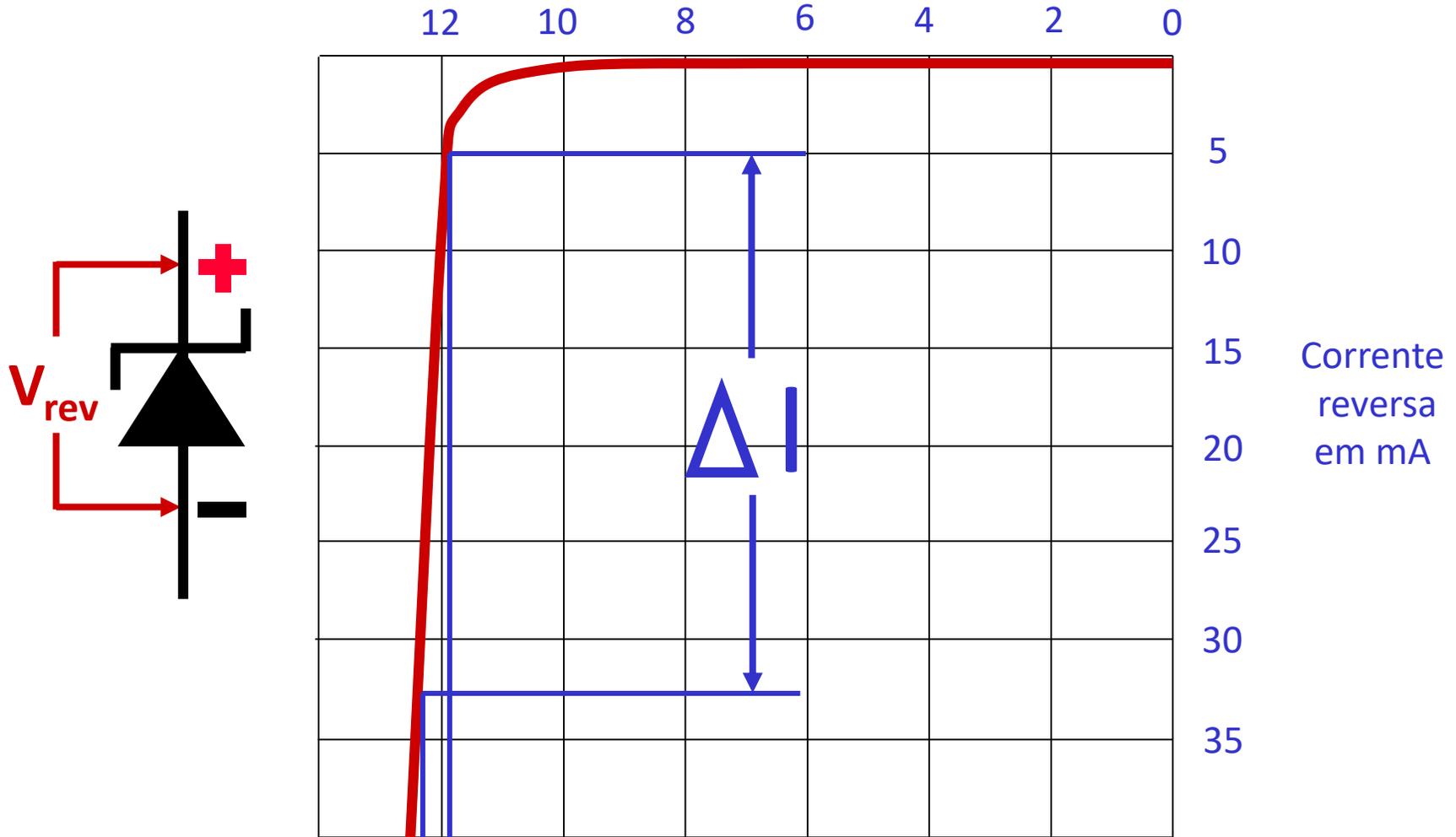
$$= \frac{1\text{ V}}{12\text{ V}} \times 100\%$$

$$= 8,33\%$$

A saída de uma fonte real cai sob a carga.



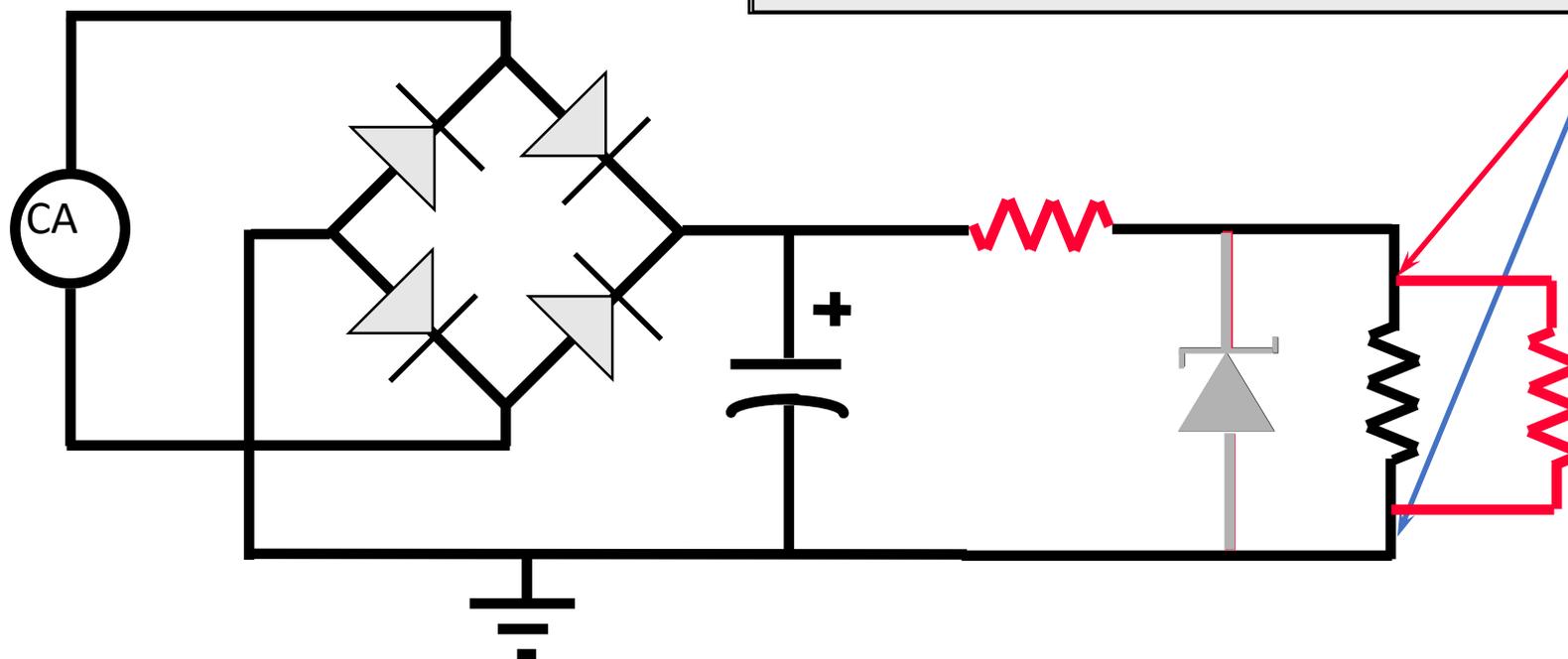
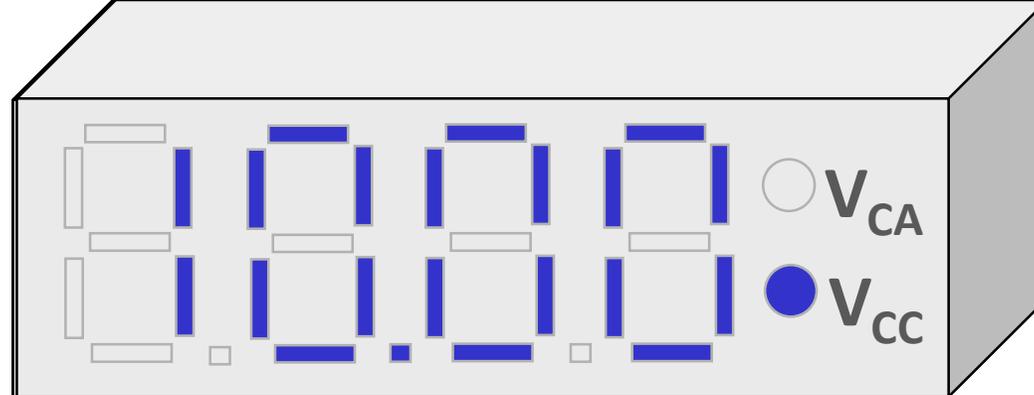
Polarização reversa em volts



ΔV

A tensão através de um zener condutor é relativamente constante.

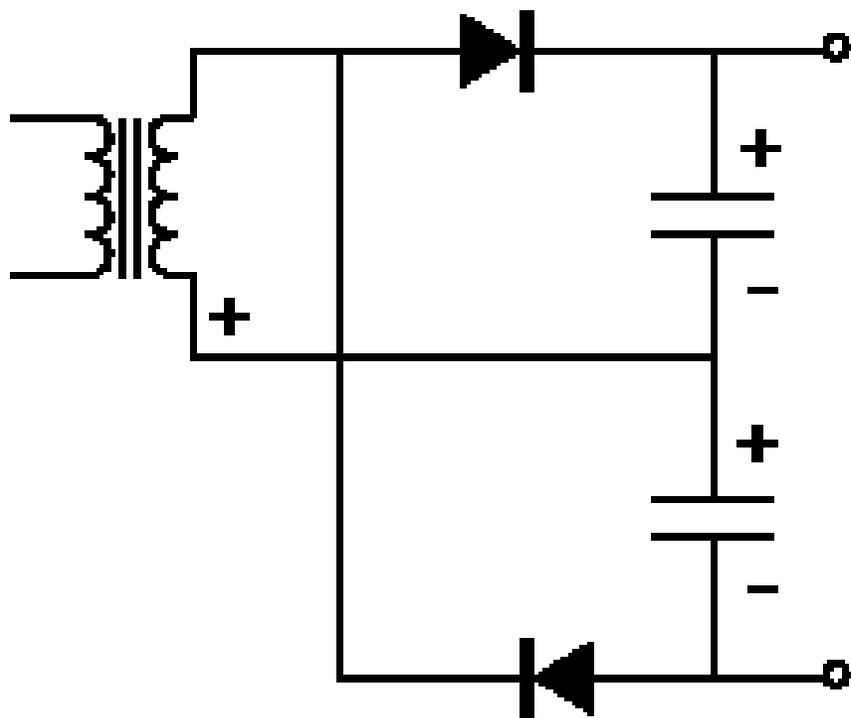
Um diodo zener *shunt* pode ser usado para regular tensão.



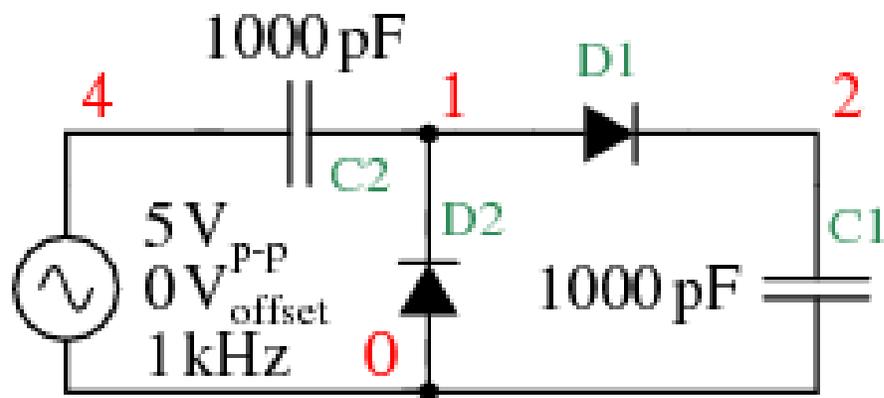
Se o zener parar de conduzir, a regulação se perde.

Multiplicador de tensão

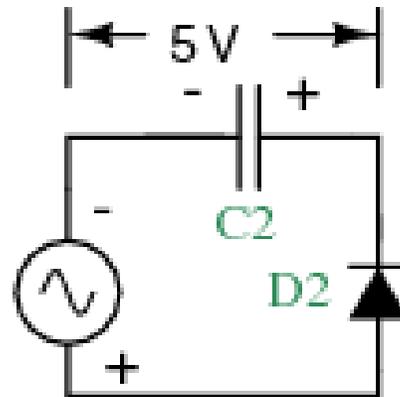
Circuito dobrador de tensão



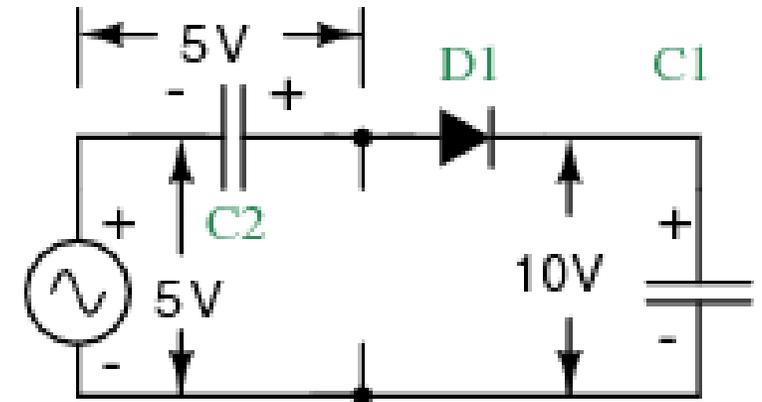
O circuito dobrador de tensão na Figura (a) é composto por dois circuitos: um circuito clamper (b) e um circuito detector de pico (retificador de meia onda) na Figura (c). O capacitor C2 foi adicionado como detector de pico no retificador de meia onda



(a)



(b)



(c)

Quiz sobre qualidade de fontes de alimentação

A regulação de tensão de uma fonte de alimentação ideal é 0%.

A saída de ondulação de CA de uma fonte de alimentação ideal é 0%.

ΔV em uma fonte de alimentação real deve ser tão pequeno quanto possível.

O componente CA fonte de alimentação real deve ser tão pequeno quanto possível.

Um dispositivo comumente usado para regular tensão é o diodo zener.

Revisão

- A fonte de alimentação
- Retificação
- Retificação de onda completa
- Conversão de valores rms para valores médios
- Filtros
- Multiplicadores de tensão
- Ondulação e regulação
- Reguladores zener