

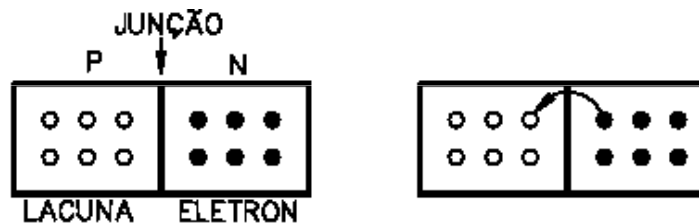


DIODOS

a

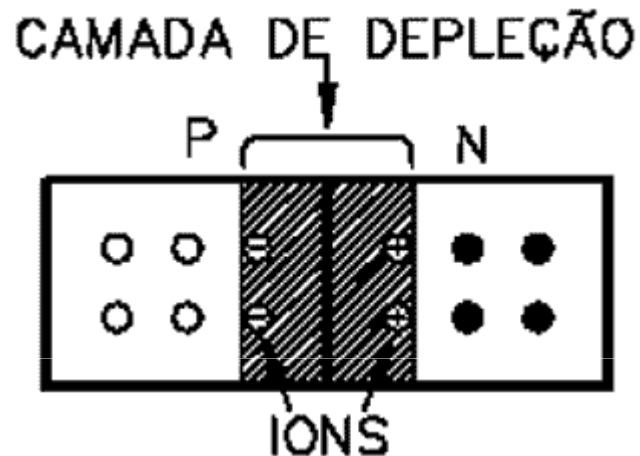
Diodo de junção PN

- A união de um cristal tipo p e um cristal tipo n , obtém-se uma junção pn , que é um dispositivo de estado sólido simples: o diodo semiconductor de junção.



Devido a repulsão mútua os elétrons livres do lado n espalham-se em todas direções, alguns atravessam a junção e se combinam com as lacunas. Quando isto ocorre, a lacuna desaparece e o átomo associado torna-se carregado negativamente. (um íon negativo)

Camada de Depleção



Cada vez que um elétron atravessa a junção ele cria um par de íons. À medida que o número de íons aumenta, a região próxima à junção fica sem elétrons livres e lacunas.

A camada de depleção age como uma barreira impedindo a continuação da difusão dos elétrons livres. A intensidade da camada de depleção aumenta com cada elétron que atravessa a junção até que se atinja um equilíbrio.

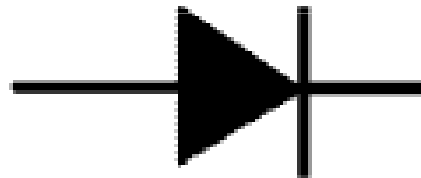


Diferença de Potencial

- o A diferença de potencial através da camada de depleção é chamada de barreira de potencial.
- o A 25°, esta barreira é de 0,7V para o silício e 0,3V para o germânio.

Símbolo

Anodo
material tipo p



Catodo
material tipo n

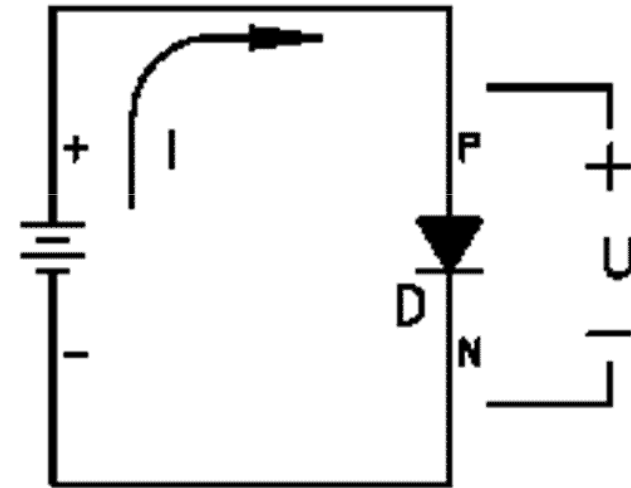


POLARIZAÇÃO DO DIODO

- Polarizar um diodo significa aplicar uma diferença de potencial às suas extremidades.

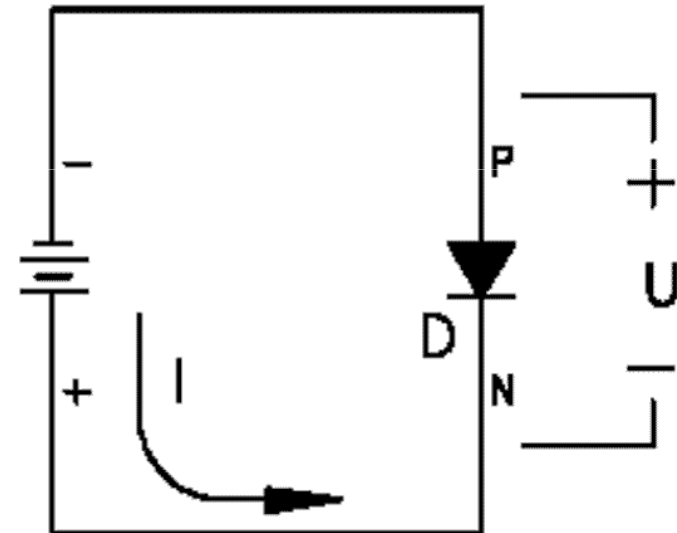
Polarização Direta

○ Supondo uma bateria sobre os terminais do diodo, há uma **polarização direta** se o pólo positivo (+) da bateria for colocado em contato com o material tipo p (*Anodo*) e o pólo negativo (-) em contato com o material tipo n (*Catodo*).



Polarização inversa

- Invertendo-se as conexões entre a bateria e a junção pn , isto é, ligando o pólo positivo (+) no material tipo n (*catodo*) e o pólo negativo (-) no material tipo p (*Anodo*), a junção fica **polarizada inversamente**.



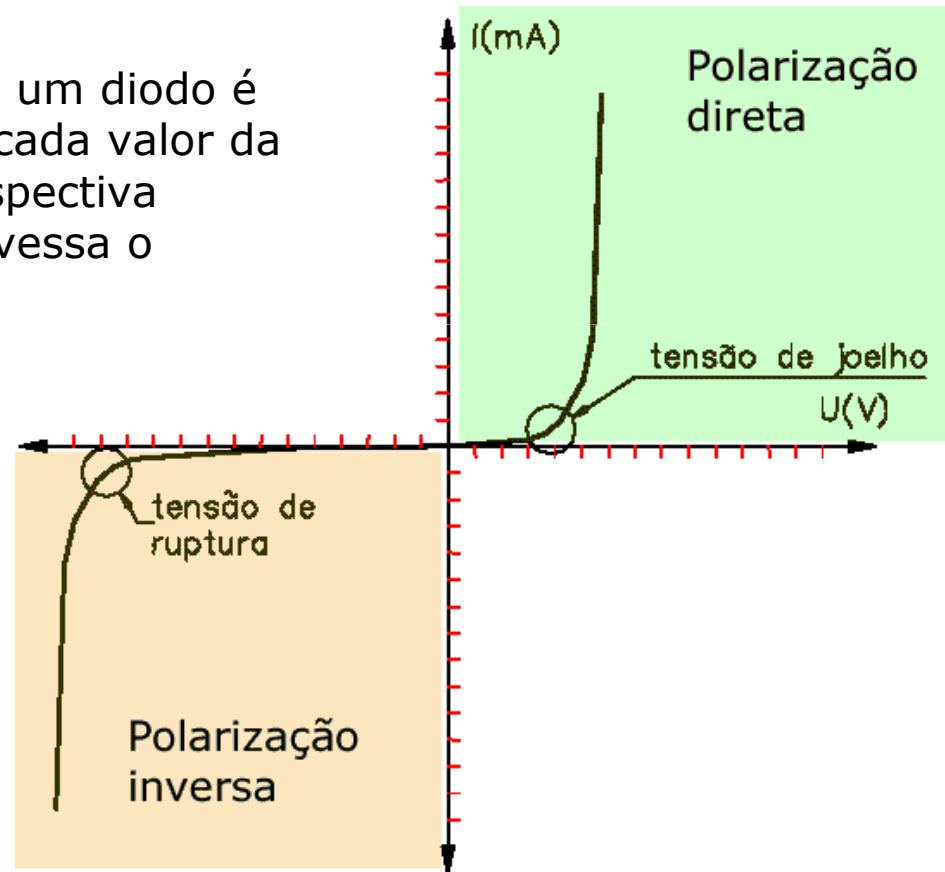
CURVA CARACTERÍSTICA

○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.

$$I = I_0 \cdot (e^{V/nV_t} - 1), \text{ onde:}$$

$$V_t = T/11600 \text{ (a temperatura ambiente por conveniencia)}$$

N → varia de 1 a 2 para o silício e vale a para o germânio.





POTÊNCIA DE UM DIODO

- Em qualquer componente, a potência dissipada é a tensão aplicada multiplicada pela corrente que o atravessa e isto vale para o diodo:

$$P = U * I$$

- Não se pode ultrapassar a potência máxima, especificada pelo fabricante, pois haverá um aquecimento excessivo. Os fabricantes em geral indicam a potência máxima ou corrente máxima suportada por um diodo.

Ex.: **1N914** → P_{MAX} = 250mW

1N4001 → I_{MAX} = 1A

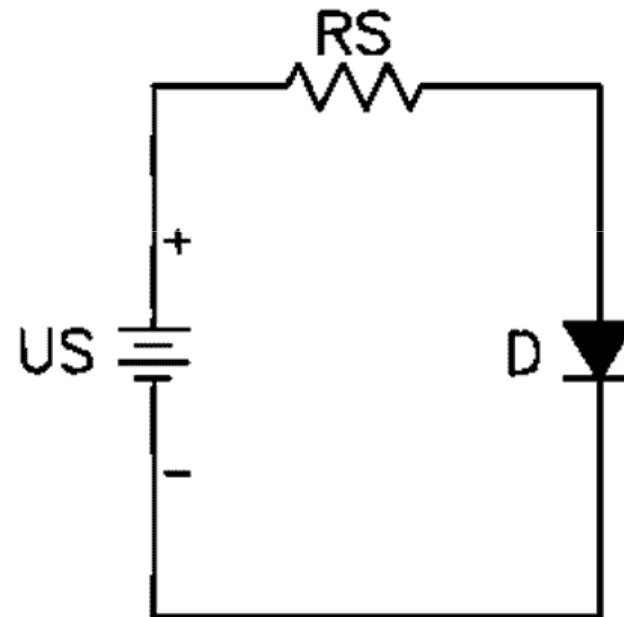
- Usualmente os diodos são divididos em duas categorias, os diodos para pequenos sinais (potência especificada abaixo de 0,5W) e os retificadores (P_{MAX} > 0,5W).

RESISTOR LIMITADOR DE CORRENTE

○ Num diodo polarizado diretamente, uma pequena tensão aplicada pode gerar uma alta intensidade de corrente. Em geral um resistor é usado em série com o diodo para limitar a corrente elétrica que passa através deles.

○ **RS** é chamado de Resistor limitador de corrente.

○ Quanto maior o R_S , menor a corrente que atravessa o diodo e o R_S .





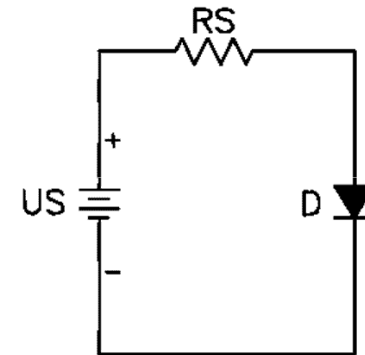
RETA DE CARGA

- Sendo a curva característica do diodo não linear, torna-se complexo determinar através de equações o valor da corrente e tensão sobre o diodo e resistor. Um método para determinar o valor exato da corrente e da tensão sobre o diodo, é o uso da reta de carga.
- Baseia-se no uso gráfico das curvas do diodo e da curva do resistor.

Método

a corrente I através do circuito é a seguinte:

$$I = \frac{U_R}{R_S} = \frac{U_S - U_D}{R_S}$$



No circuito em série a corrente é a mesma no diodo e no resistor. Se forem dados a tensão da fonte e a resistência R_S , então são desconhecidas a corrente e a tensão sob o diodo.



Método

o Se, por exemplo, no circuito ao lado $U_S = 2V$ e $R_S = 100\Omega$, então:

$$I = \frac{2 - U_D}{100} = -0,01 * U_D + 20mA$$

Podemos perceber uma relação linear entre a corrente e a tensão ($y = ax + b$).

- o Devemos encontrar 2 pontos da reta de carga para podermos determiná-la, utilizaremos :
 - ❖ Ponto de Saturação
 - ❖ Ponto de Corte



Pontos da Reta de Carga

Ponto de Saturação: esse ponto é chamado de ponto de saturação, pois é o máximo valor que a corrente pode assumir.

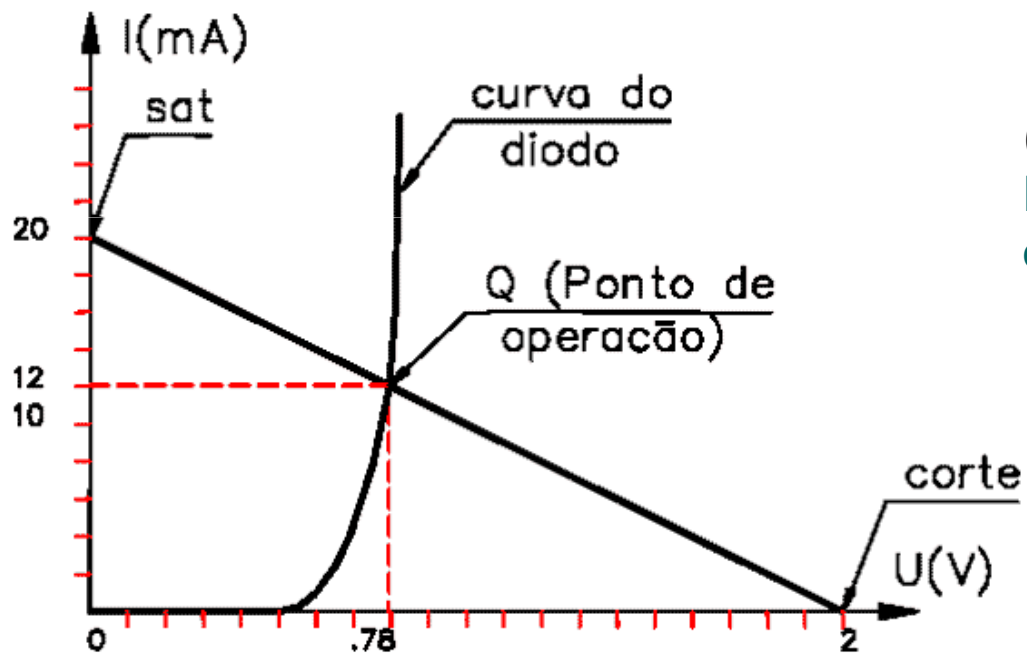
$$U_D = 0V \Rightarrow I = 20mA$$

Ponto de Corte: esse ponto é chamado corte, pois representa a corrente mínima que atravessa o resistor e o diodo.

$$I = 0A \Rightarrow U_D = 2V.$$

Reta de Carga x Curva Diodo

Sobrepondo esta curva com a curva do diodo tem-se:



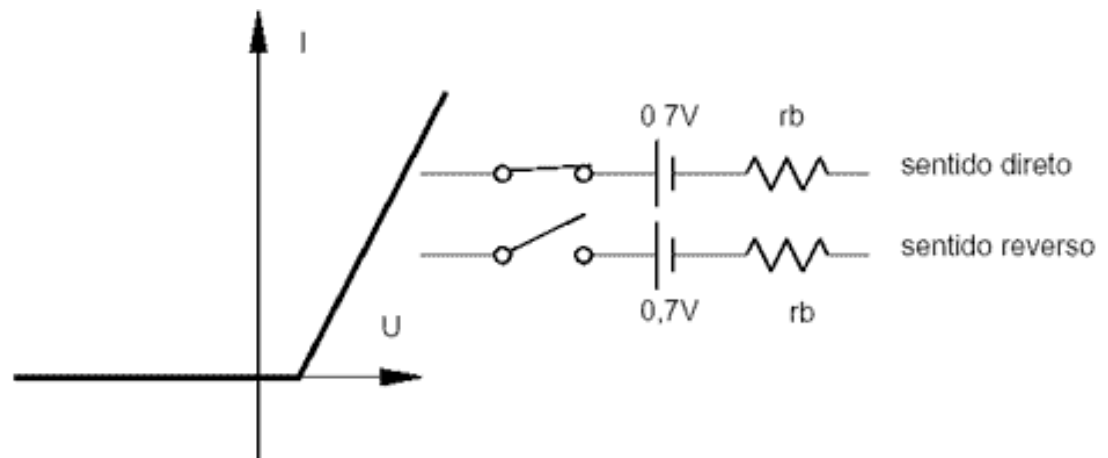
$(I=12\text{mA}, U=0,78\text{V})$ -
**Ponto de operação
ou quiescente**

Análise de circuitos com diodos

- Ao analisar ou projetar circuitos com diodos se faz necessário conhecer a curva do diodo, mas dependendo da aplicação pode-se fazer aproximações para facilitar os cálculos. Vamos utilizar a seguinte aproximação:

Leva-se em conta o fato de o diodo precisar de **0,7V** para iniciar a conduzir.

Pensa-se no diodo como uma chave em série com uma bateria de 0,7V.

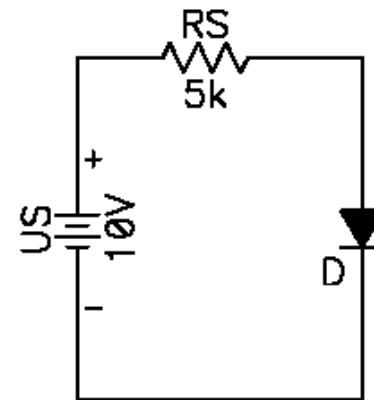


Exemplo

Determinar a corrente do diodo no circuito da Figura:

solução: O diodo está polarizado diretamente, portanto age como uma chave fechada em série com uma bateria.

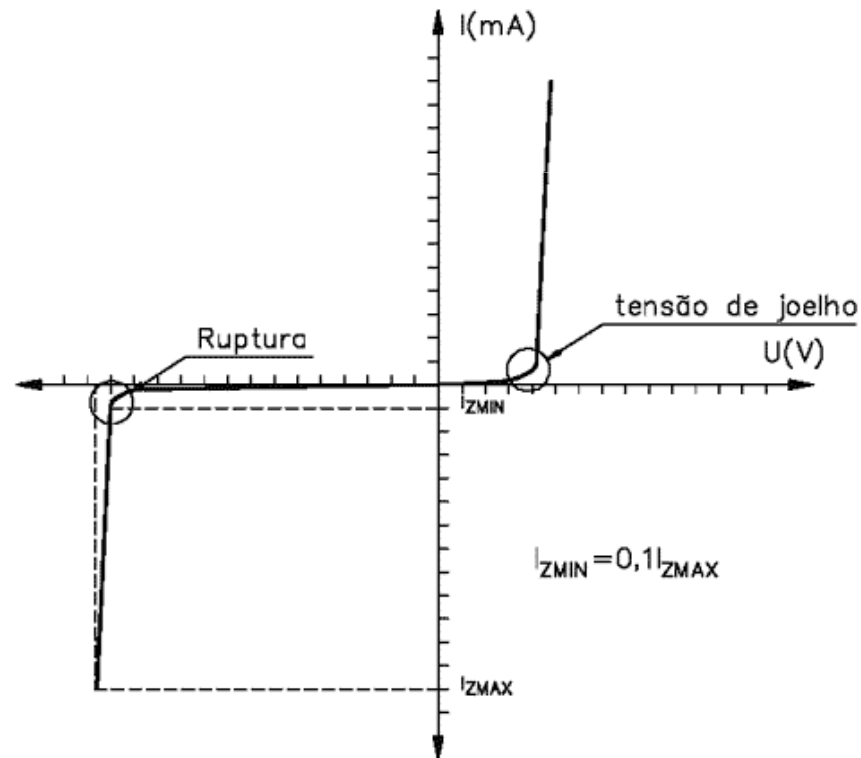
$$I_D = I_{RS} = \frac{U_{RS}}{R_s} = \frac{U_s - U_D}{R_s} = \frac{10 - 0,7}{5k} = 1,86mA$$



Tipos de diodos

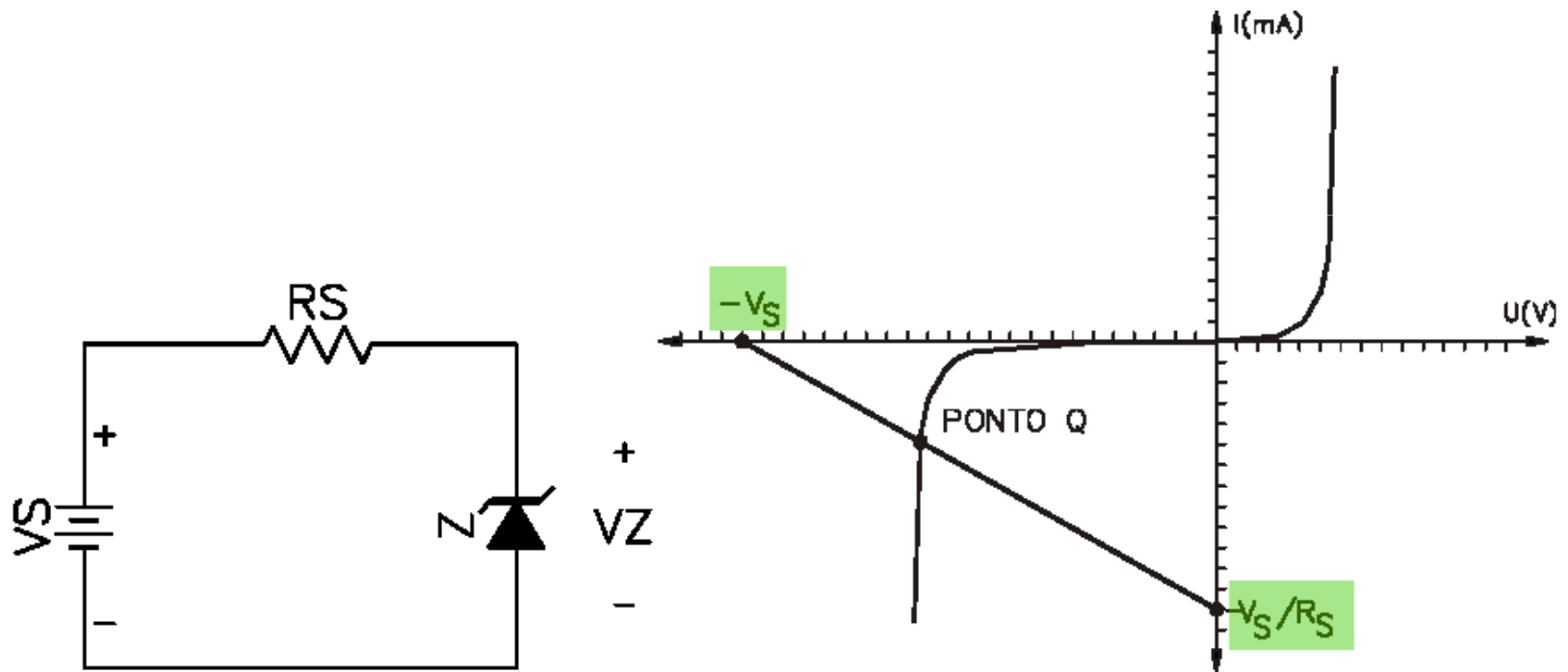
o **DIODO ZENER** - é um diodo construído especialmente para trabalhar na tensão de ruptura.

- o Seu comportamento é o de um diodo comum quando polarizado diretamente.
- o Quando polarizado inversamente ao contrário de um diodo convencional, ele suporta tensões reversas próximas a tensão de ruptura.



Diodo Zener – Reta de Carga

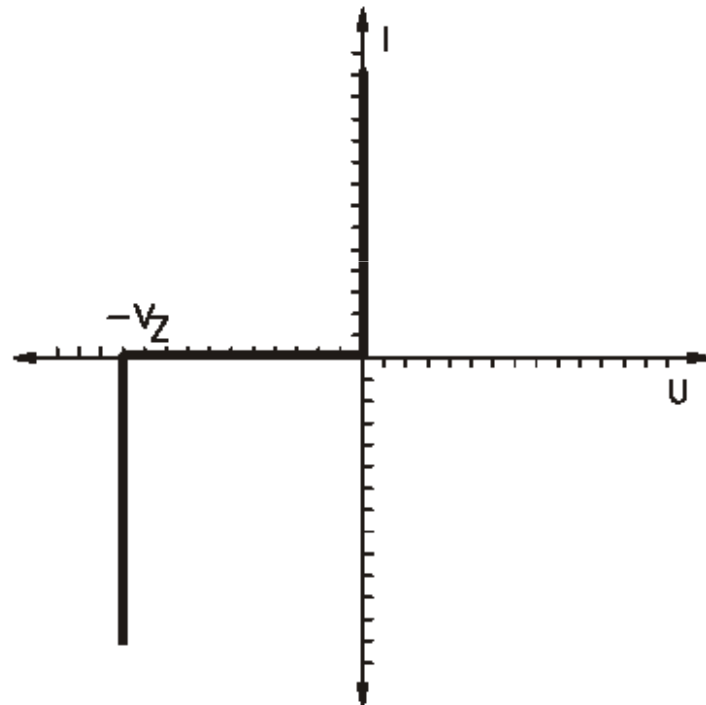
○ Graficamente é possível obter a corrente elétrica sob o zener com o uso de reta de carga.



Analise de circuitos com Zener

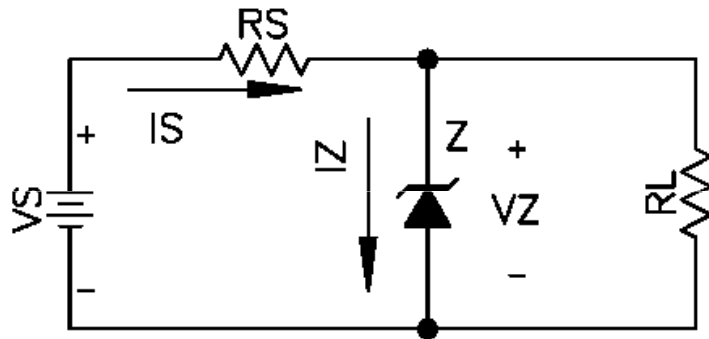
○ Utilizaremos a aproximação onde :

- O zener ideal é aquele que se comporta como uma chave fechada para tensões positivas ou tensões negativas menores que $-V_Z$. Ele se comportará como uma chave aberta para tensões negativas entre zero e $-V_Z$.



REGULADOR DE TENSÃO COM ZENER

Objetivo: manter a tensão sobre a carga constante e de valor V_Z .



Cálculo do resistor de carga R_S :

- garante a corrente mínima para a carga:

$$R_S < \frac{V_{S\text{MIN}} - V_Z}{I_{L\text{MAX}} + I_{Z\text{MIN}}}$$

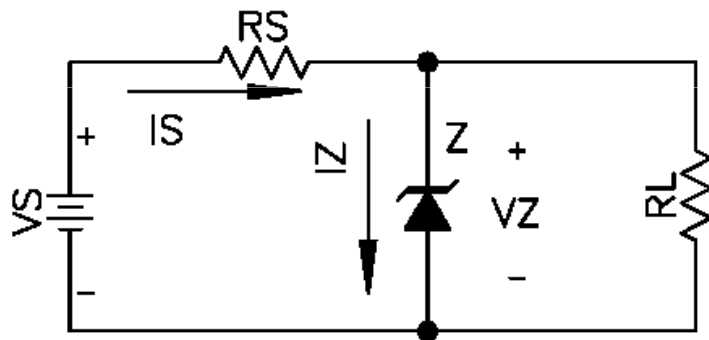
- garante que sob o zener não circule uma corrente maior que $I_{Z\text{MAX}}$

$$R_S > \frac{V_{S\text{MAX}} - V_Z}{I_{L\text{MIN}} + I_{Z\text{MAX}}}$$

Um regulador zener tem uma tensão de entrada de 15V a 20V e a corrente de carga de 5 a 20mA. Se o zener tem $V_Z=6,2\text{V}$ e $I_{Z\text{MAX}}=40\text{mA}$, qual o valor de R_S ?

Exemplo

Um regulador zener tem uma tensão de entrada de 15V a 20V e a corrente de carga de 5 a 20mA. Se o zener tem $V_Z=6,8V$ e $I_{ZMAX}=40mA$, qual o valor de R_S ?



Lembrando:

$$I_{Z_{Min}} = 0,1 \cdot I_{Z_{Max}}$$

Solução:

$$R_S < (15-6,8)/(20m+4m)=342 \Omega$$

e

$$R_S > (20-6,8)/(5m+40m)=293 \Omega$$

$$293 \Omega < R_S < 342 \Omega$$