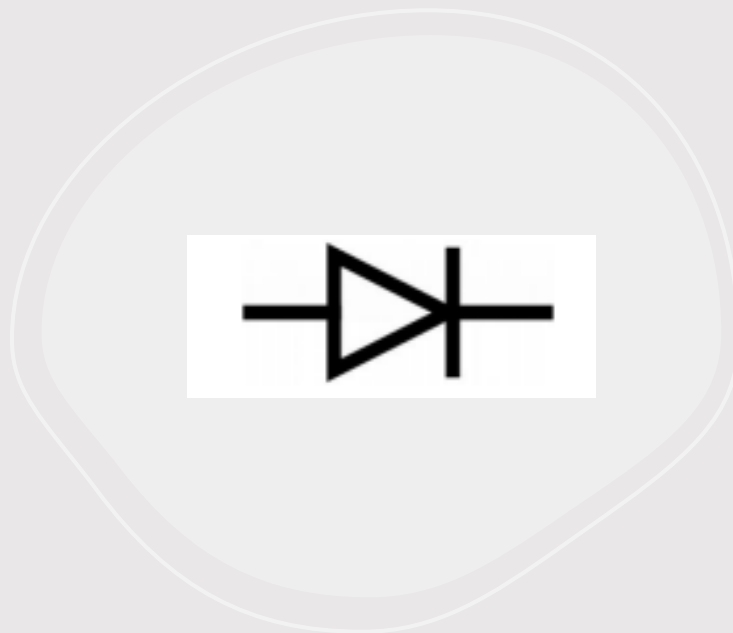


Comportamento do diodo

Prof. Me. Hélio Esperidião





diodos

- O tipo mais comum de diodo é o diodo semicondutor, no entanto, existem outras tecnologias de diodo. Diodos semicondutores são simbolizados em diagramas esquemáticos como

Diodo semicondutor

O diodo semicondutor é um componente que pode comportar-se como condutor ou isolante elétrico, dependendo da forma como a tensão é aplicada aos seus terminais.

Essa característica permite que o diodo semicondutor possa ser

utilizado em diversas aplicações, como, por exemplo, na transformação de corrente alternada em corrente contínua.

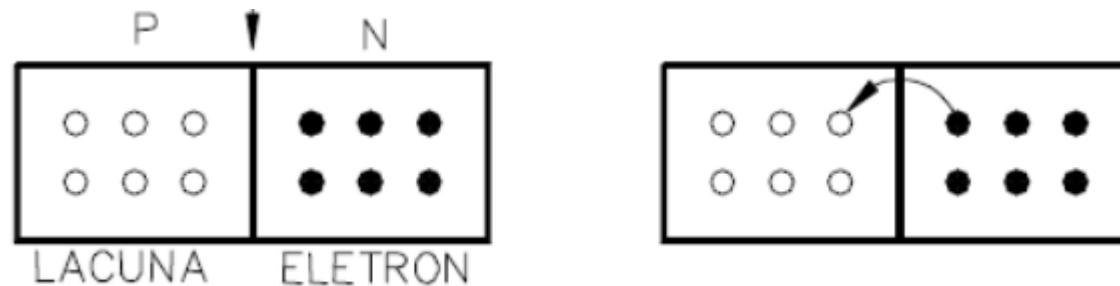
Formação do Diodo: Junção PN

- Um diodo semicondutor é formado a partir da junção entre um semicondutor tipo p e um semicondutor tipo n:



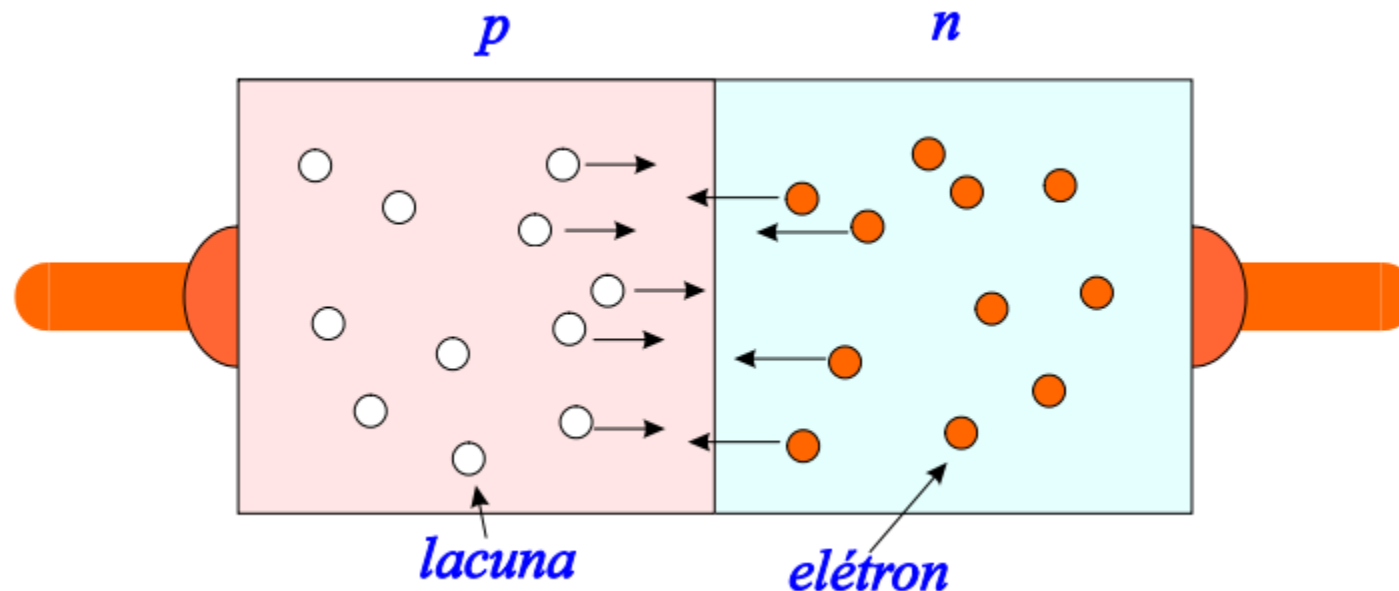
A construção dos diodos

- O diodo é construído através da união de um cristal semicondutor tipo p e um cristal semicondutor tipo n. (JUNÇÃO PN), normalmente silício ou germânio, assim obtém-se uma junção pn, que dá origem a um dispositivo de estado sólido simples, o diodo semicondutor de junção.



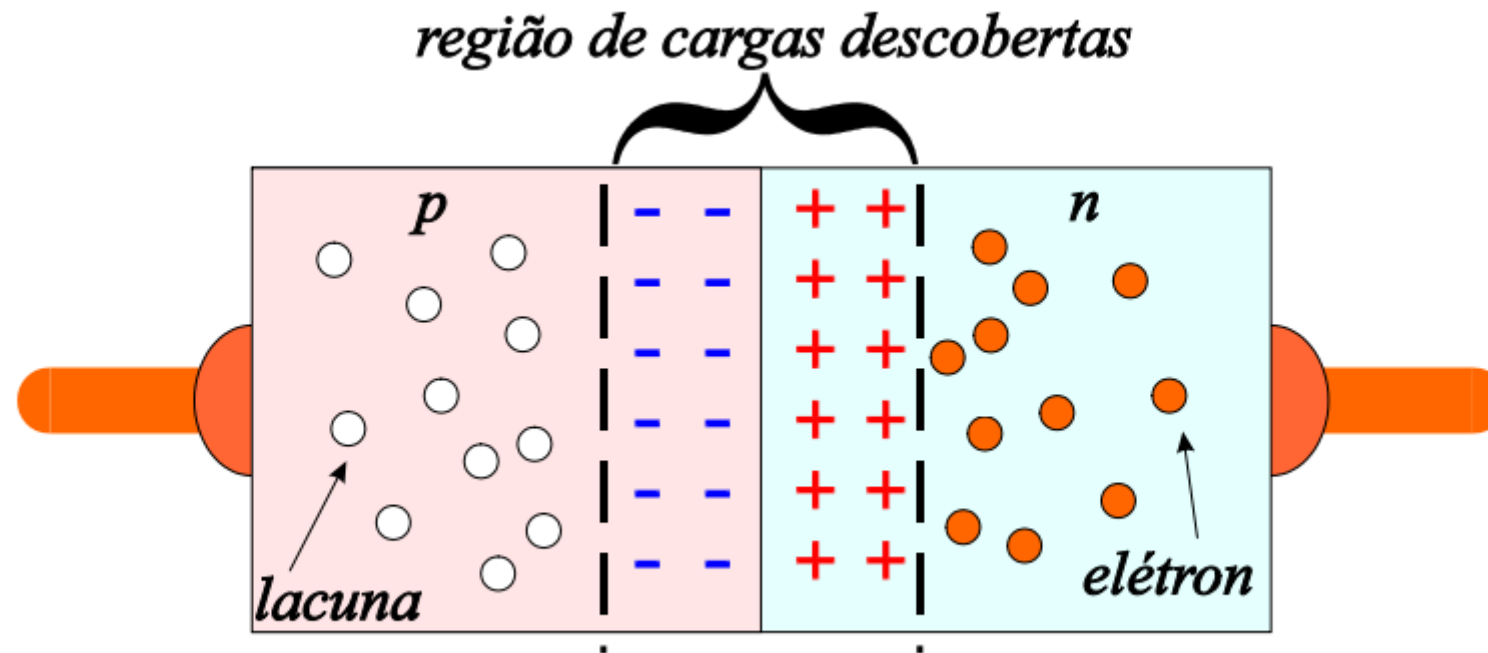
Formação do Diodo: Junção PN

- Logo após a formação da junção pn, alguns elétrons livres se difundem do semicondutor tipo n para o semicondutor tipo p.
- O mesmo processo ocorre com algumas lacunas existentes no semicondutor tipo p que difundem para o semicondutor tipo n.



Formação do Diodo: Junção PN

- Conforme ilustrado abaixo, as cargas produzidas nas proximidades da junção são cargas fixas à rede cristalina. Essa região de cargas próxima à junção é denominada região de cargas descobertas ou região de depleção.



Com o aparecimento da região de depleção, o transporte de elétrons para o lado p é bloqueado, pois estes são repelidos da região negativamente carregada do lado p. O mesmo efeito se aplica para lacunas cujo transporte para o lado n é repelido pelas cargas positivas existentes no lado n da junção.

Portanto, imediatamente após a formação da junção, uma diferença de potencial positiva é gerada entre os lados n e p.

Essa barreira de potencial previne a continuação do transporte de portadores através da junção pn não polarizada

*nota

A tensão V_b proporcionada pela barreira de potencial no interior do diodo, depende do material utilizado na sua fabricação.

Valores aproximados para os diodos de germânio e silício

são $V_b = 0,3$ [V] e $V_b = 0,7$ [V], respectivamente.

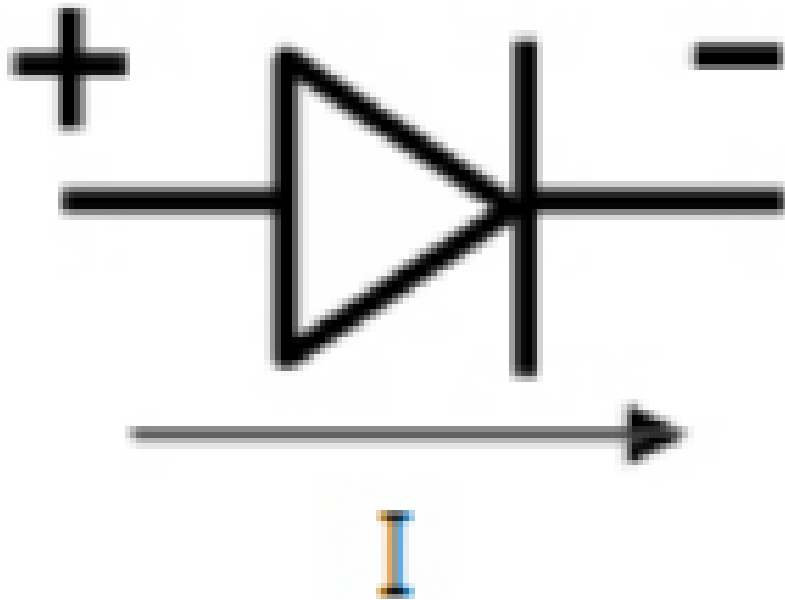
*nota

NÃO é possível medir diretamente o valor de V_b aplicando um voltímetro conectado aos terminais do diodo, porque essa tensão existe apenas em uma pequena região próxima à junção.

No todo, o componente é eletricamente neutro, uma vez que não foram acrescentados nem retirados portadores do cristal.

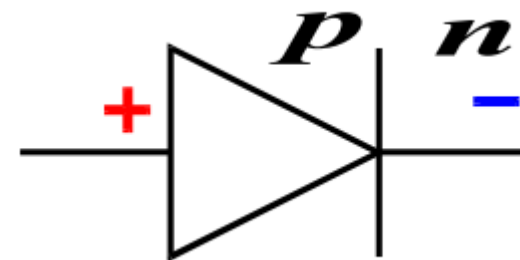
Simbologia

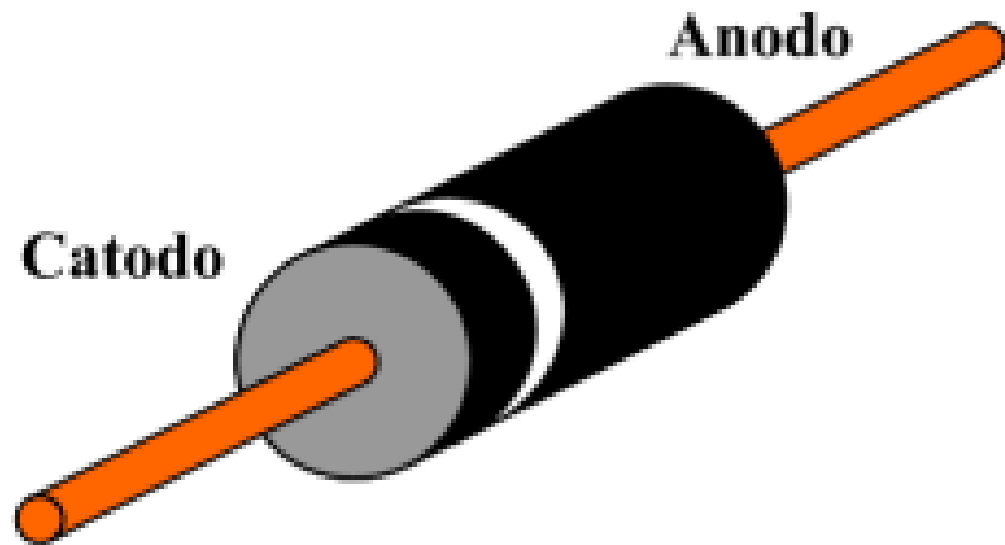
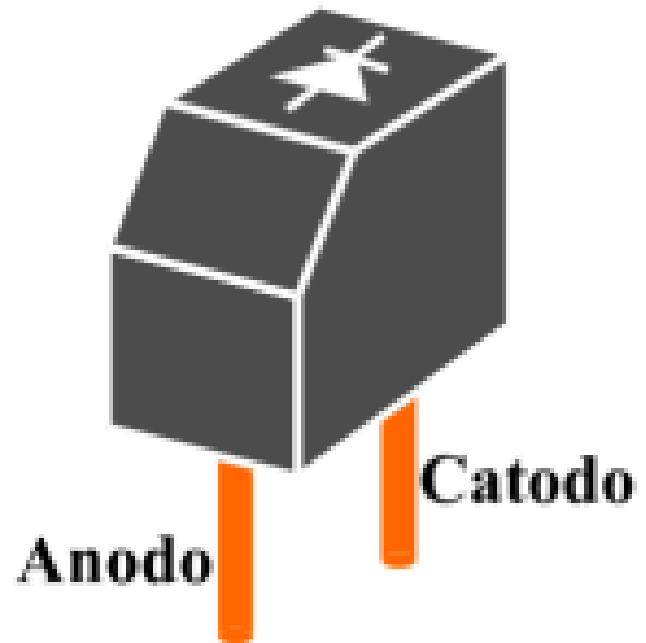
- Os diodos possuem dois terminais, um chamado de anodo e outro chamado de catodo.
- A corrente flui no sentido do anodo para o catodo, e é bloqueada no sentido contrário



Simbologia

- O diodo semicondutor é representado em diagramas de circuitos eletrônicos pelo símbolo ilustrado abaixo.
- O terminal da seta representa o material p, denominado de anodo do diodo, enquanto o terminal da barra representa o material n, denominado de catodo do diodo.



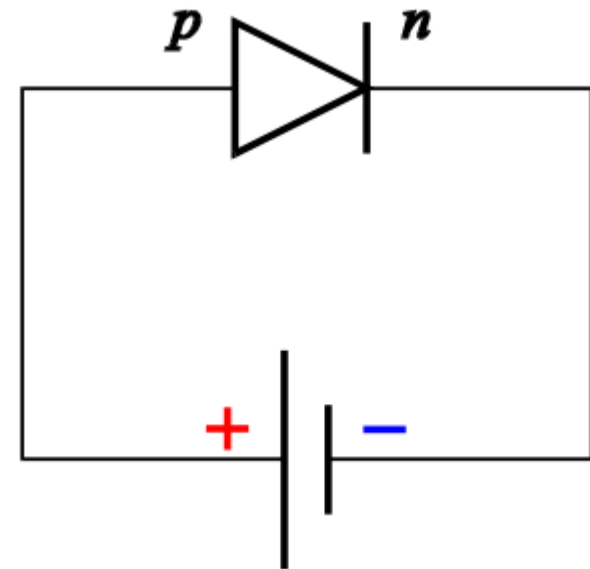


Aplicação de tensão sobre o Diodo

- A aplicação de tensão sobre o diodo estabelece a forma como o componente se comporta eletricamente.
- A tensão pode ser aplicada ao diodo pela polarização direta ou pela polarização inversa do componente

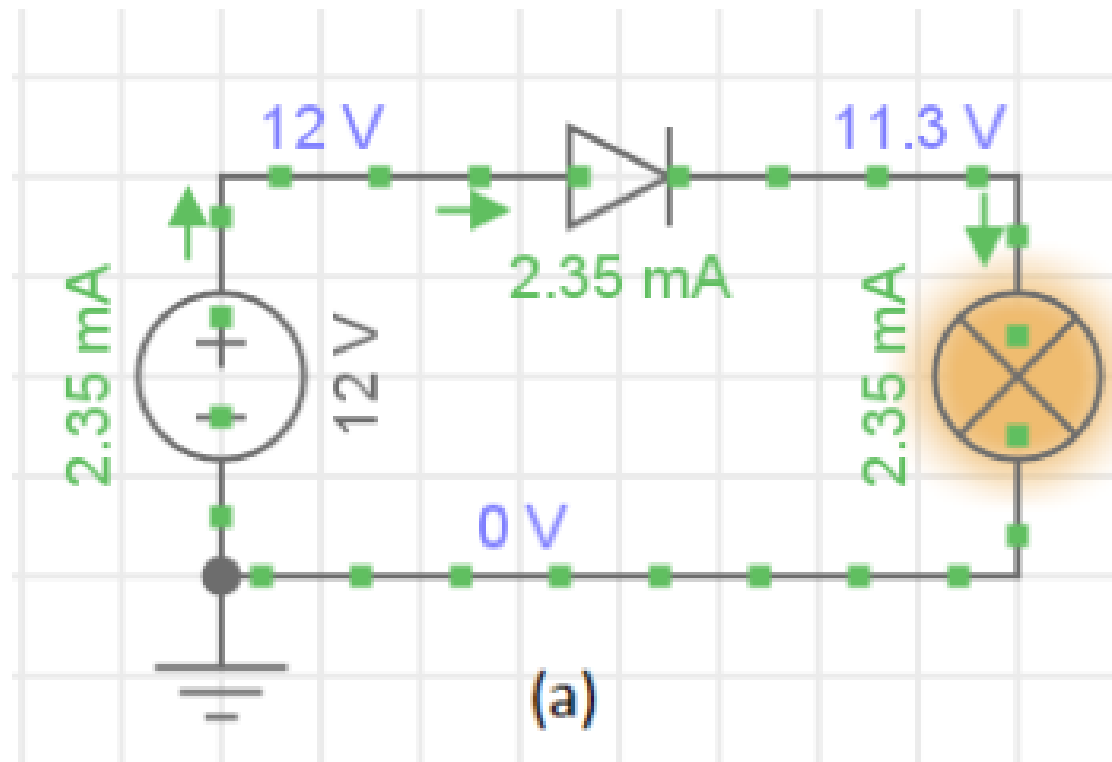
Polarização Direta

- Polarização direta é uma condição que ocorre quando o lado p é submetido a um potencial positivo relativo ao lado n do diodo.
- o polo positivo da fonte repele as lacunas do material p em direção ao polo negativo, enquanto os elétrons livres do lado n são repelidos do polo negativo em direção ao polo positivo.



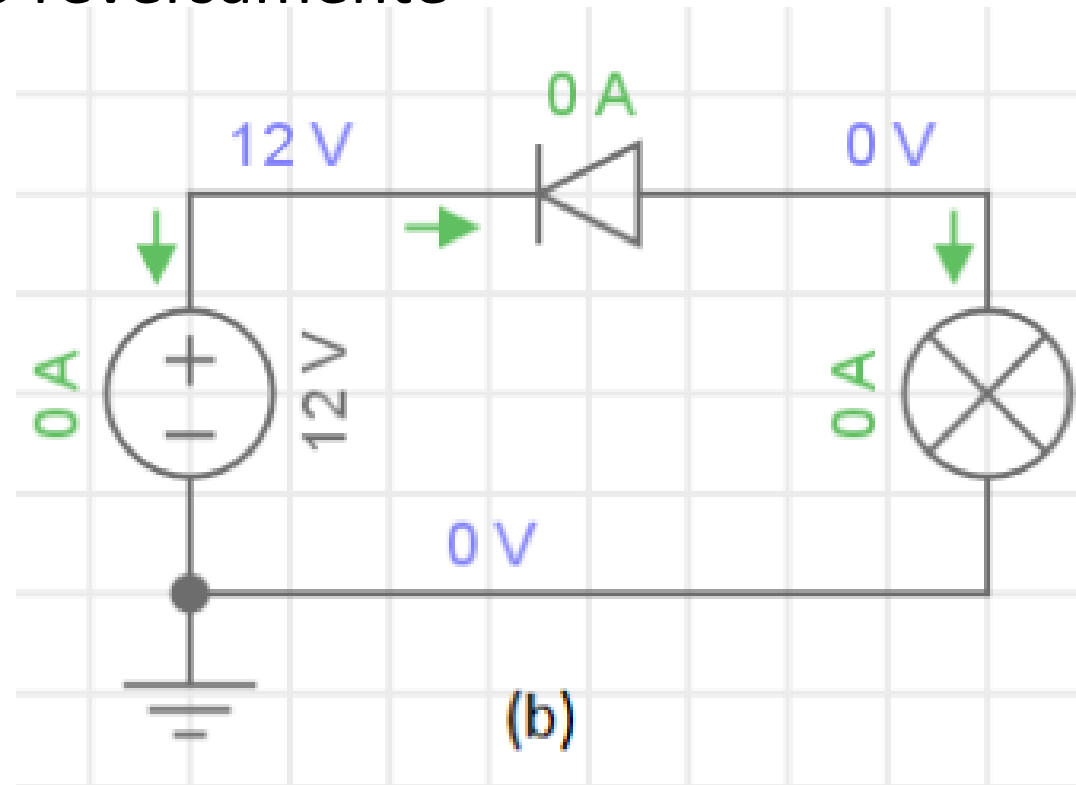
Polarização dos diodos

- polarização direta a corrente pode circular e a lâmpada acende



e polarizado reversamente

- e polarizado reversamente



obs

- Quando polarizados diretamente os diodos possuem uma queda de tensão de aproximadamente, 0,3 V (germânio) e **0,7** V (silício).

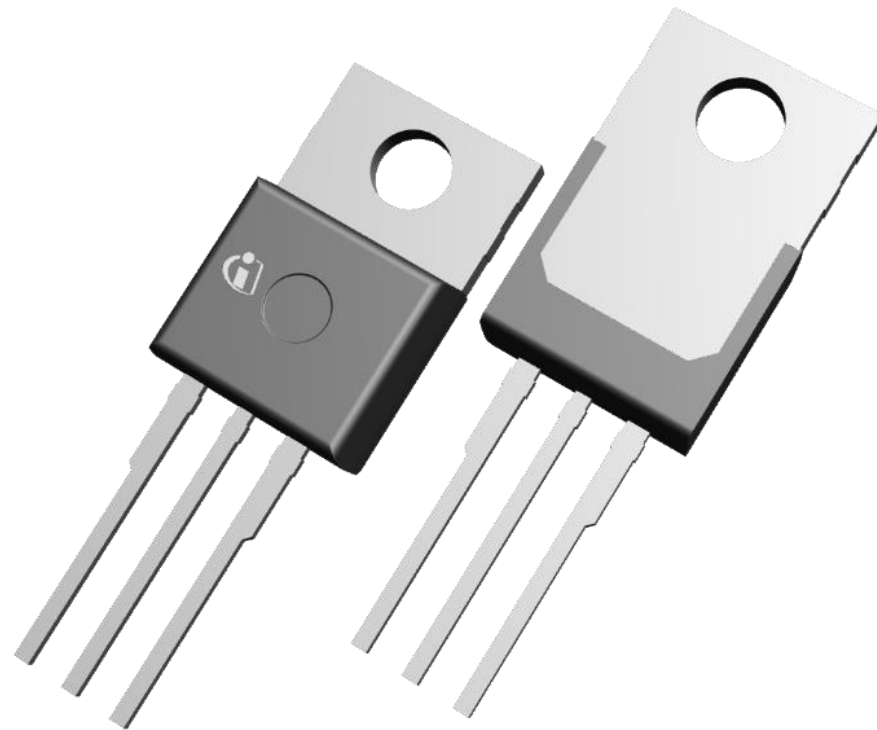
Embalagens dos diodos

- soT23



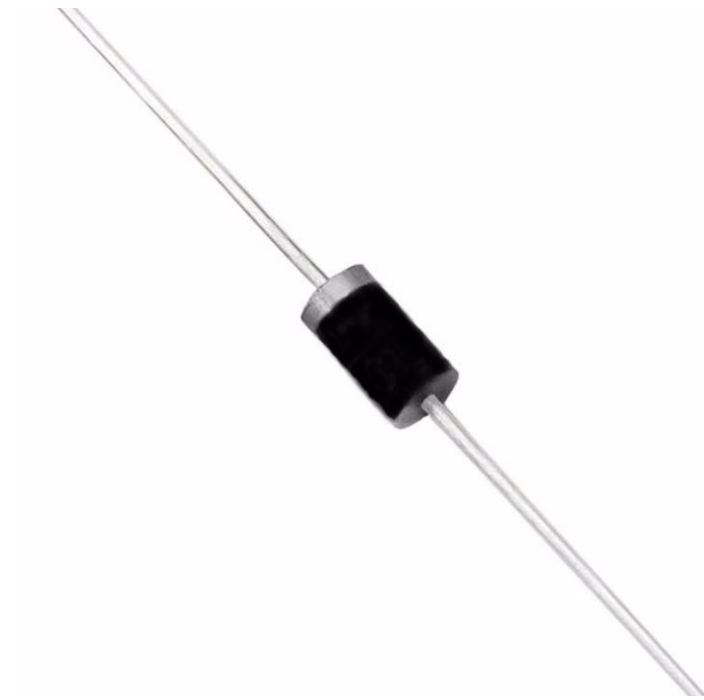
Embalagens dos diodos

- TO 220

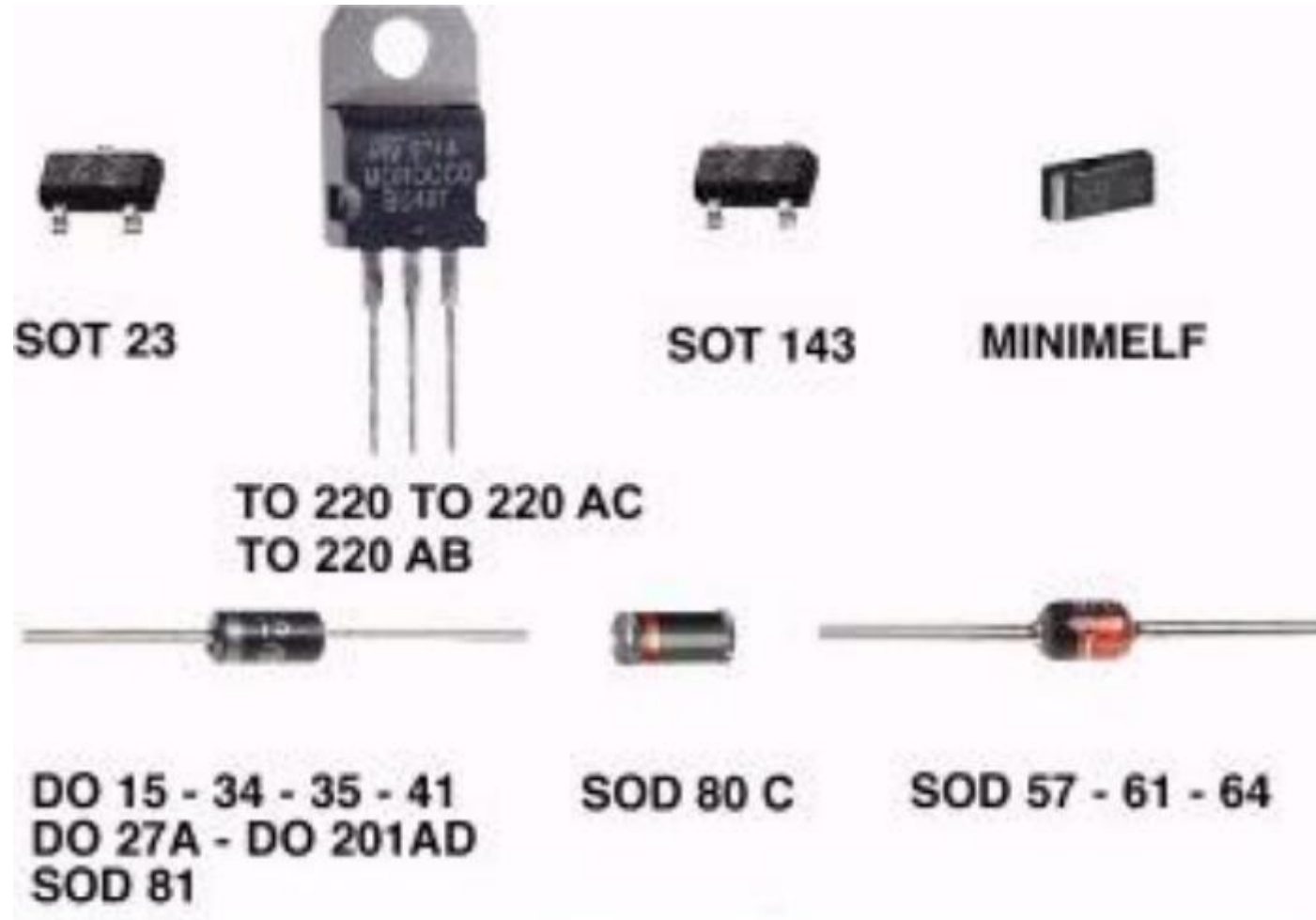


Embalagens dos diodos

- DO 201 AD



Resumo





LEDs

- Os diodos emissores de luz (LEDs) são tipos especiais de diodos que tem o objetivo de transformar energia elétrica em luz.
- É importante salientar que para limitar a corrente consumida por um LED é necessário ligá-lo a um circuito apropriado, normalmente um resistor com valor apropriado.
- LED é um diodo.

Tipos de diodos

- Outros tipos de diodos semicondutores são projetados para assumir diferentes características:
- Diodos retificadores são capazes de conduzir altas correntes elétricas em baixa frequência,
- Diodos de sinal caracterizam-se por retificar sinais de alta frequência,
- Diodos de chaveamento são indicados na condução de altas correntes em circuitos chaveados.
- Dependendo das características dos materiais e dopagem dos semicondutores há uma gama de dispositivos eletrônicos variantes do diodo..

Tipos de diodos



Diodo



Diodo
zener



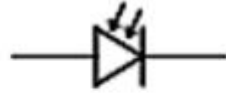
Diodo
Schottky



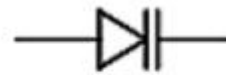
Diodo
túnel



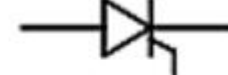
Diodo emissor
de luz



Fotodiodo



Varicap

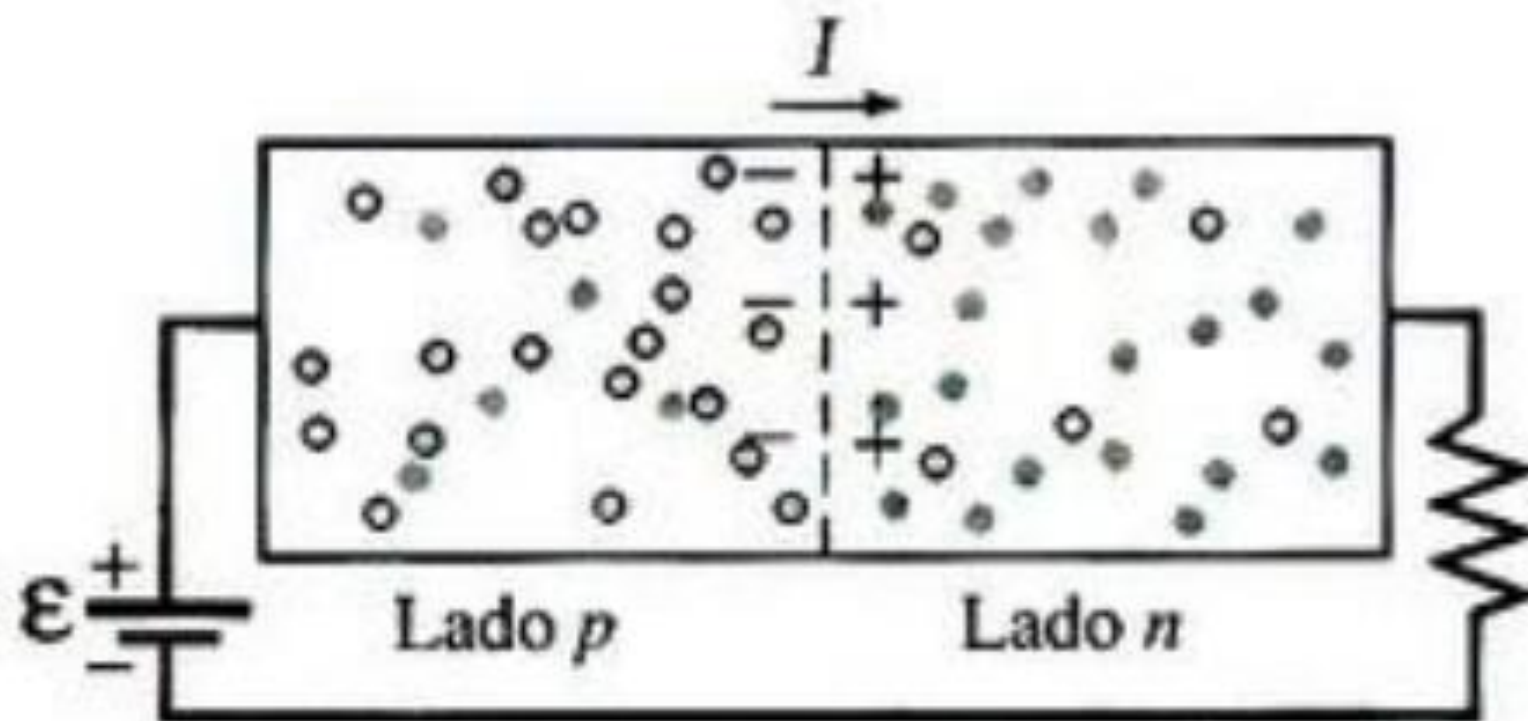


SCR

Polarização dos diodos

- Polarizar um diodo significa aplicar uma diferença de potencial às suas extremidades.
- Supondo uma bateria sobre os terminais do diodo, há uma polarização direta se o polo positivo da bateria for colocado em contato com o material tipo p e o polo negativo em
- contato com o material tipo n

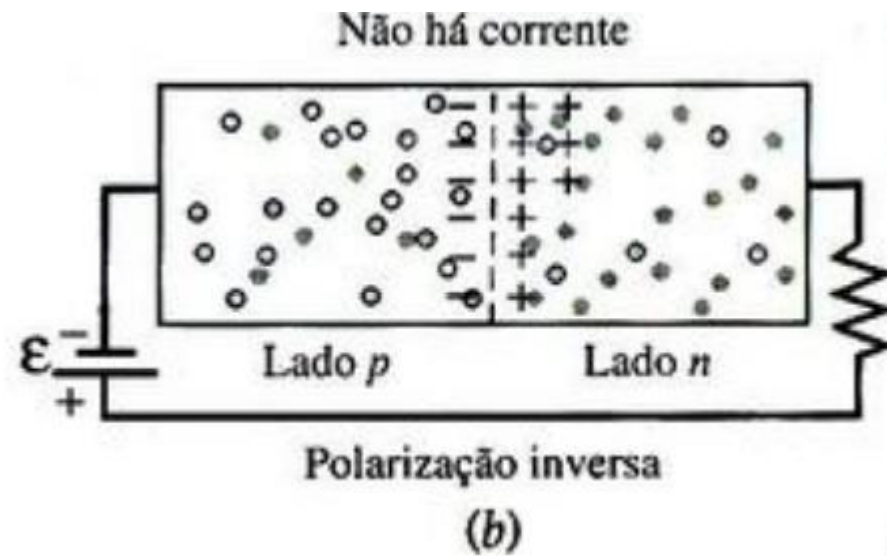
Polarização Direta



Polarização direta

(a)

Polarização inversa

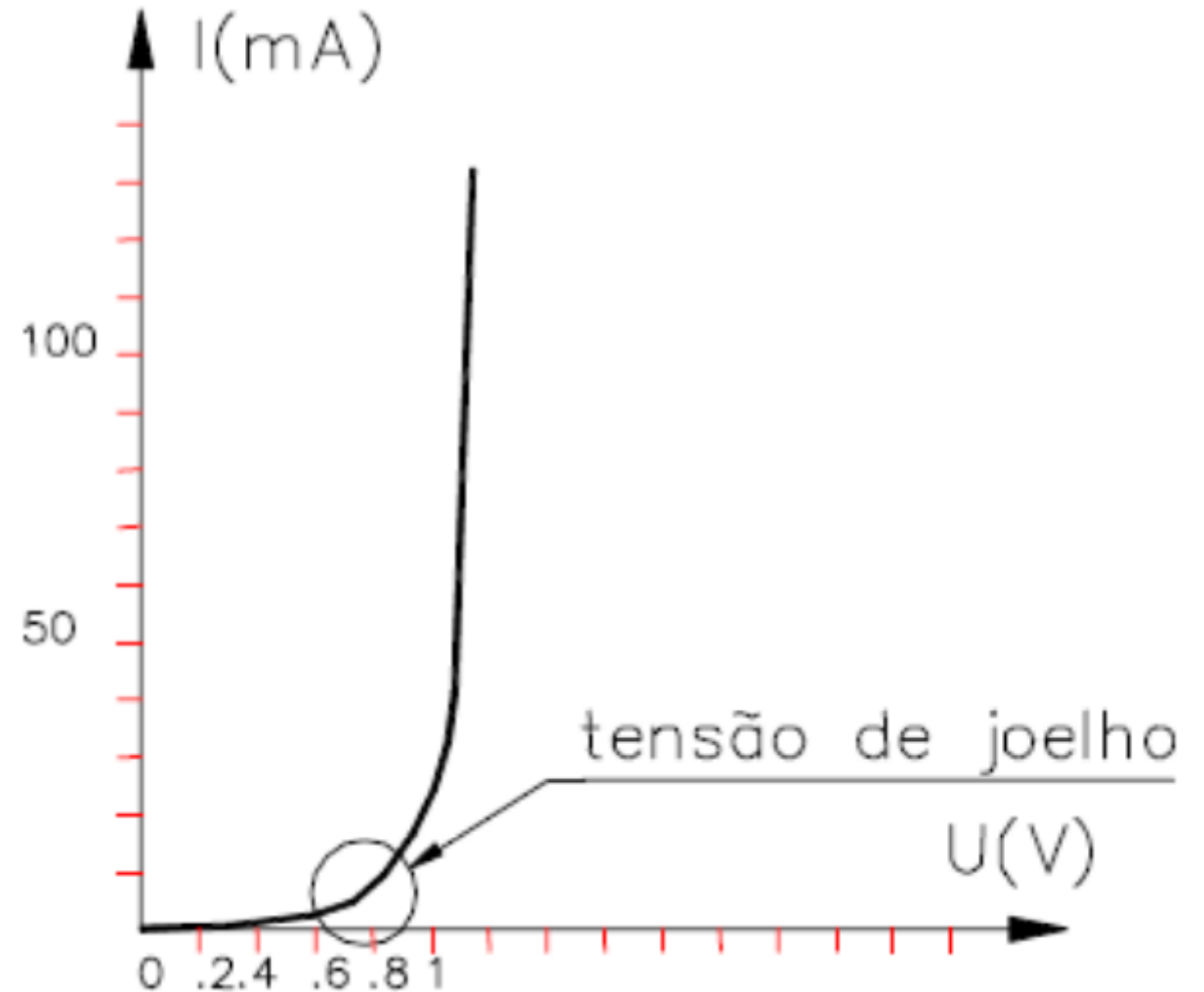


Curva característica

- A curva característica de um diodo é um gráfico que relaciona cada valor da tensão aplicada com a respectiva corrente elétrica que atravessa o diodo. Isso é válido para a polarização direta.

Curva característica

- O valor da tensão no qual a corrente começa a aumentar rapidamente é chamada tensão de joelho do diodo. Este valor depende do tipo de cristal que é formado o diodo.



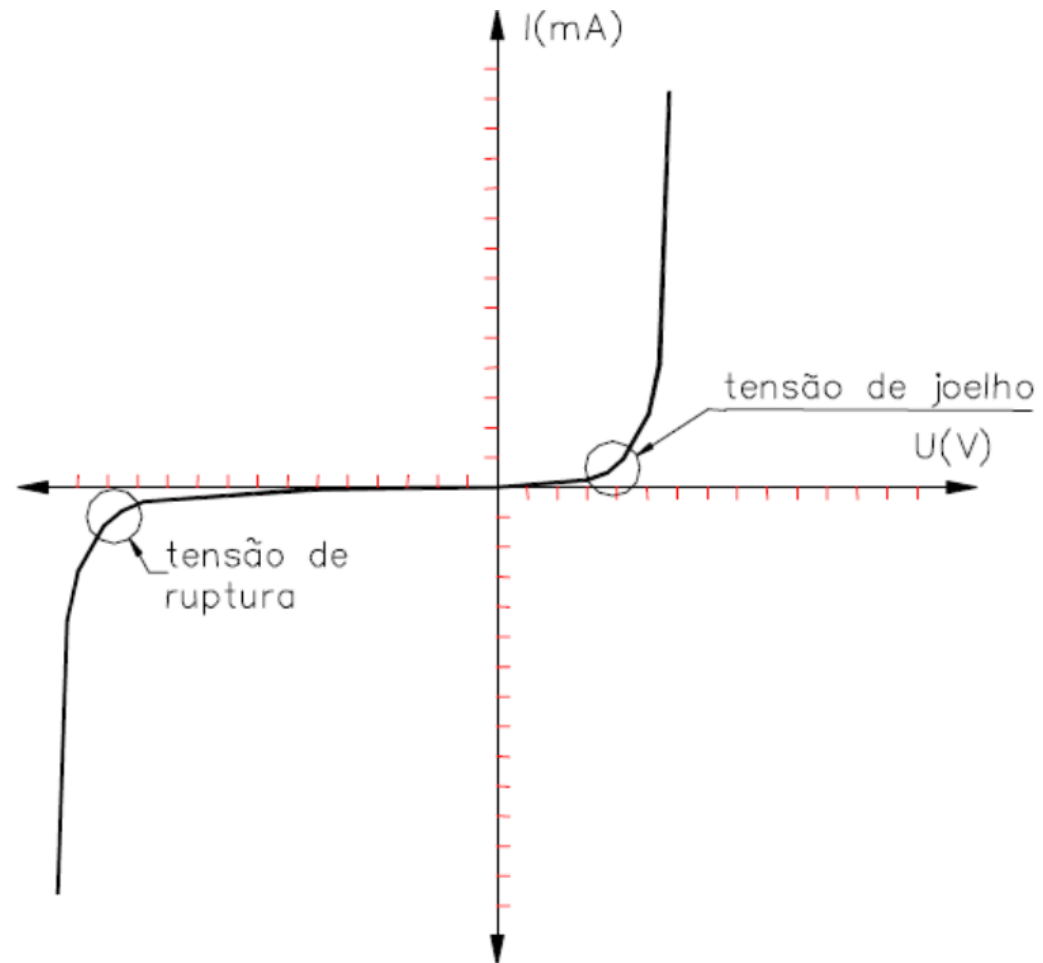
Tensão de Joelho.

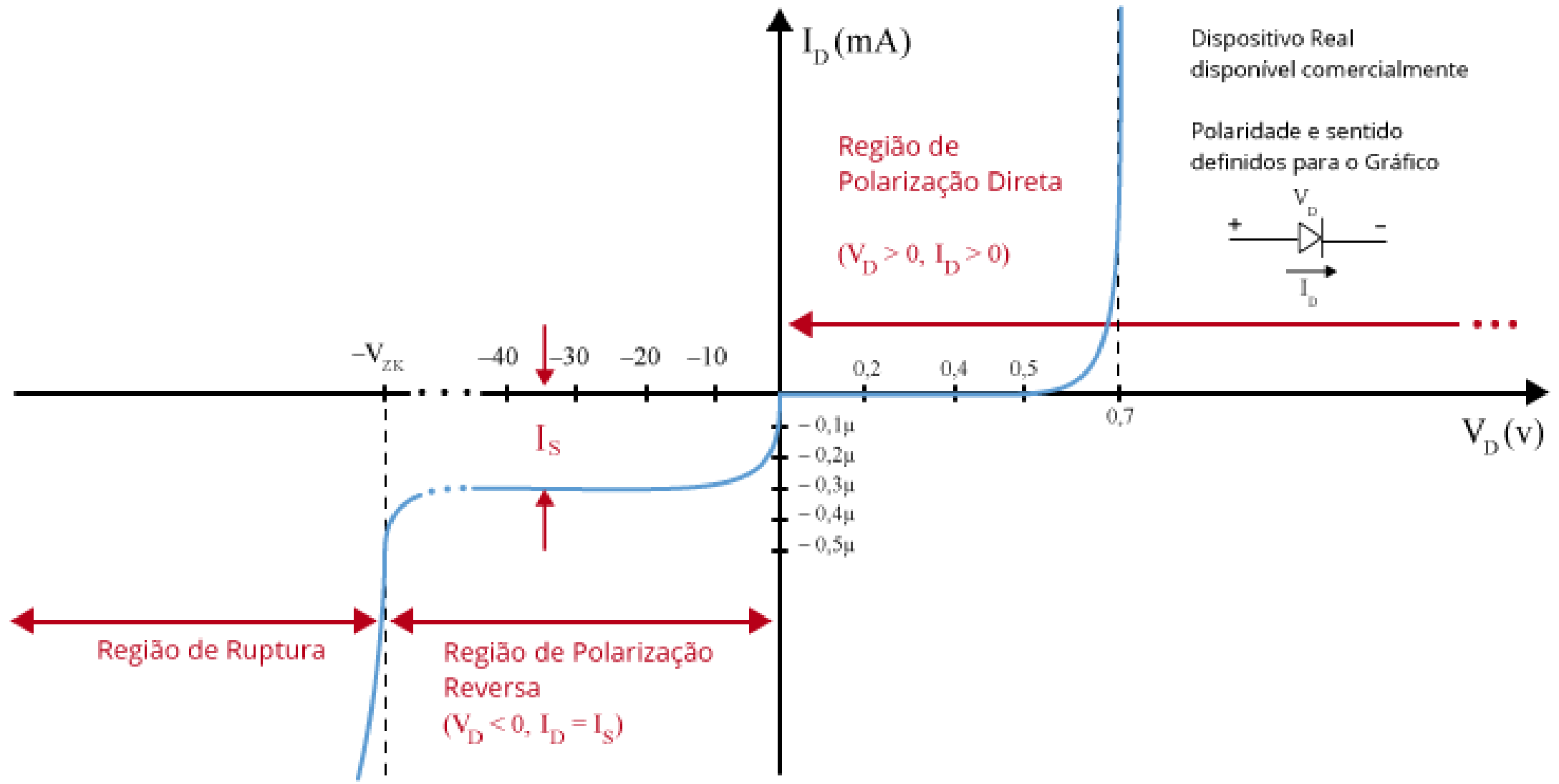
- O valor da tensão no qual a corrente começa a aumentar rapidamente é chamada tensão de joelho do diodo.
- Este valor depende do tipo de cristal que é formado o diodo.
- No caso do silício temos 0,7 V. já para o germânio temos uma tensão de joelho 0,3 V.

diodo polarizado reversamente

- Quando o diodo é polarizado reversamente, uma corrente elétrica extremamente pequena o atravessa, esta corrente é chamada de corrente de fuga.
- Se a tensão reversa aplicada sobre o diodo for aumentada, chega-se a um momento em que é atingida a tensão de ruptura, a partir da qual a corrente aumenta rapidamente.
- Salvo o diodo feito para tal, os diodos não podem trabalhar na região de ruptura, sob pena de serem destruídos

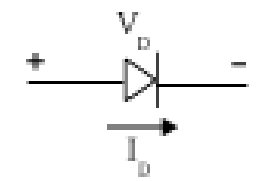
região de ruptura





Dispositivo Real disponível comercialmente

Polaridade e sentido definidos para o Gráfico



Resistência de Corpo.

- Uma vez vencida a barreira de potencial, o que impede a corrente de fluir é a própria resistência do cristal, chamada resistência de corpo do diodo. Ela é dada pela soma da resistência do lado N com a resistência do lado P

$$r_B = r_p + r_N$$

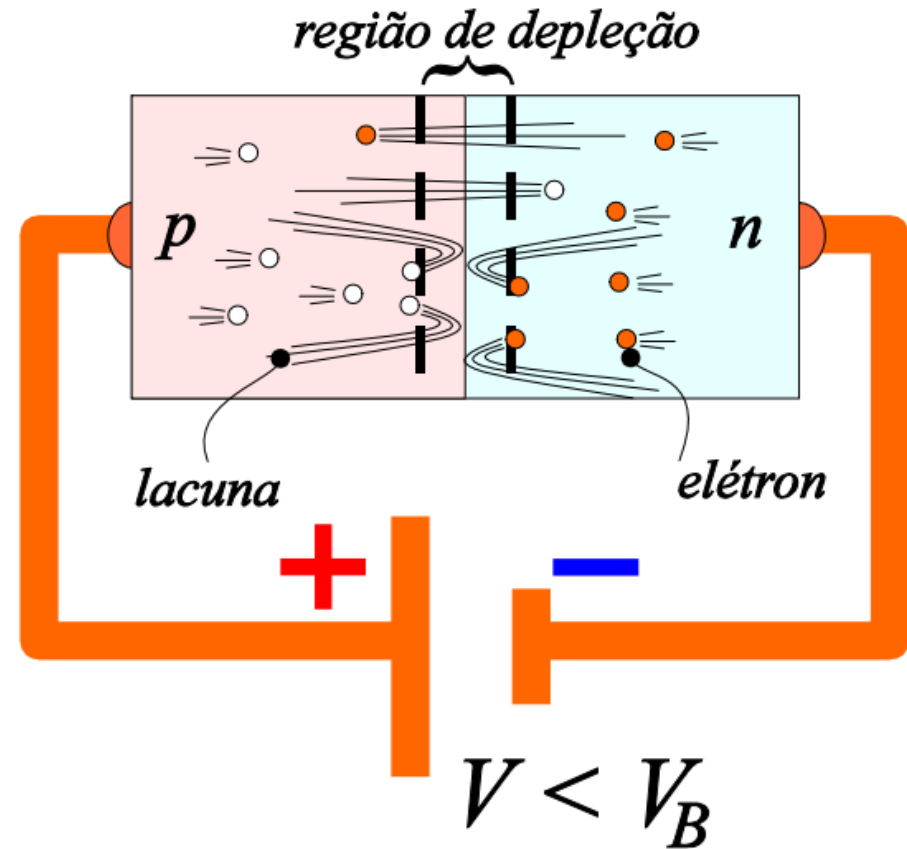
Calcular resistância de base(Corpo)

- e V_1 e I_1 são a tensão e a corrente no joelho e V_2 e I_2 são a tensão e a corrente em algum ponto acima do joelho na curva do diodo.

$$r_B = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

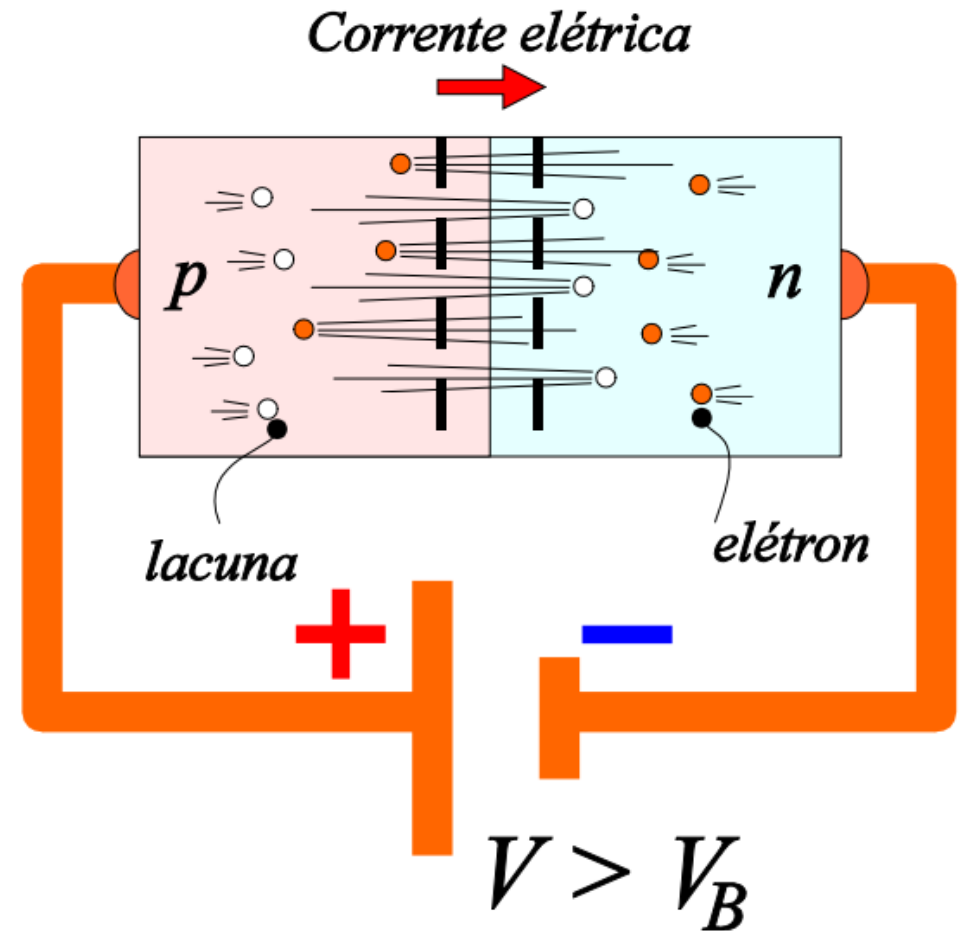
Polarização Direta $V < V_B$

- Nessa condição, a maior parte dos elétrons e lacunas não têm energia suficiente para atravessar a junção. Como resultado, apenas alguns elétrons e lacunas têm energia suficiente para penetrar a barreira de potencial, produzindo uma pequena corrente elétrica através do diodo.



Polarização Direta $V > V_B$

- um grande aumento da corrente elétrica através do diodo. Quando o diodo está polarizado diretamente, conduzindo corrente elétrica sob a condição $V > V_B$, diz-se que o diodo está em condução.



Diodo 1N4001

1N4001 Diode Pinout



1N4001 Diode Electronic Symbol



Calculando Resistencia de base.

- Por exemplo, a folha do 1N4001, fornece uma tensão direta de 0,93 V para uma corrente de 1^a. Como é um diodo de silício, sabemos que no joelho temos uma tensão de 0,7 V e uma corrente de aproximadamente 0 A. Com isso temos:

$$r_B = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1} = \frac{0,93 - 0,7}{1 - 0} = \frac{0,23}{1} = 0,23\Omega$$

Máxima Corrente cc direta.

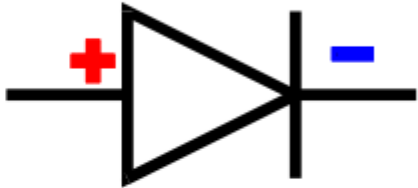

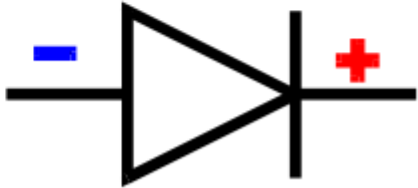

- Para garantir que não iremos ultrapassar a corrente máxima, devemos colocar um resistor para limitar a corrente no diodo, chamamos este resistor de limitador de corrente.
- Quanto maior o valor desse resistor, menor a corrente no diodo.
- Essa resistência vai garantir que não nos aproximemos da corrente máxima.
- A corrente no diodo é dada por:
- V_s é a tensão da fonte e
- V a tensão do diodo
 - (0,7 V ou 0,3 V dependendo se é de silício ou germânio)

$$i = \frac{V_s - V}{R}$$

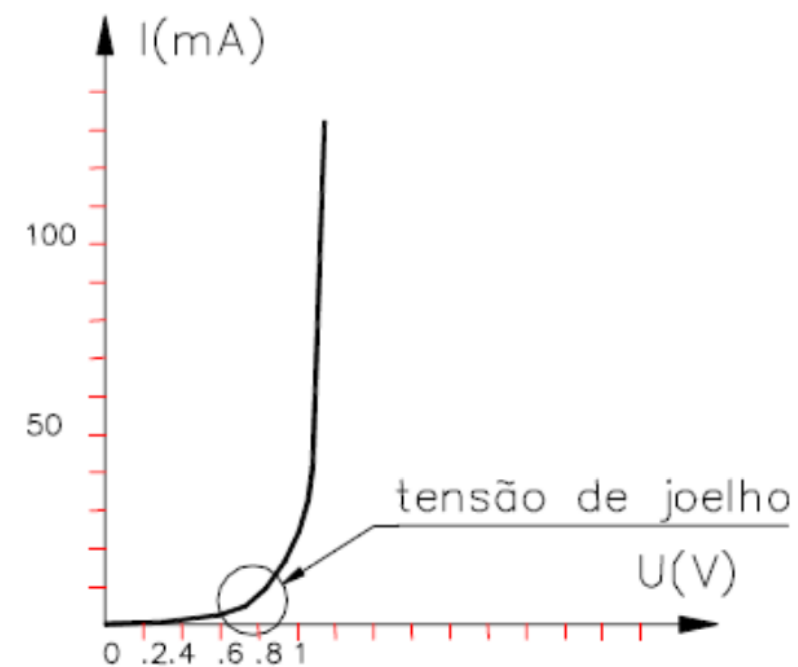
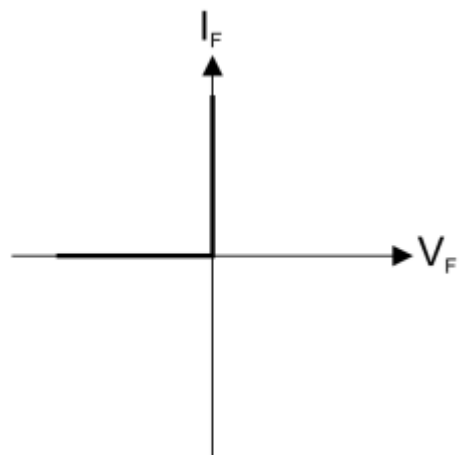
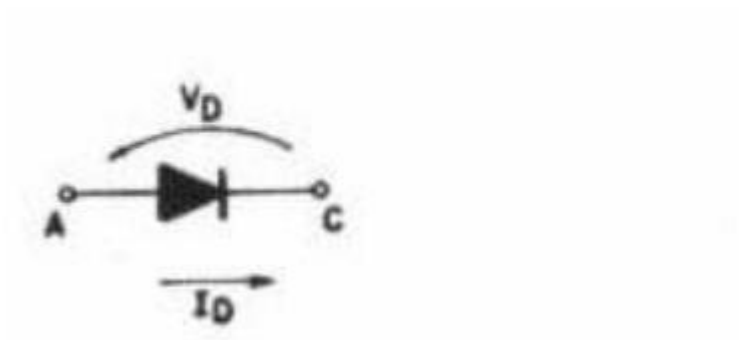
Diodo Ideal (1º Aproximação)

- Na aproximação ideal o diodo funciona como um condutor perfeito.
- Perfeição:
 - (resistência nula) quando diretamente polarizado
 - Perfeito isolante (resistência infinita) quando reversamente polarizado

Modelo I: Diodo Ideal

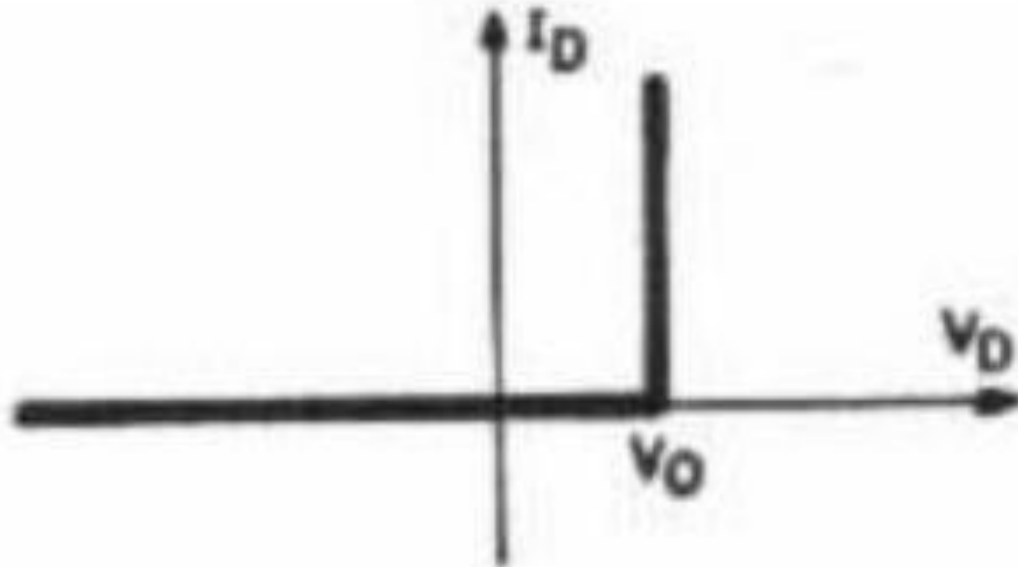
Estado	Polarização	Circuito equivalente
Condução		
Bloqueio		

Ideal vs não ideal



Diodo Ideal (2ª Aproximação)

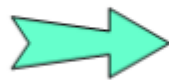
- Desta vez podemos pensar no seguinte dispositivo: uma chave em série com uma barreira de potencial de 0,7 V. se a tensão da fonte for de pelo menos 0,7 V, a chave se fecha e temos corrente.



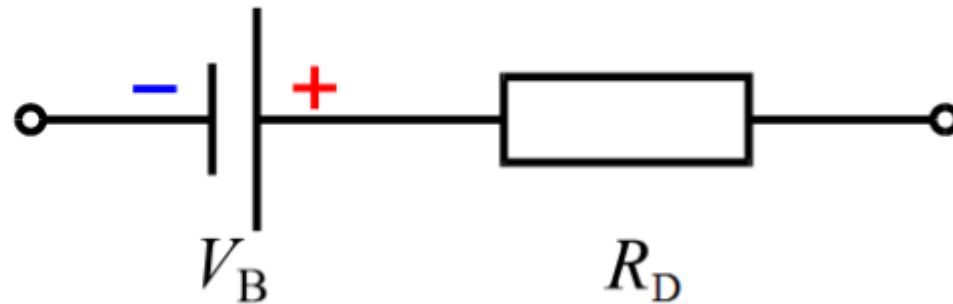
Polarização Direta

- Em modelo mais aprimorado para o circuito equivalente do diodo em condução pode ser obtido pela associação série de um resistor R_D representativo da resistência direta de condução, com uma fonte de tensão V correspondente ao valor da barreira de potencial na junção:

diodo em condução

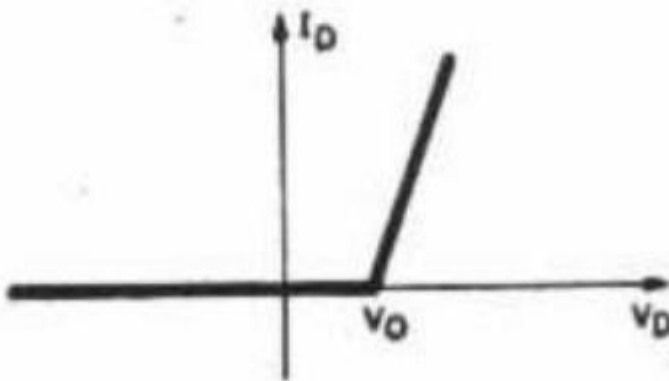


circuito equivalente



Diodo Ideal (3º Aproximação)

- Na terceira aproximação de um diodo, incluímos a resistência do corpo r_B . Nesta aproximação temos o efeito que a resistência do corpo sobre a curva do diodo.



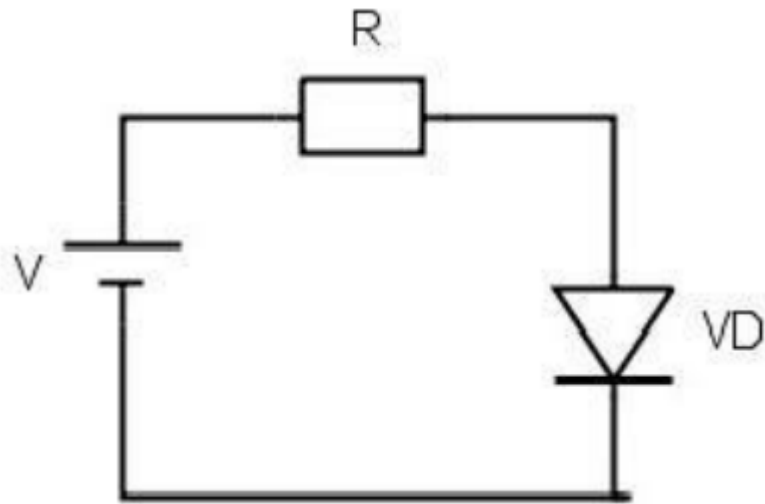
Exemplo

- Se temos a chave em série com uma bateria e mais uma resistência em série. Quando a tensão da fonte for maior que 0,7 V, o diodo conduz.
- A tensão total no diodo é igual a:

$$V = 0,7 + I_D r_B$$

Equação para a Reta de Carga.

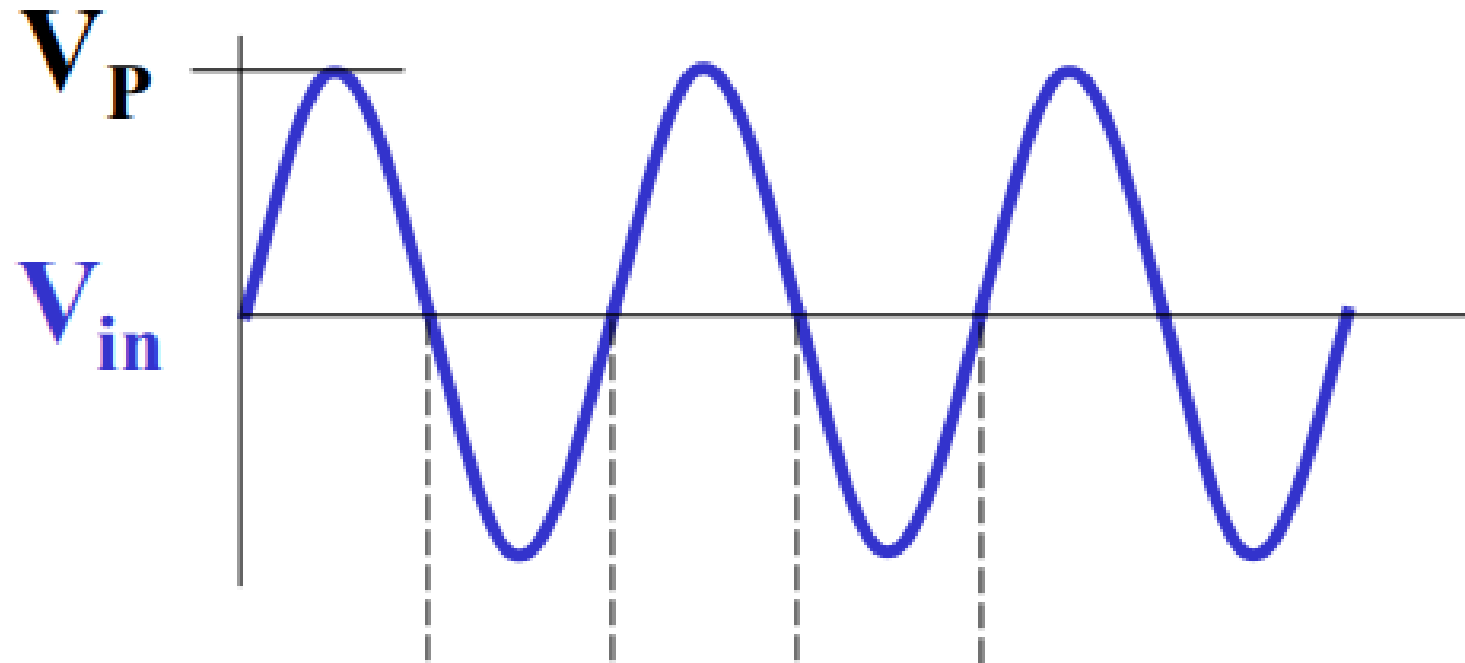
- No circuito abaixo a corrente no diodo é dada por



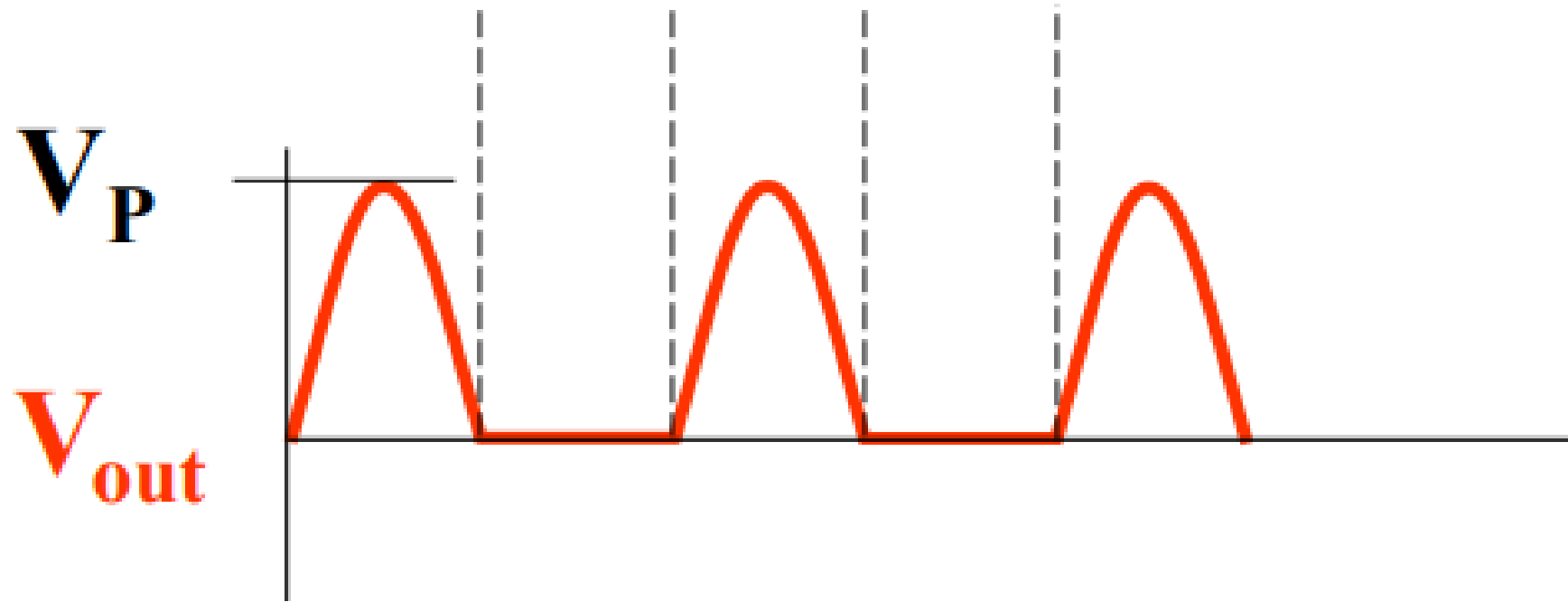
$$I = \frac{V_s - V}{R}$$

Retificador de Meia-onda

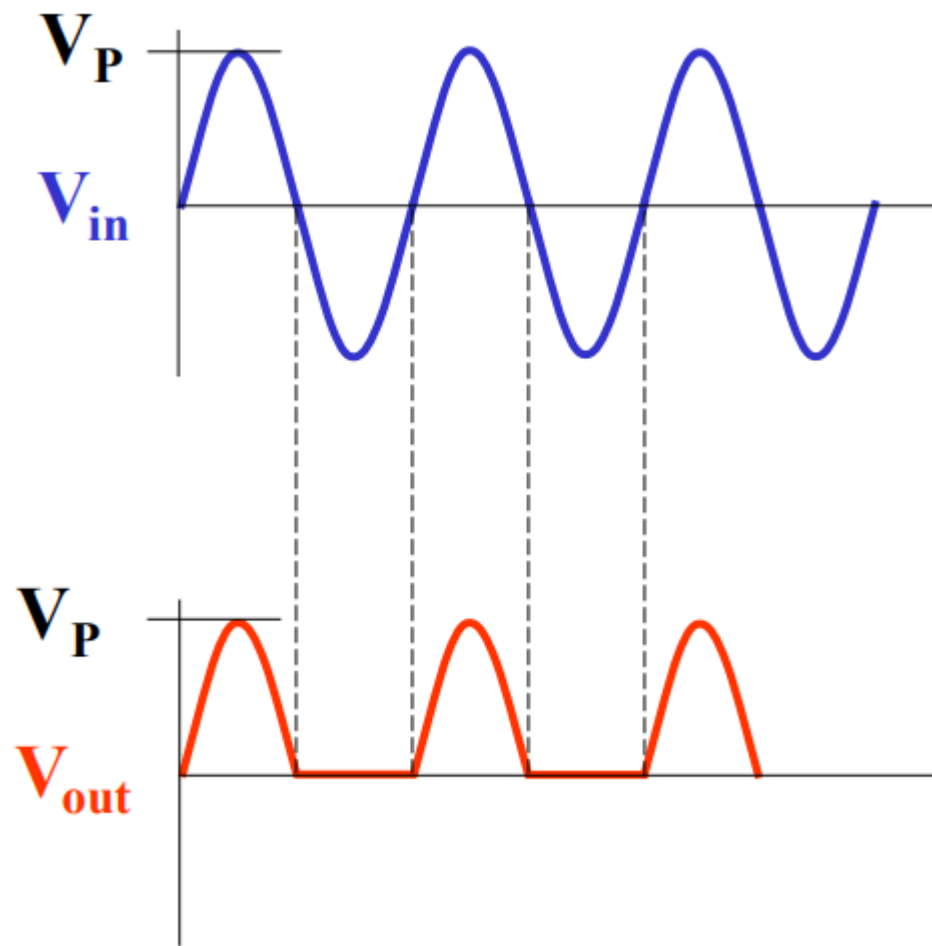
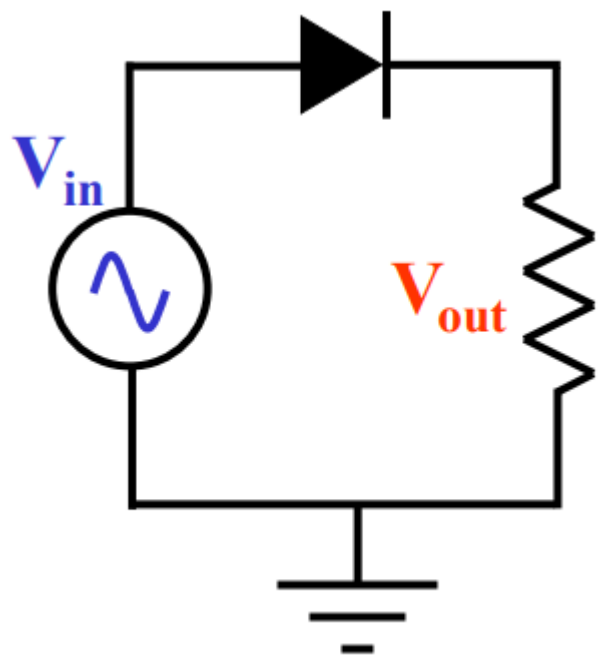
Entrada



Retificador de Meia-onda Saída



Análise



Efeito da queda de tensão direta do diodo:

- Possui o diodo em série com o resistor de carga
- Tensão na carga corresponde à metade da onda inserida na entrada
- $V_0 = V_m - V_T$

