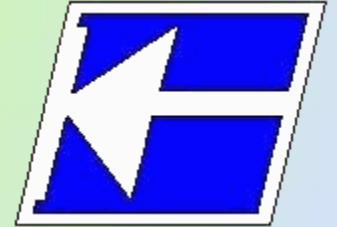


Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Retificadores



Aplicações dos diodos Parte 3 e Diodo Zener

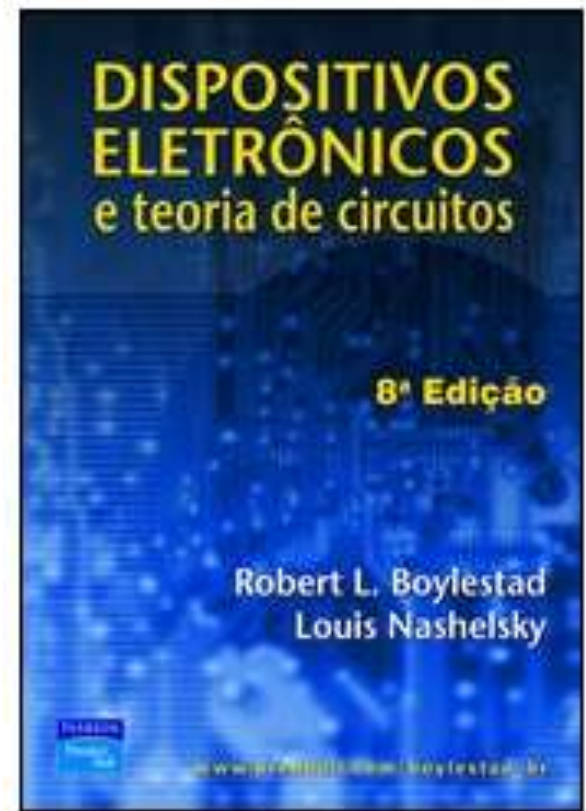
Prof. Clóvis Antônio Petry.

Florianópolis, outubro de 2008.

Bibliografia para esta aula

Seqüência de conteúdos:

1. Aplicações de diodos – Parte 3;
2. Diodos zener.



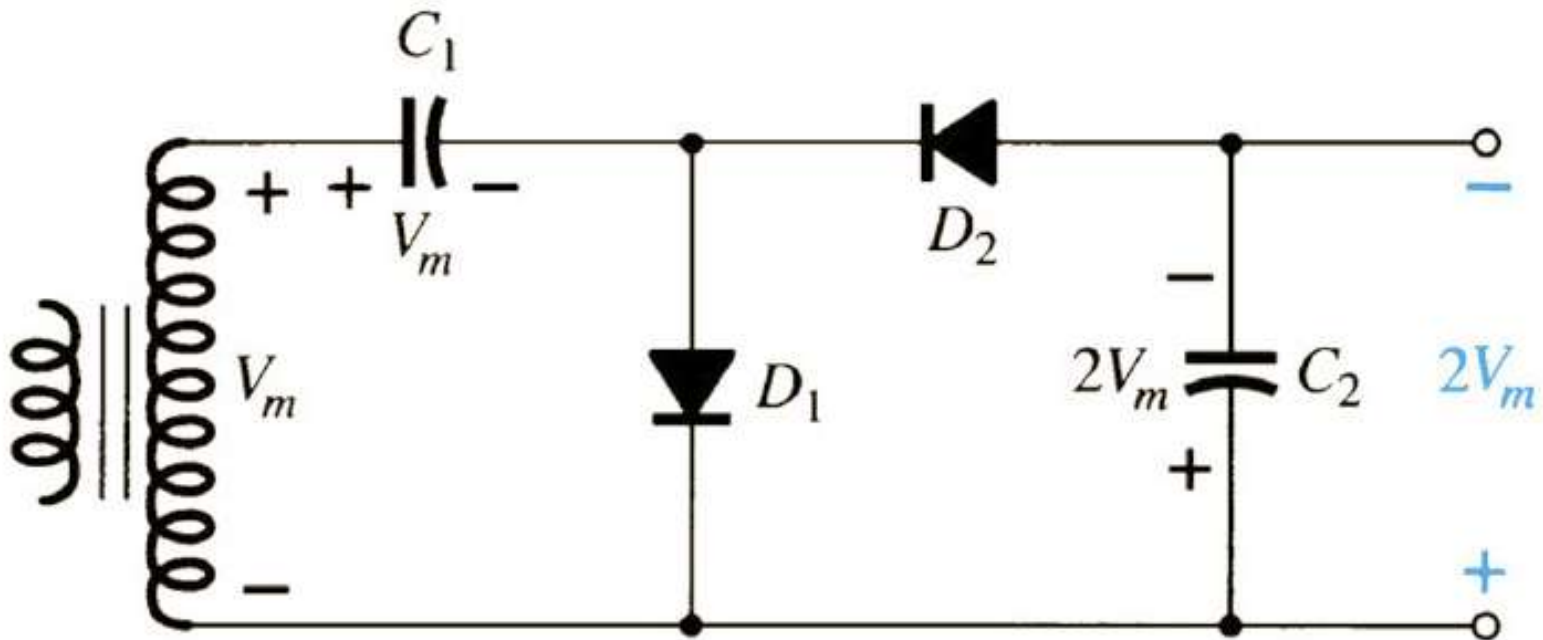
Nesta aula

Seqüência de conteúdos:

1. Multiplicadores de tensão;
2. Aplicações diversas;
3. Diodo zener.

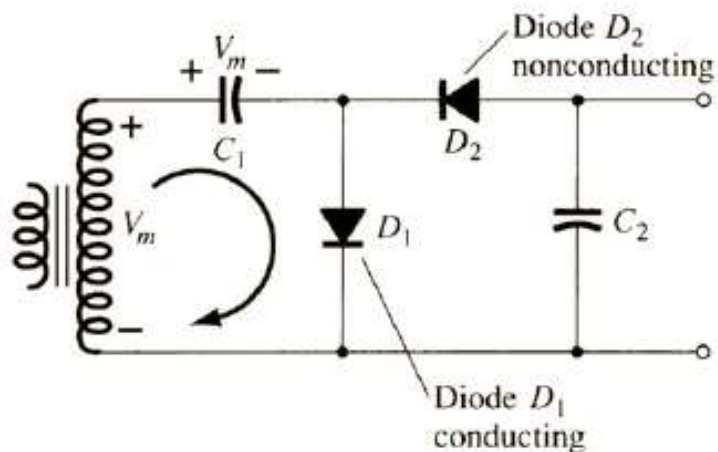
Multiplicadores de tensão

Dobrador de tensão de meia onda:

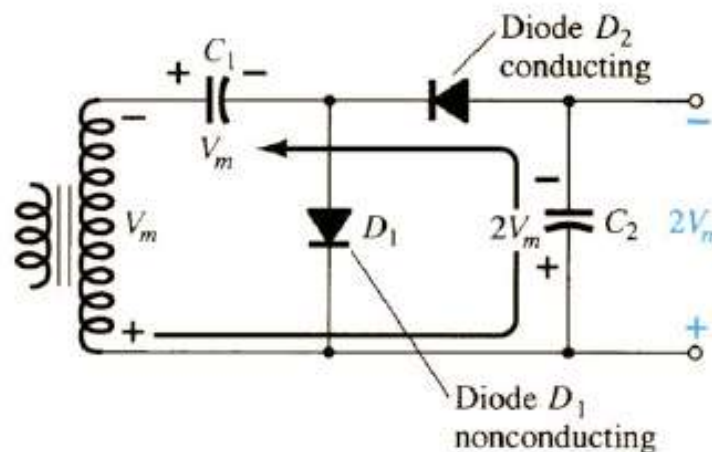


Multiplicadores de tensão

Dobrador de tensão de meia onda:



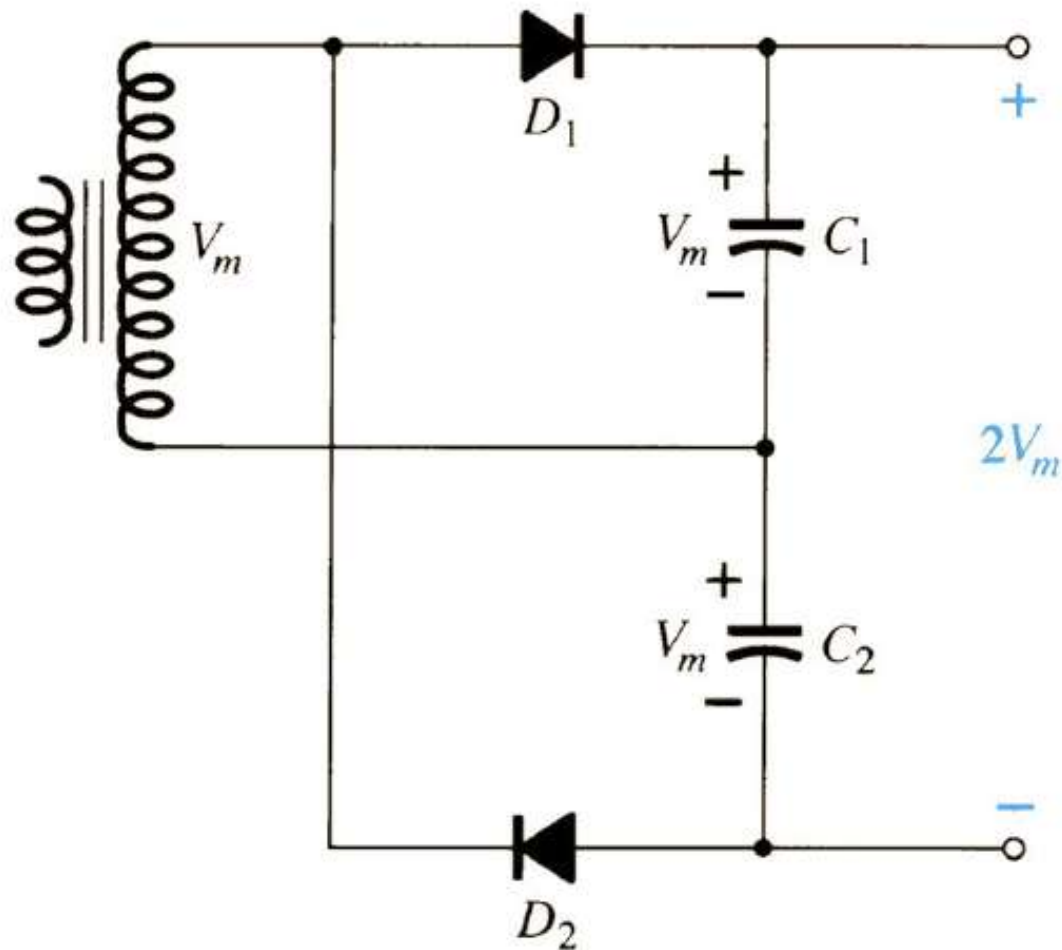
Semiciclo positivo.



Semiciclo negativo.

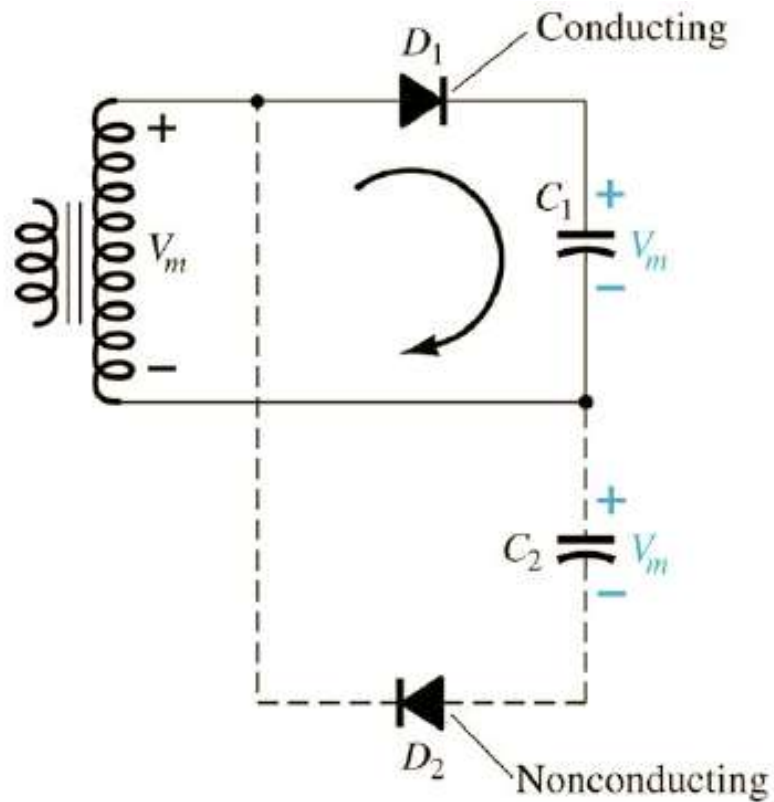
Multiplicadores de tensão

Dobrador de tensão de onda completa:

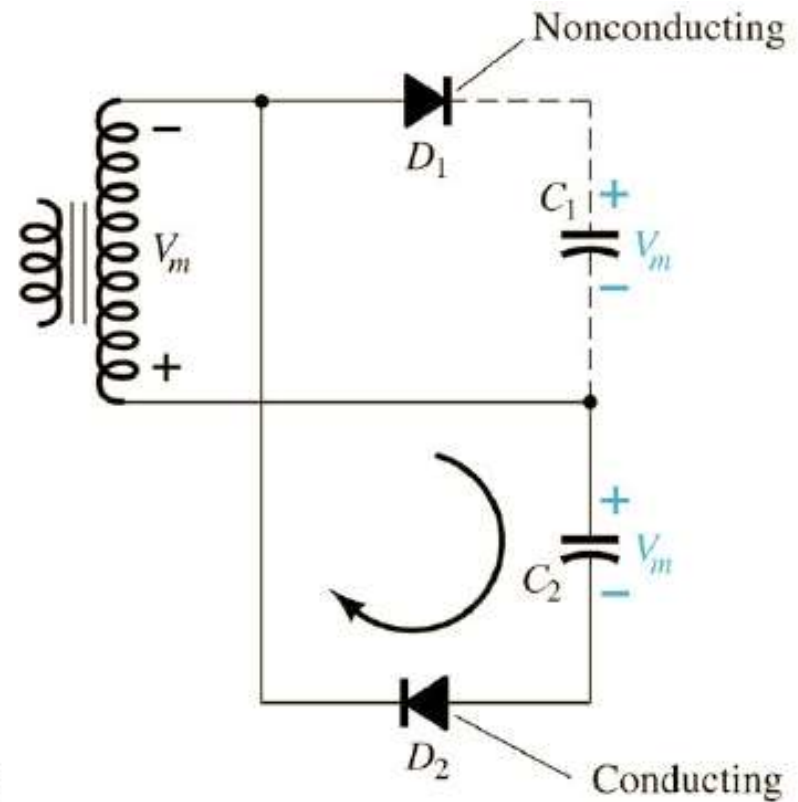


Multiplicadores de tensão

Dobrador de tensão de onda completa:



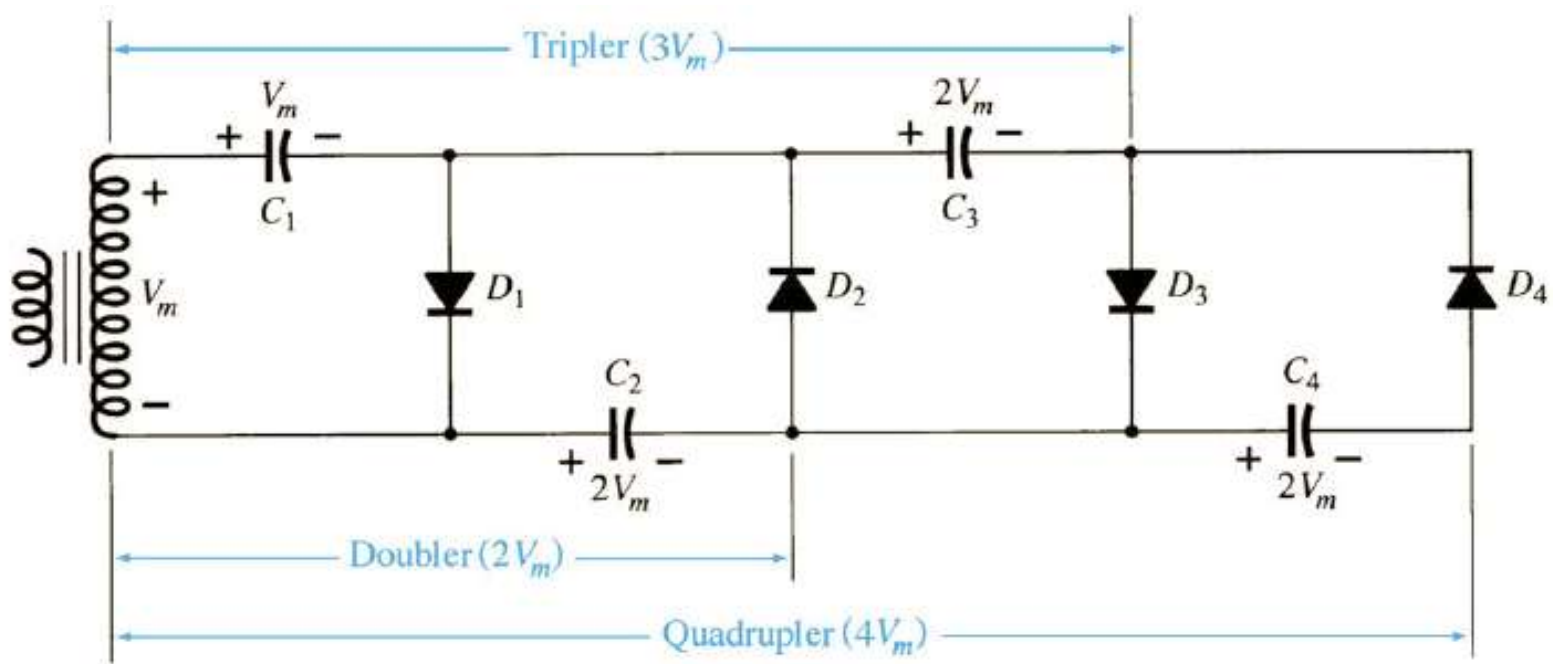
Semiciclo positivo.



Semiciclo negativo.

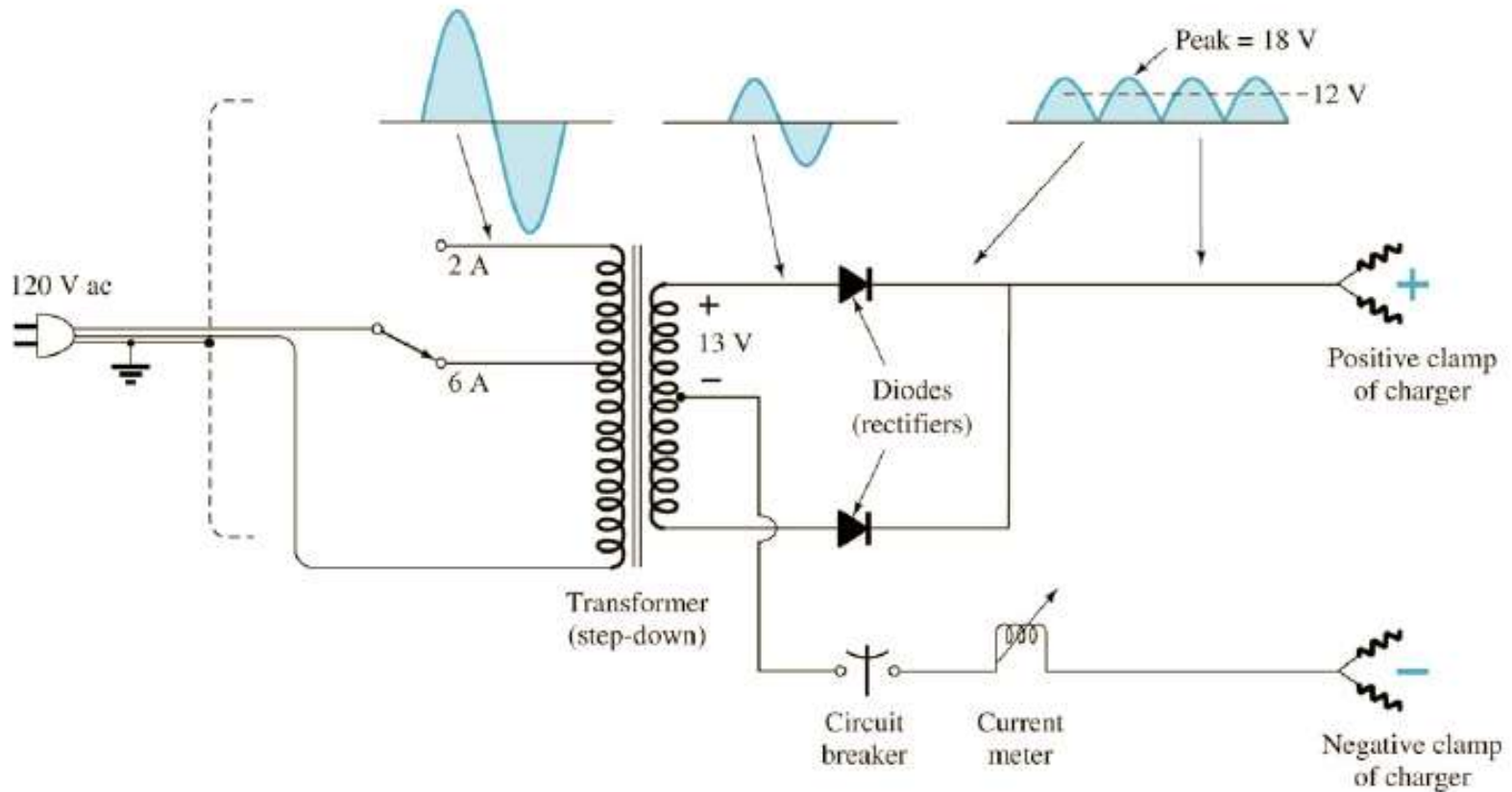
Multiplicadores de tensão

Triplicador de tensão:



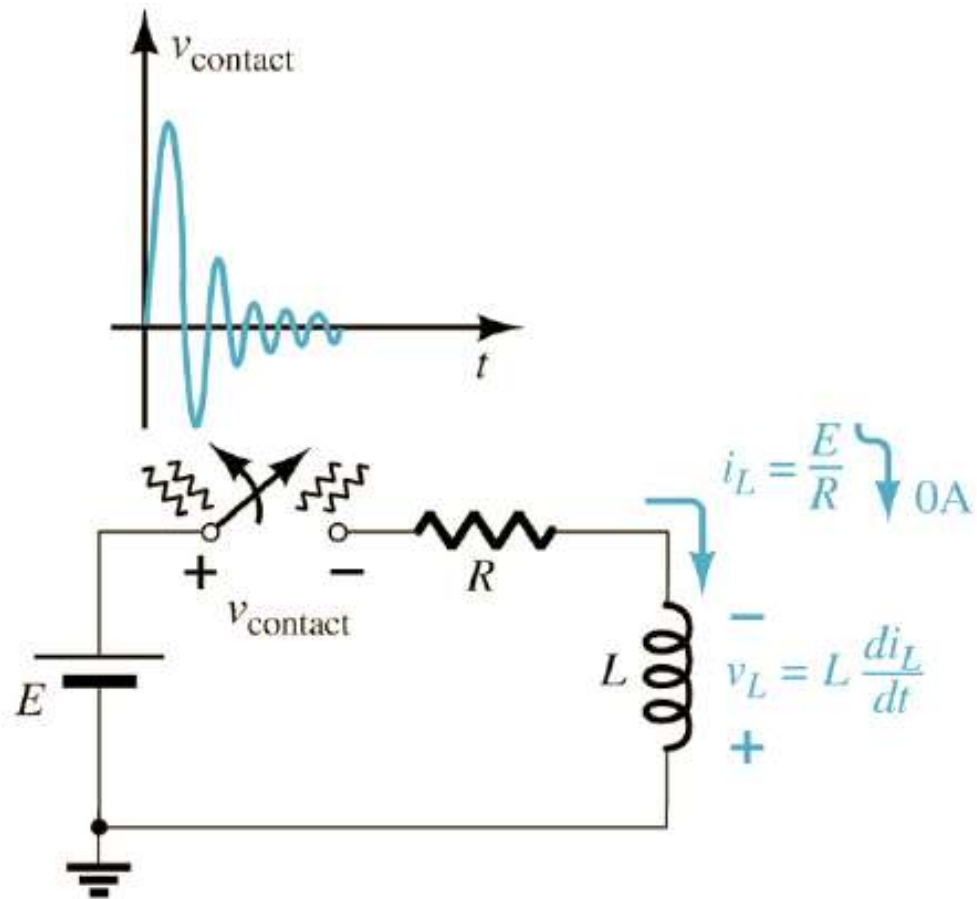
Aplicações diversas

Carregador de baterias:



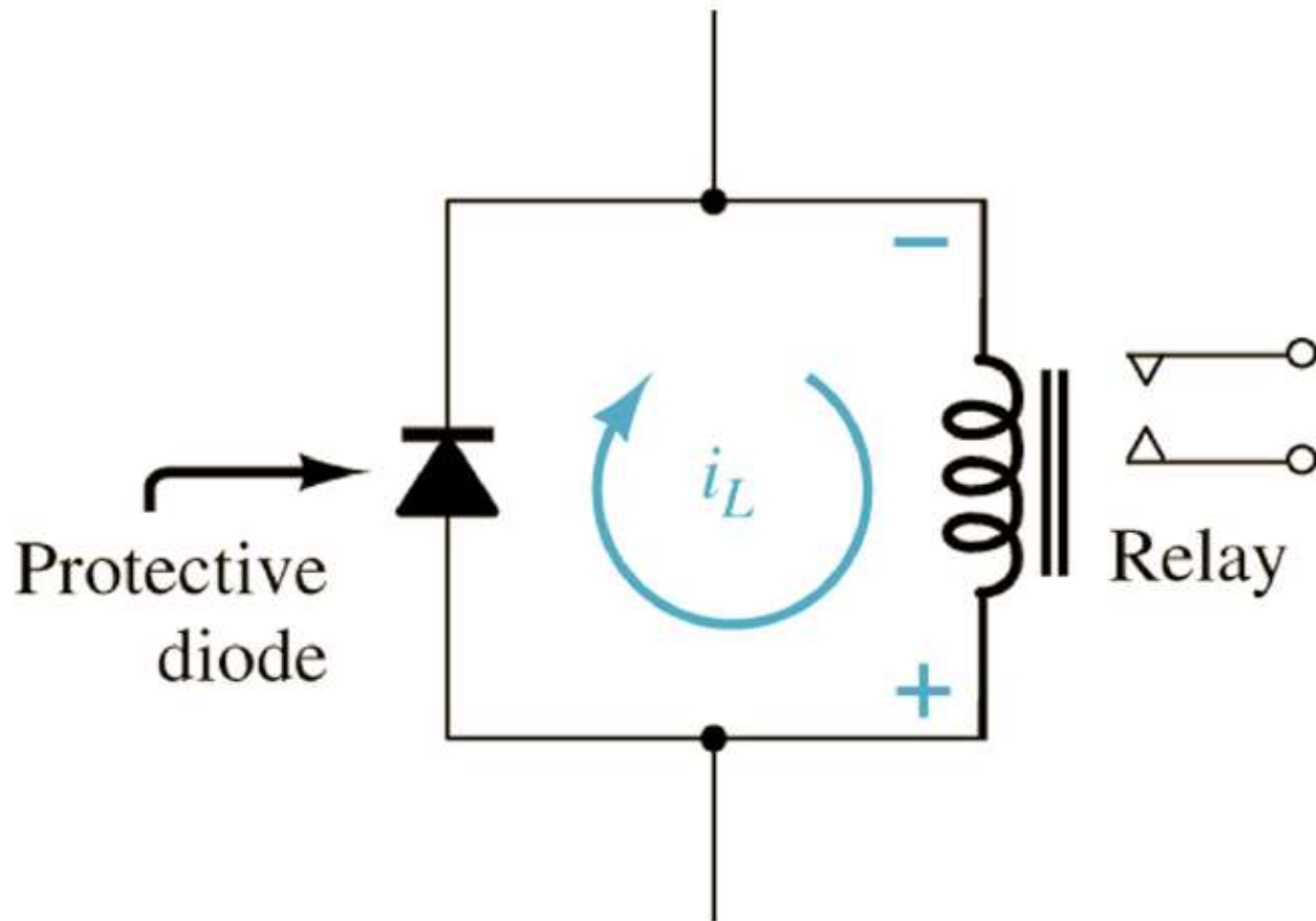
Aplicações diversas

Proteção contra sobretensão:



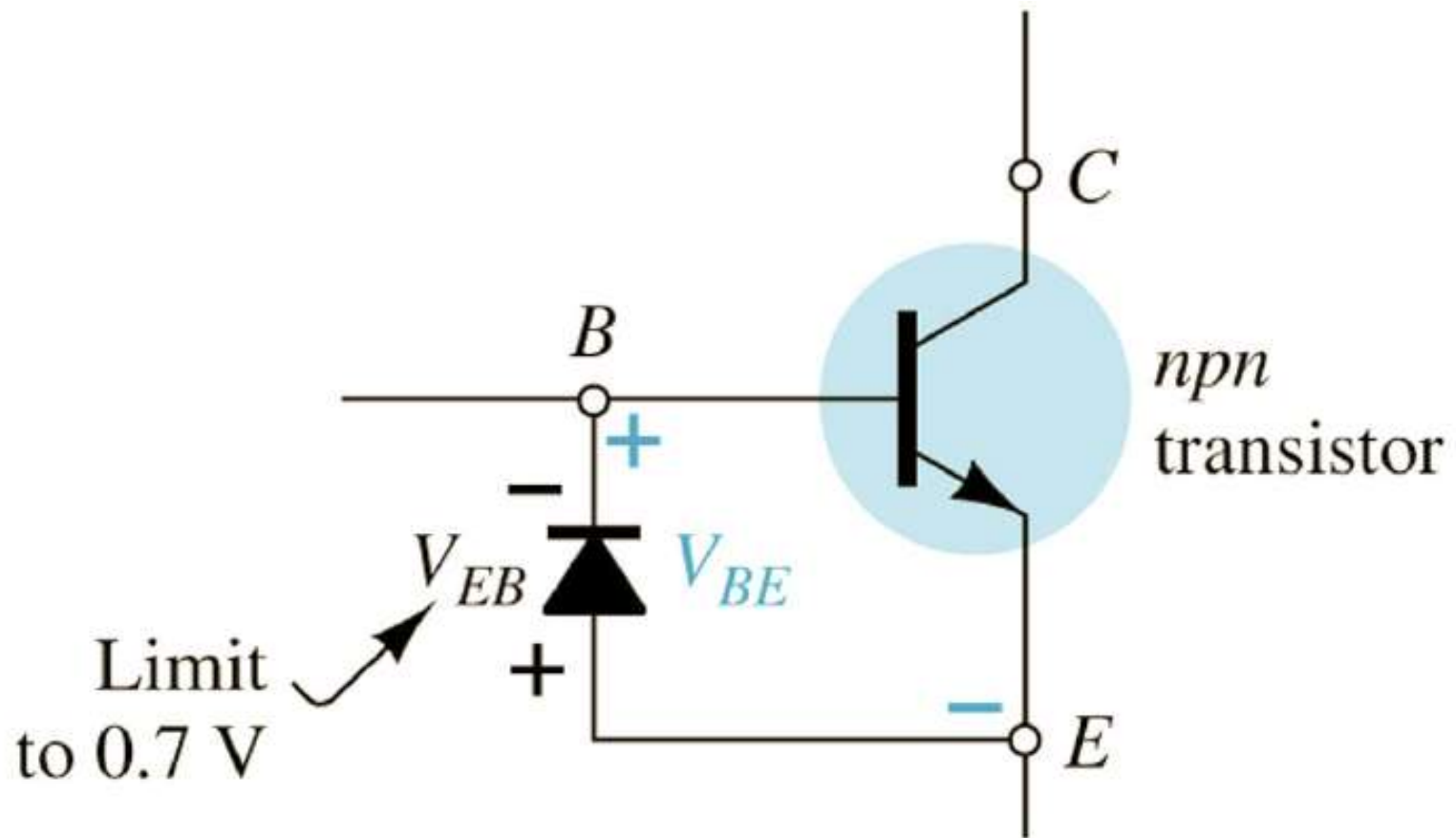
Aplicações diversas

Proteção contra sobretensão:



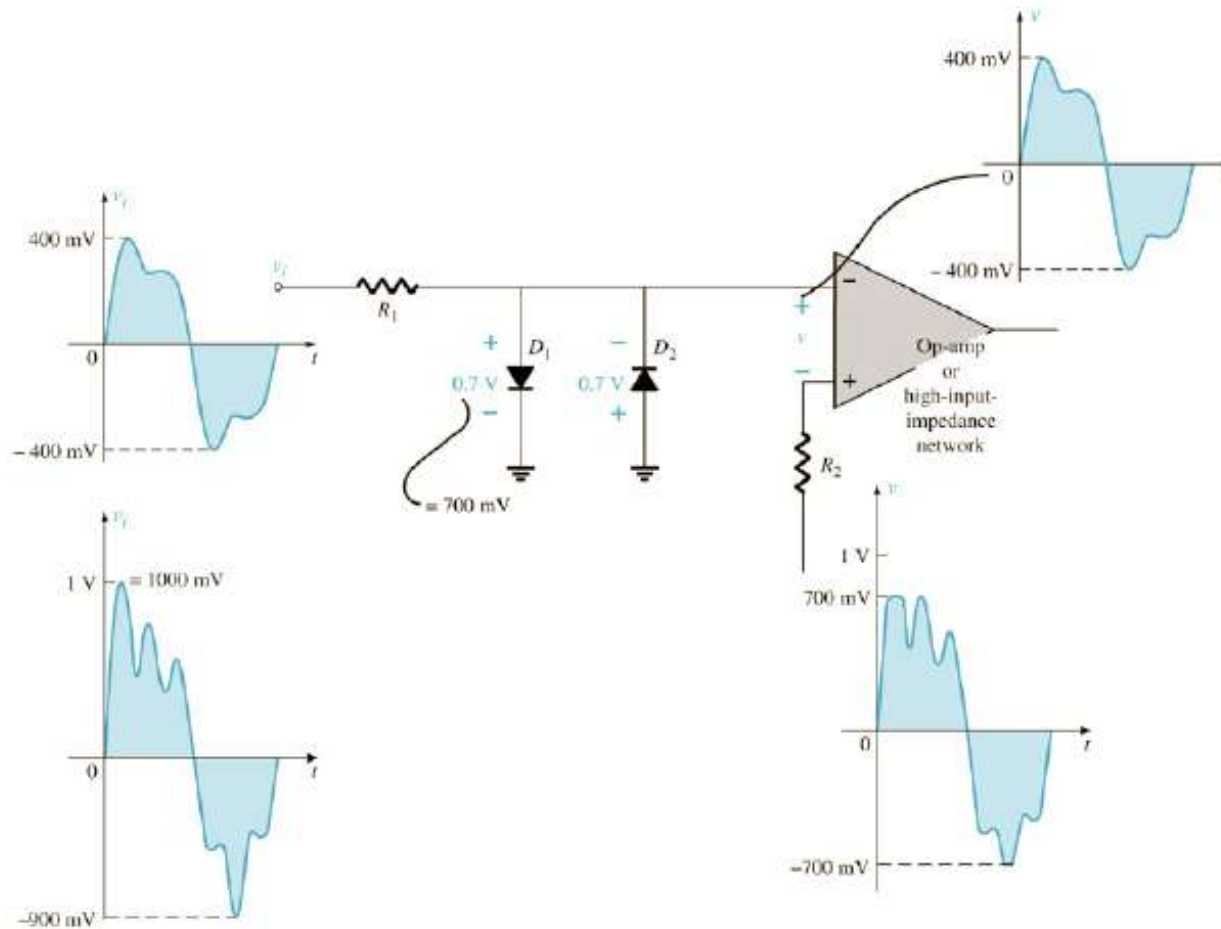
Aplicações diversas

Proteção da base de um transistor:



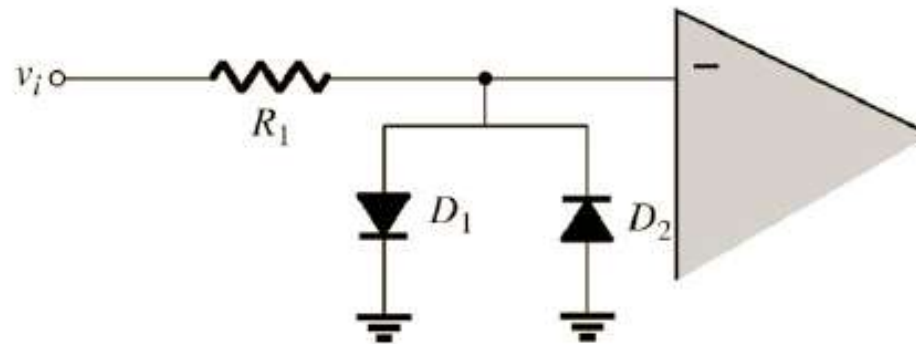
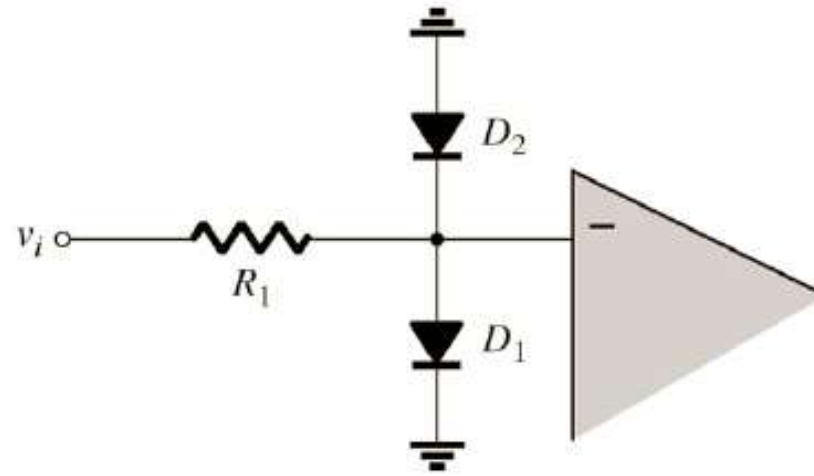
Aplicações diversas

Proteção na entrada de um amplificador operacional:



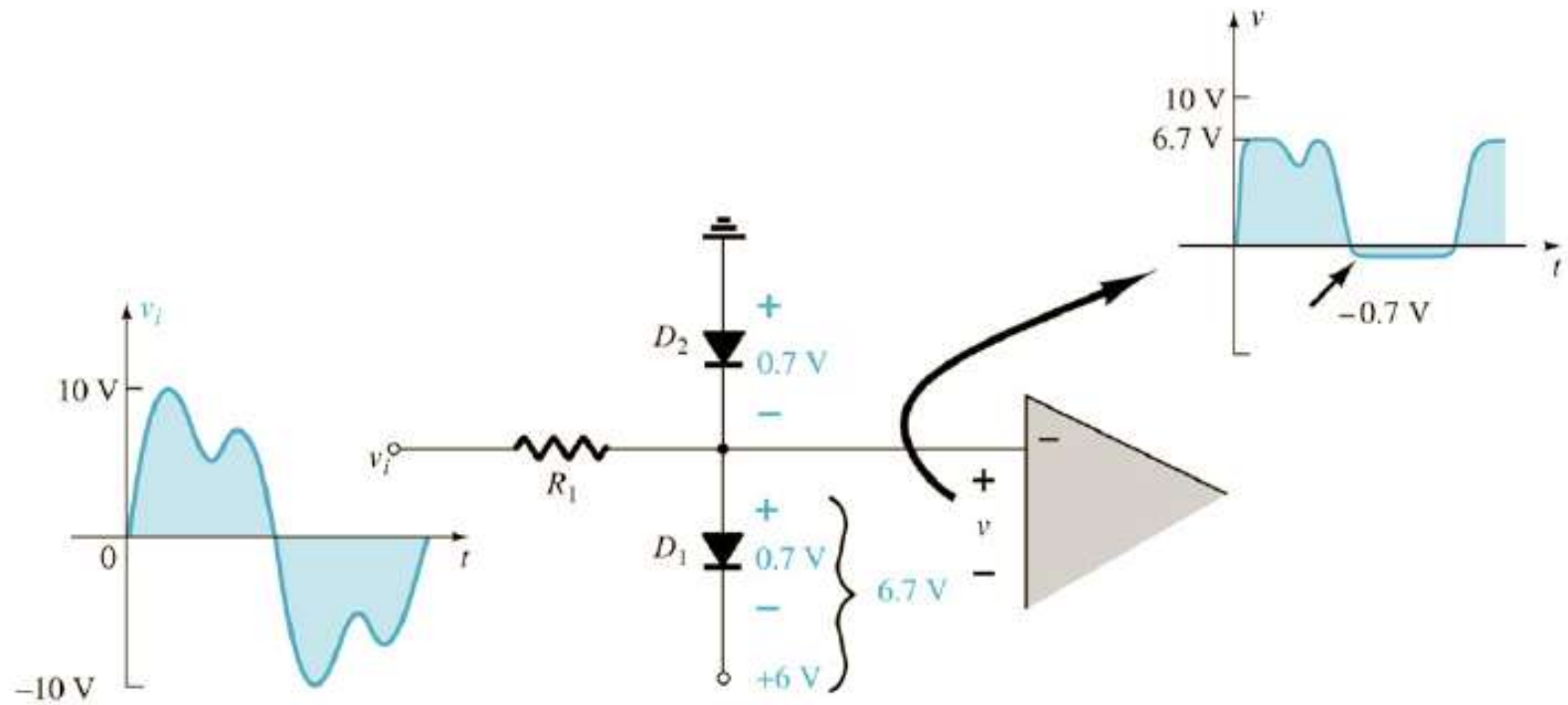
Aplicações diversas

Proteção na entrada de um amplificador operacional:



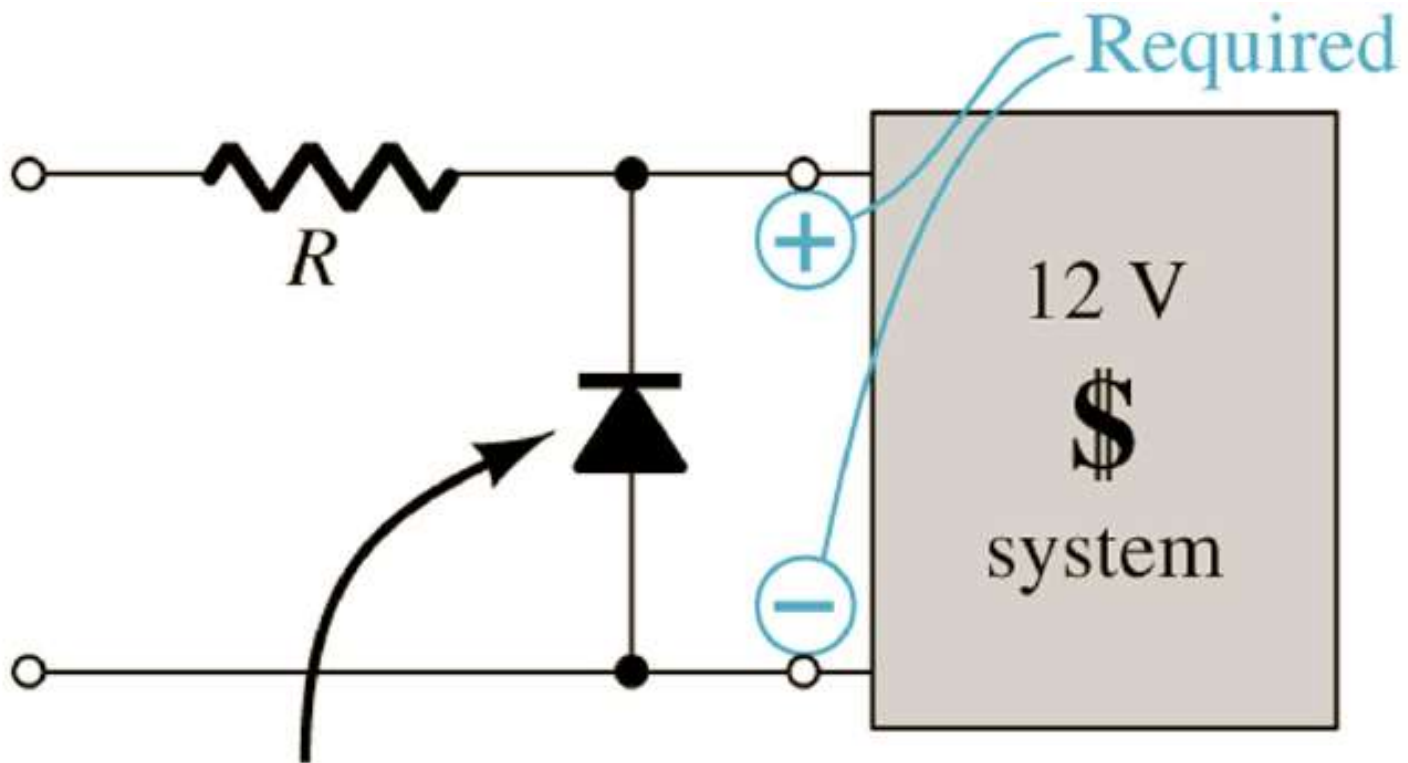
Aplicações diversas

Proteção na entrada de um amplificador operacional:



Aplicações diversas

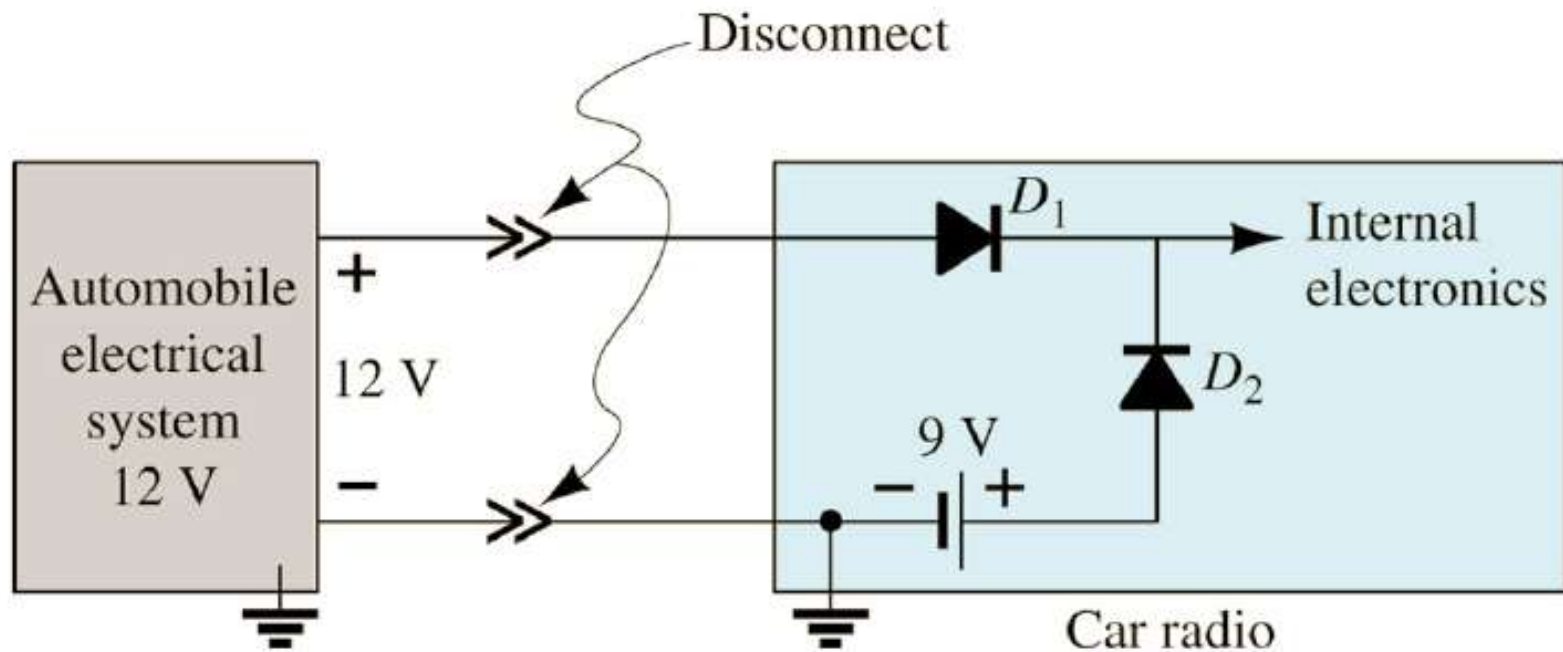
Proteção contra inversão de polaridade da fonte:



Diode polarity protection

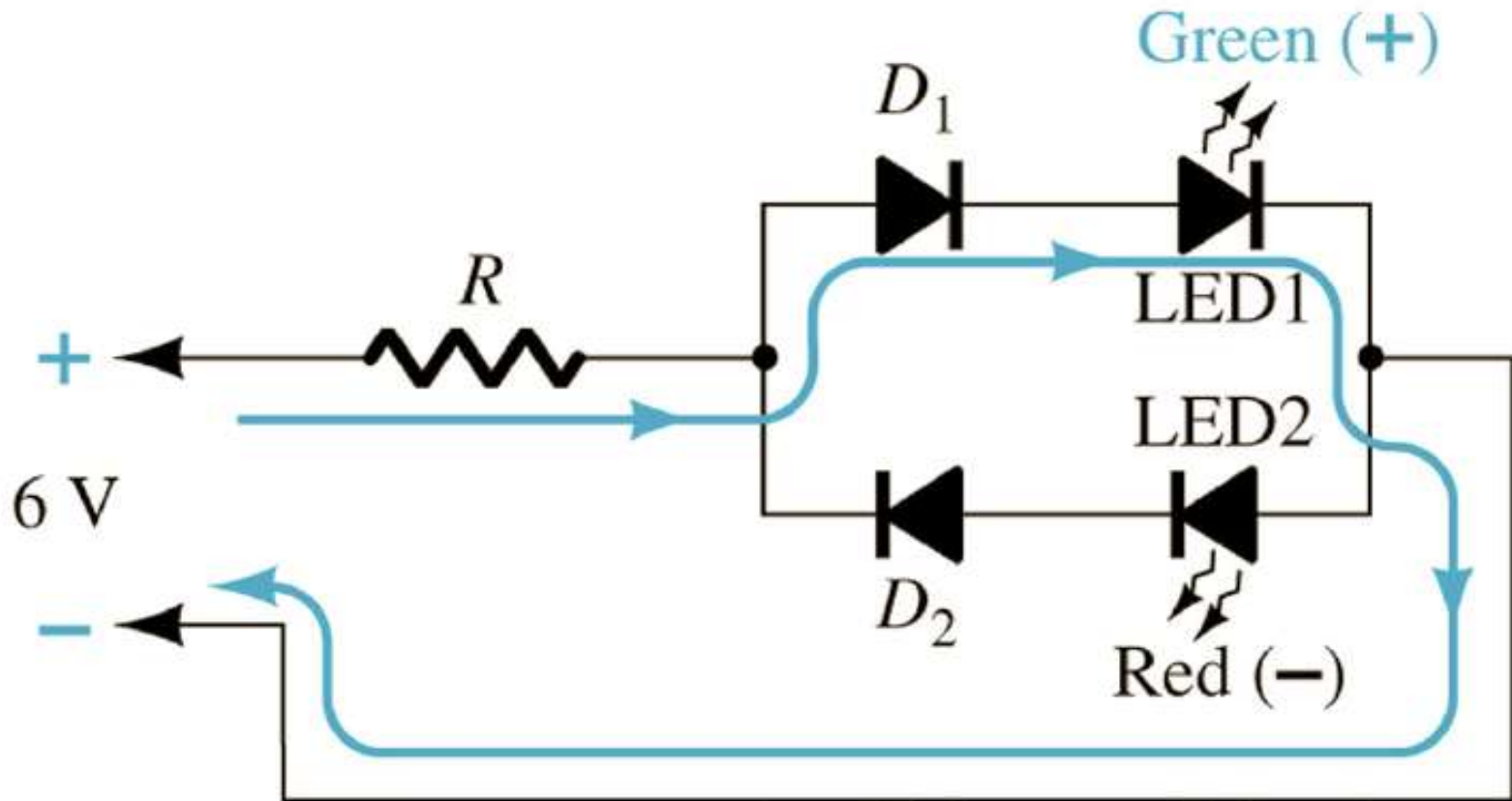
Aplicações diversas

Backup para impedir perda de memória:



Aplicações diversas

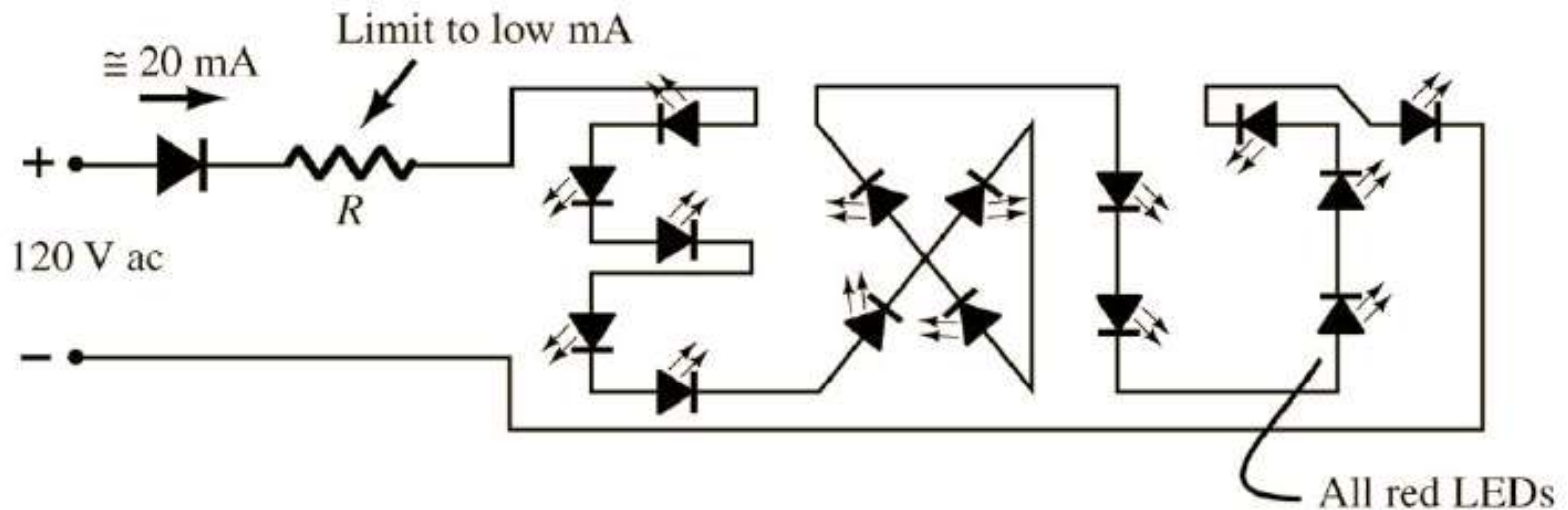
Identificador de polaridade de baterias:



Aplicações diversas

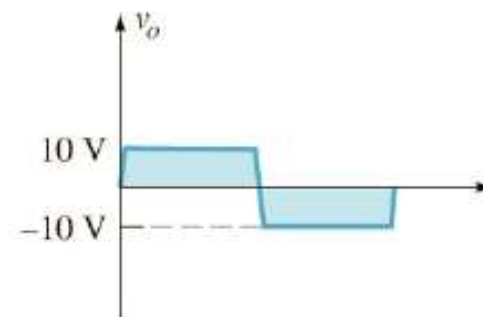
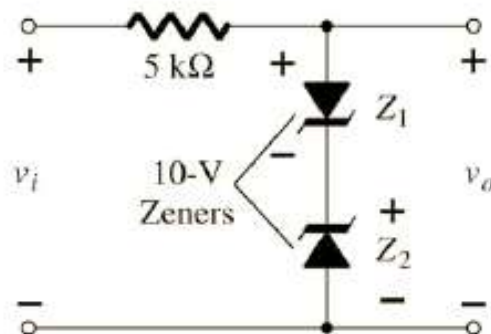
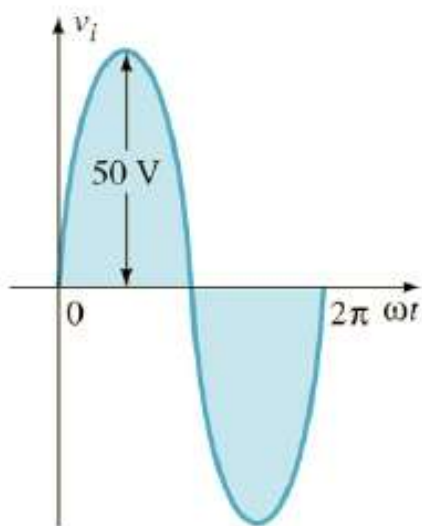
Sinalizador de saída de emergência:

EXIT



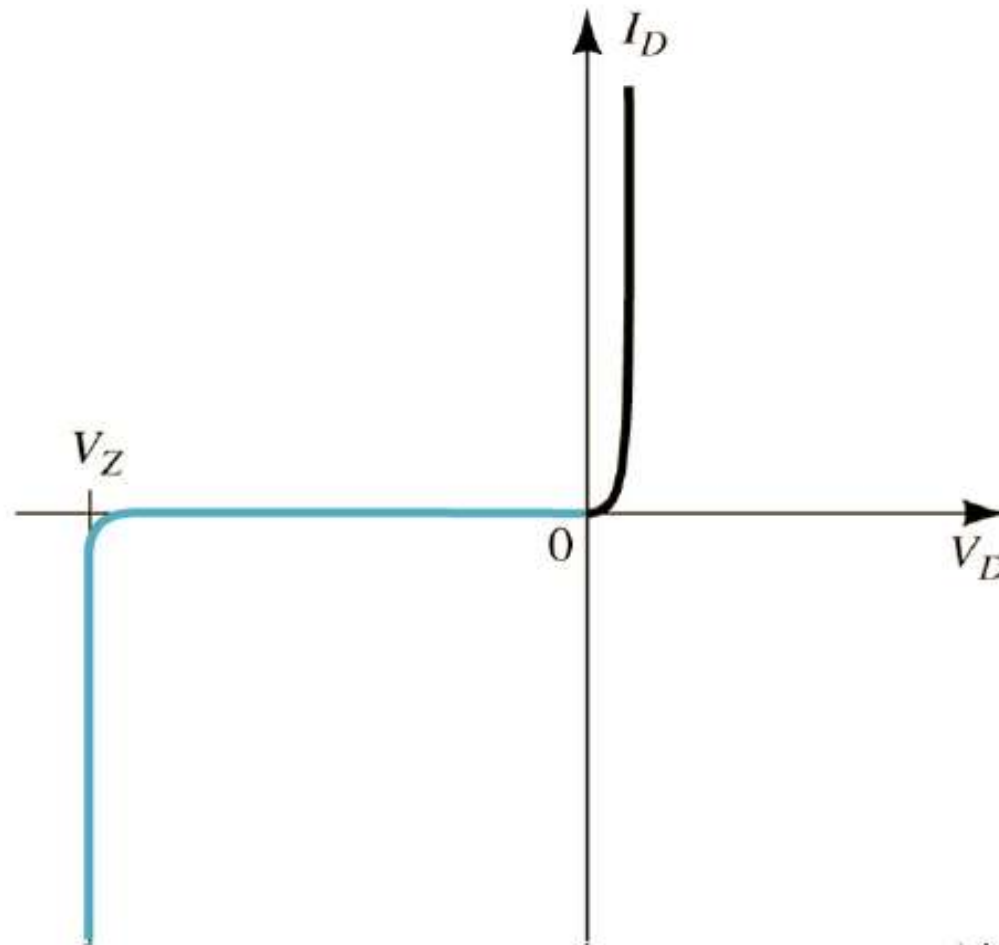
Aplicações diversas

Gerador (aproximado) de onda quadrada:



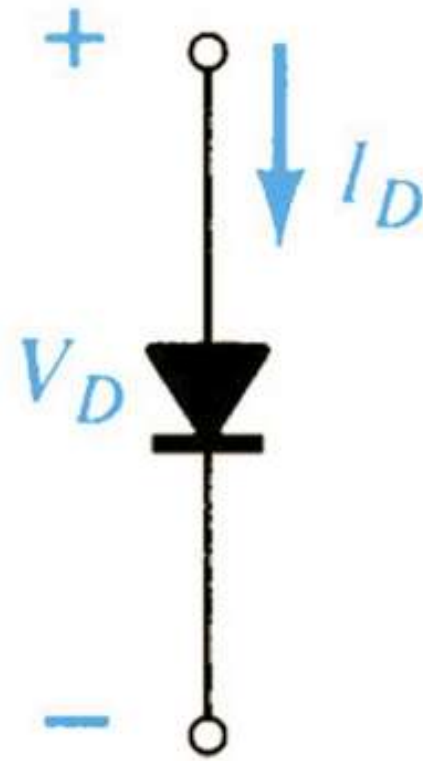
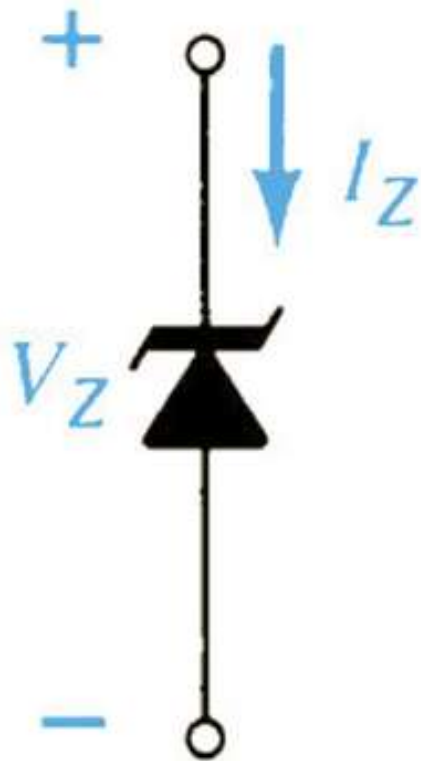
Diodos zener

Região de operação zener:



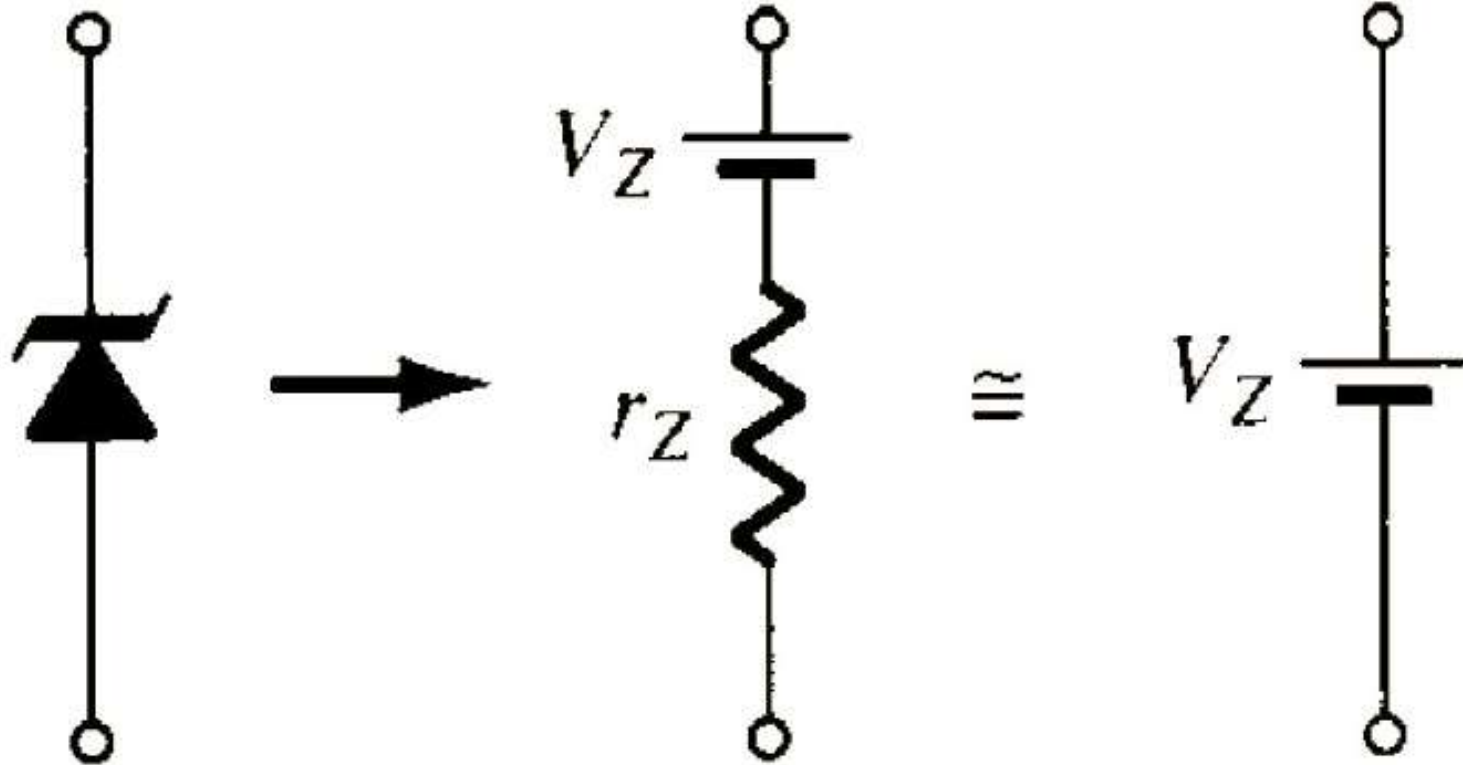
Diodos zener

Sentido de condução:



Diodos zener

Modelos equivalentes do diodo zener:

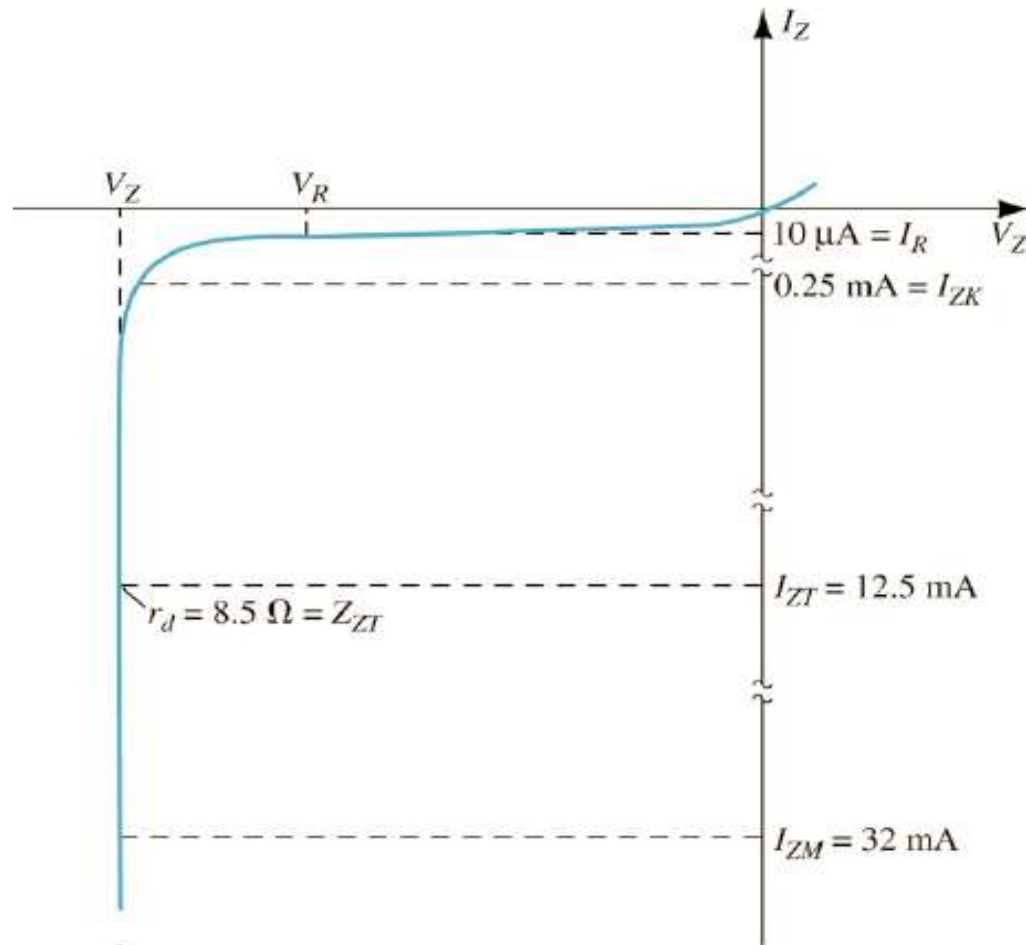


Completo

Simplificado

Diodos zener

Curva característica de um diodo zener:



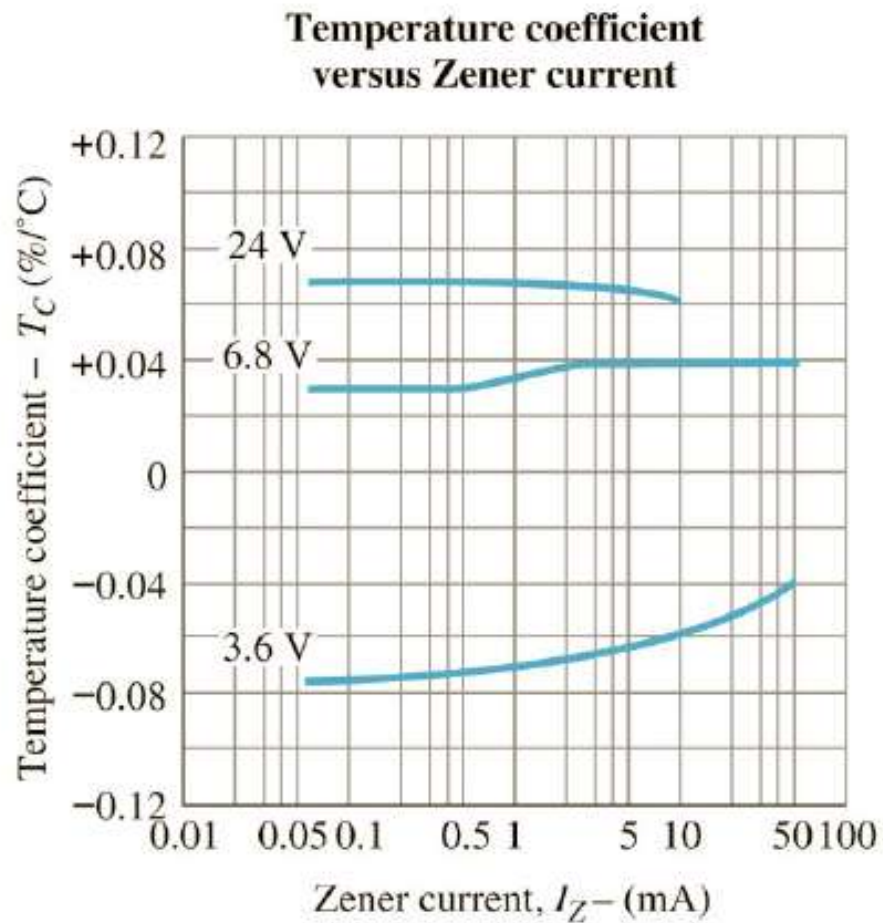
Diodos zener

Características elétricas:

- Tensão zener nominal – V_Z [V];
- Corrente de teste – I_{ZT} [mA];
- Impedância dinâmica – Z_{ZT} @ I_{ZT} [Ω];
- Corrente de joelho – I_{ZK} [mA];
- Impedância de joelho máxima – Z_{ZK} @ I_{ZK} [Ω];
- Corrente reversa máxima – I_R @ V_R [μ A];
- Tensão de teste – V_R [V];
- Corrente máxima de regulação – I_{ZM} [mA];
- Coeficiente de temperatura típico - %/ $^{\circ}$ C.

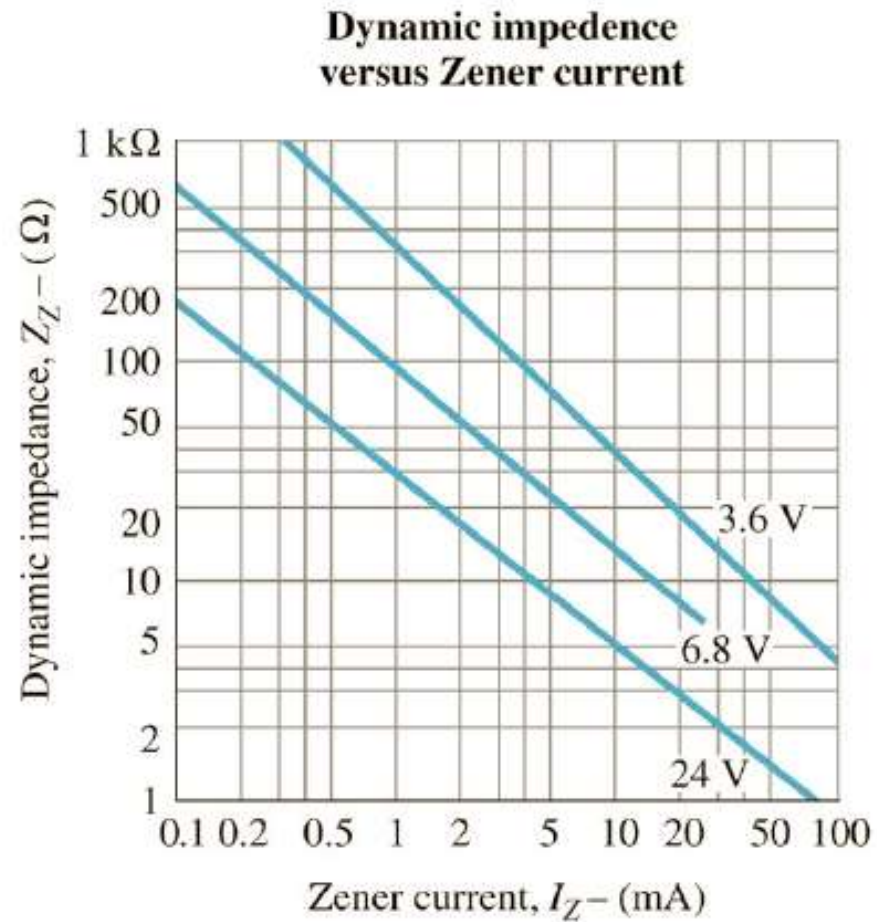
Diodos zener

Coeficiente de temperatura versus corriente zener:



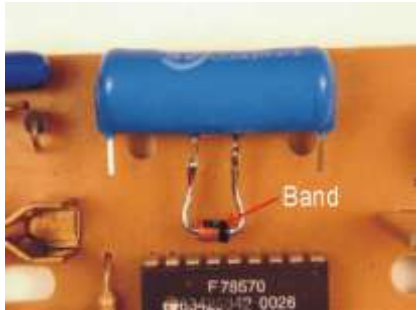
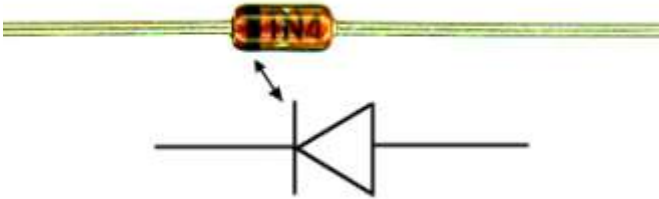
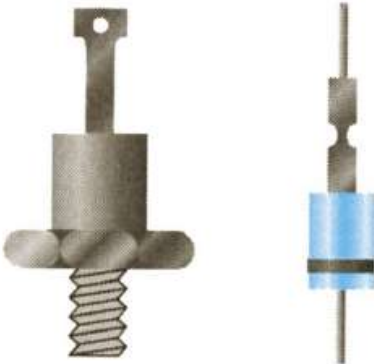
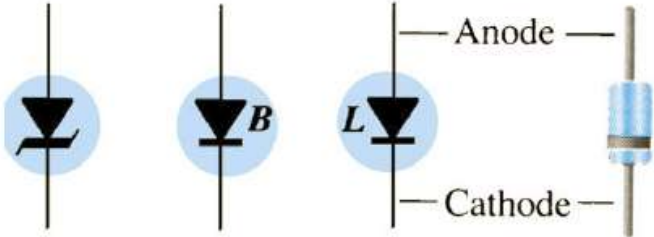
Diodos zener

Impedância dinâmica versus corrente zener:



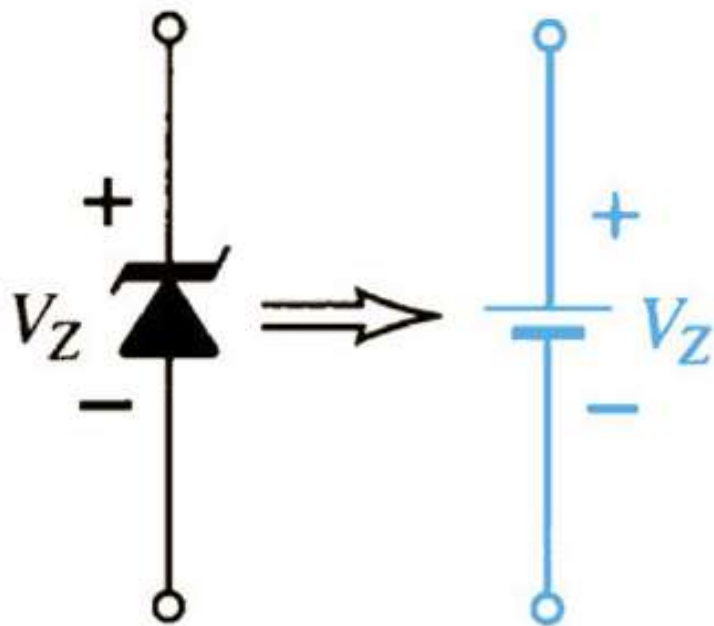
Diodos zener

Aspectos de diodos zener:

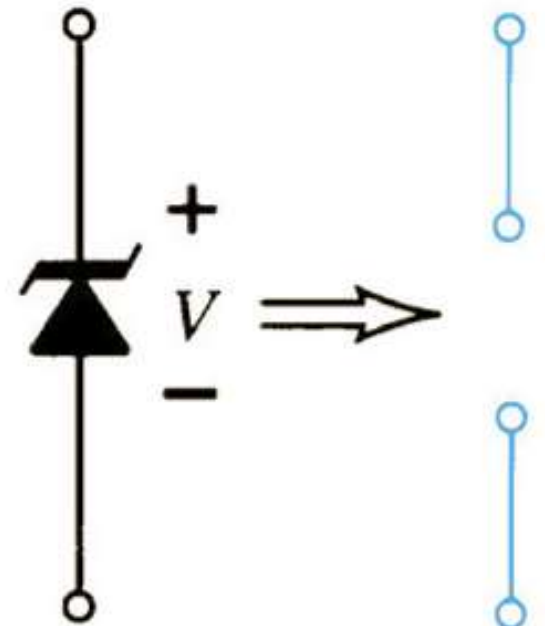


Diodos zener

Regulador zener:



"on"



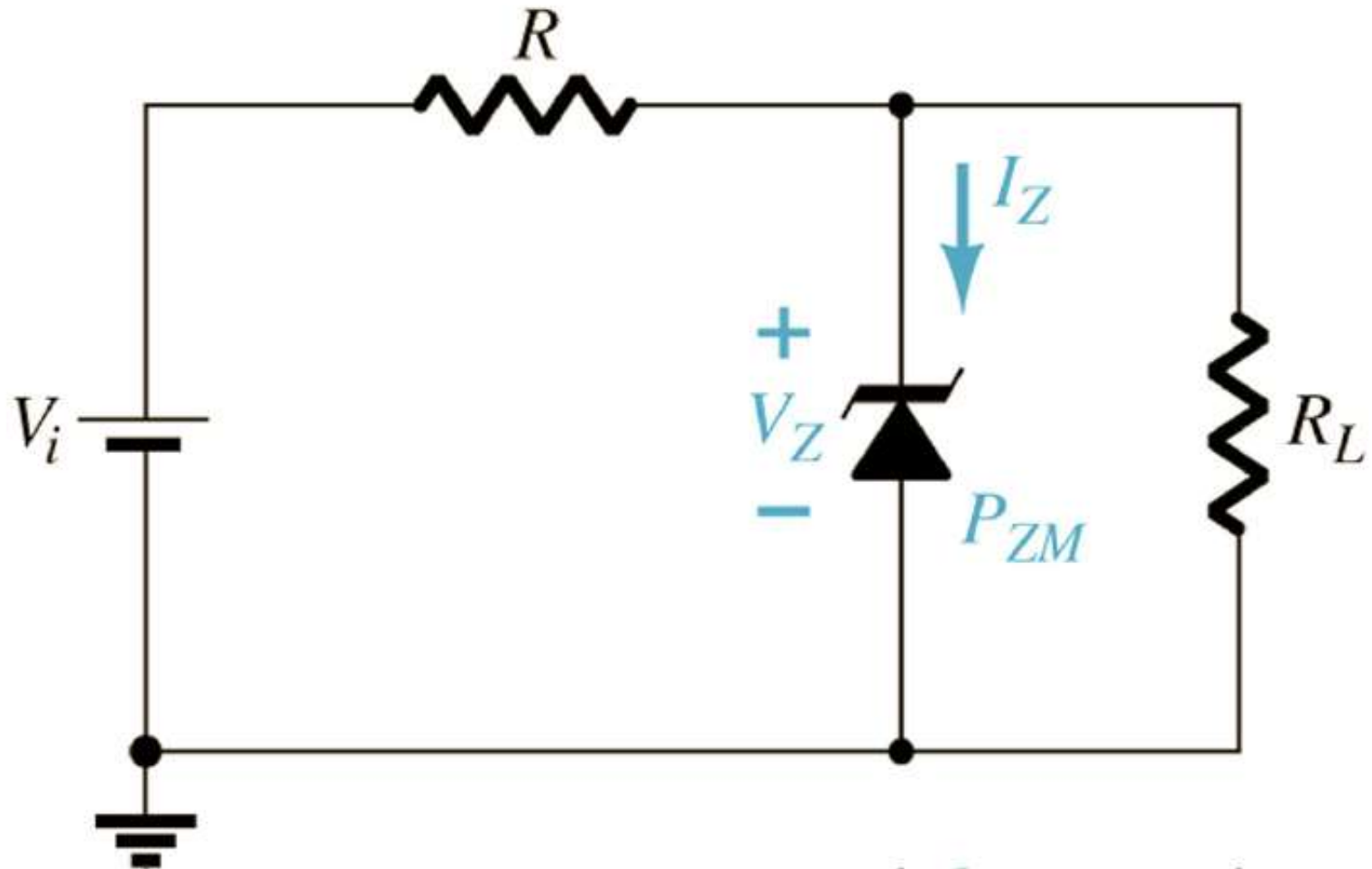
$(V_Z > V > 0 \text{ V})$

"off"

Comportamento do zener em condução e bloqueado.

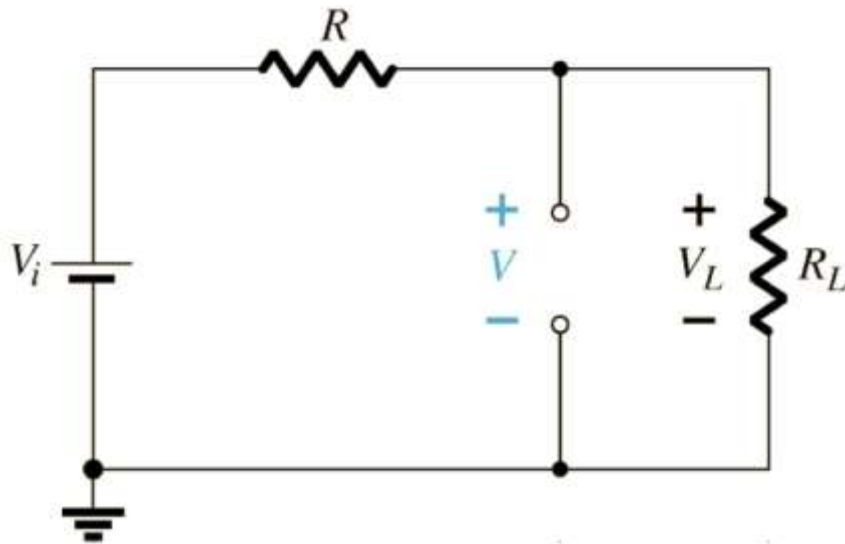
Diodos zener

Circuito regulador zener básico: V_i e R_L fixos



Diodos zener

Circuito regulador zener básico: V_i e R_L fixos



$$V = V_L = \frac{R_L \cdot V_i}{R + R_L}$$

$$V_L = V_Z$$

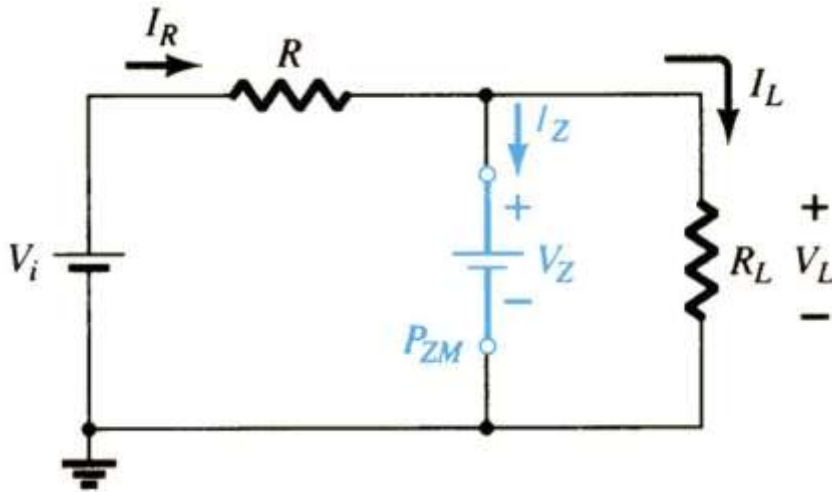
Para verificar se o zener está ligado, retira-se o mesmo do circuito e calcula-se a tensão sobre o zener. Se a tensão for maior que a tensão zener, ele estará ligado.



$$V_L \geq V_Z$$

Diodos zener

Circuito regulador zener básico: V_i e R_L fixos



Se:

$$V_L \geq V_Z$$

$$I_R = I_Z + I_L$$

$$I_Z = I_R - I_L$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

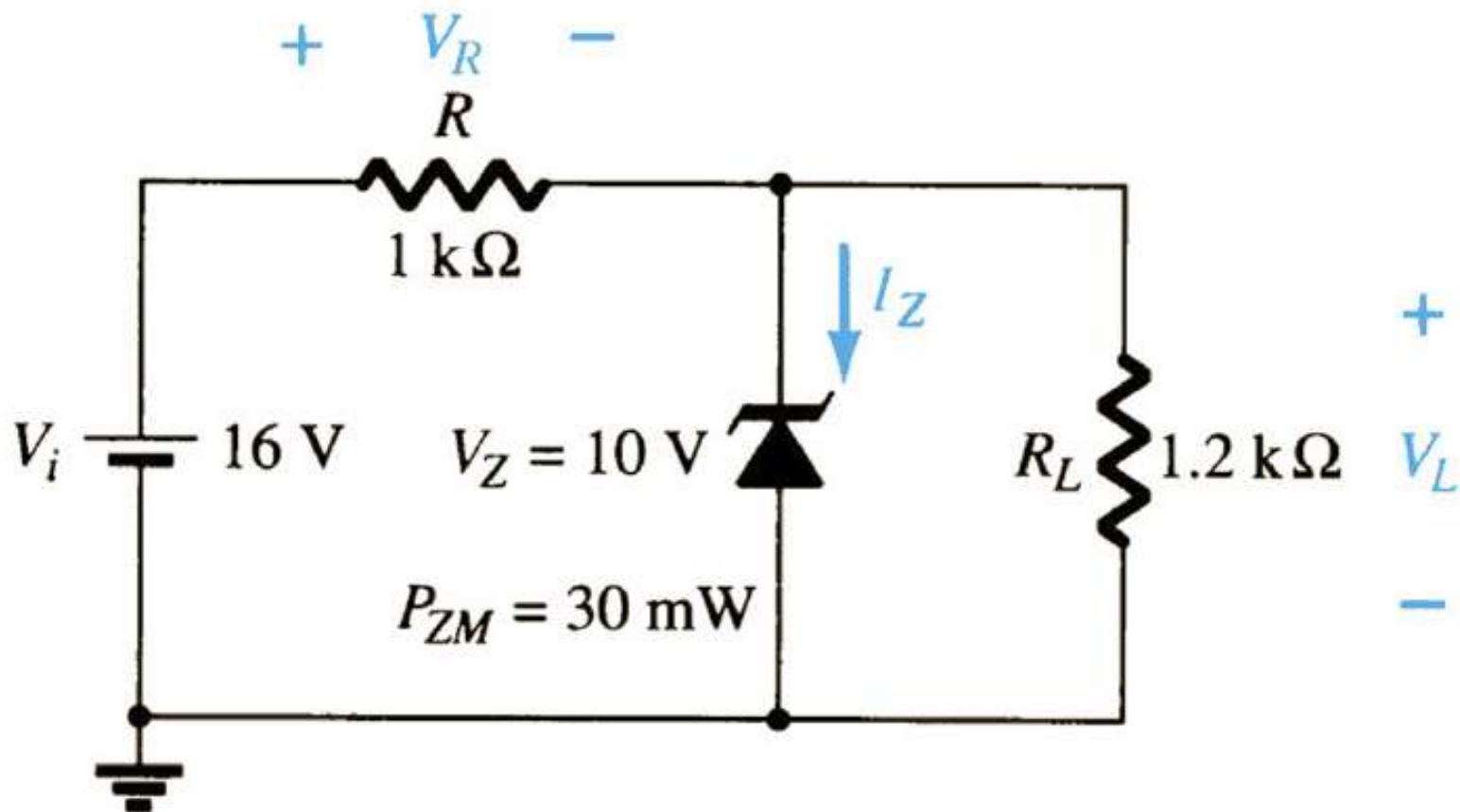
$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_i - V_L}{R}$$

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z$$

Diodos zener

Circuito regulador zener básico, exemplo:

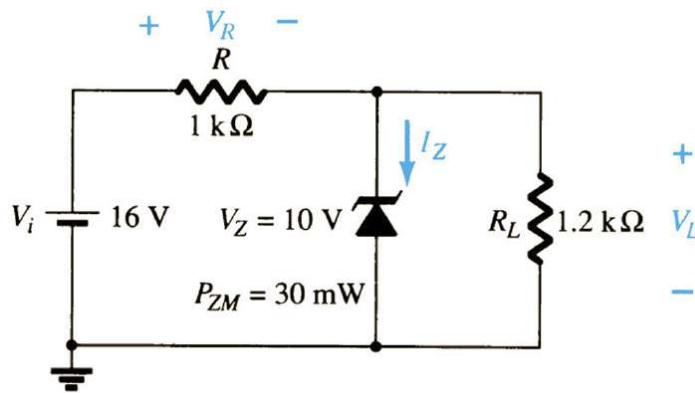
V_i e R_L fixos



Diodos zener

Circuito regulador zener básico, exemplo:

V_i e R_L fixos



Como:

$$8,73 < 10$$

$$V_L < V_Z$$

O diodo está bloqueado.

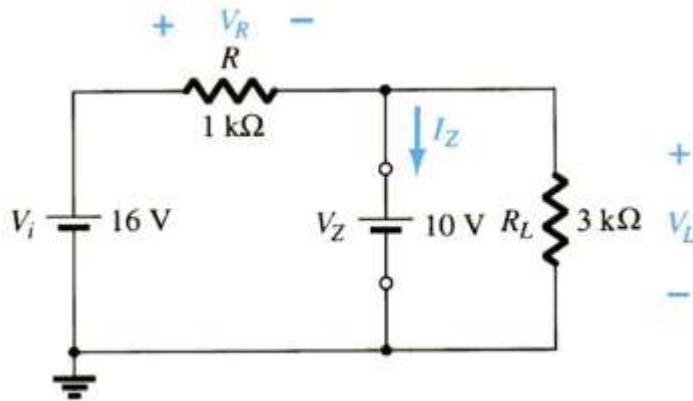
$$V = \frac{R_L \cdot V_i}{R + R_L} = \frac{1,2k \cdot 16}{1k + 1,2k} = 8,73V$$

$$V_L = V = 8,73V$$

Diodos zener

Circuito regulador zener básico, exemplo:

V_i e R_L fixos



$$V = \frac{R_L \cdot V_i}{R + R_L} = \frac{3k \cdot 16}{1k + 3k} = 12V$$

$$V_L = V = 12V$$

Como: $12 > 10$

O diodo está conduzindo.

$$V_R = V_i - V_L = 16 - 10 = 6V$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{10}{3k} = 3,33mA$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{6}{1k} = 6mA$$

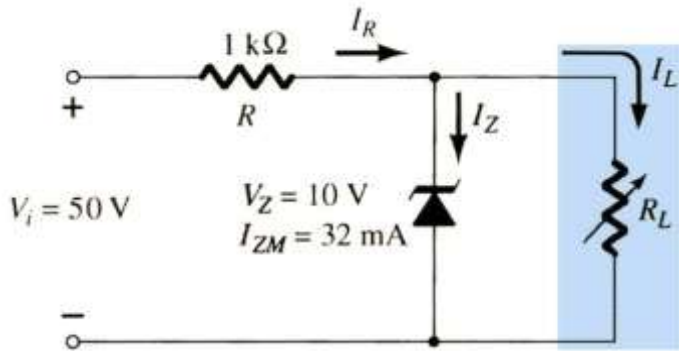
$$I_Z = I_R - I_L = 6m - 3,33m$$

$$I_Z = 2,67mA$$

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z = 10 \cdot 2,67m = 26,7mW$$

Diodos zener

Circuito regulador zener básico: V_i fixo e R_L variável



$$V_L = V_Z = \frac{R_L \cdot V_i}{R + R_L}$$

$$R_{Lmin} = \frac{R \cdot V_Z}{V_i - V_Z}$$

$$I_{Lmax} = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_{Lmin}}$$

$$V_R = V_i - V_Z$$

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

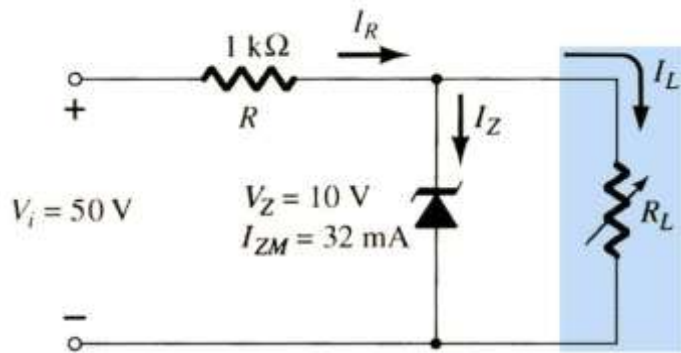
$$I_Z = I_R - I_L$$

$$I_{Lmin} = I_R - I_{ZM}$$

$$R_{Lmax} = \frac{V_Z}{I_{Lmin}}$$

Diodos zener

Circuito regulador zener básico, exemplo: V_i fixo e R_L variável



$$I_{Lmin} = I_R - I_{ZM} = 40m - 32m = 8mA$$

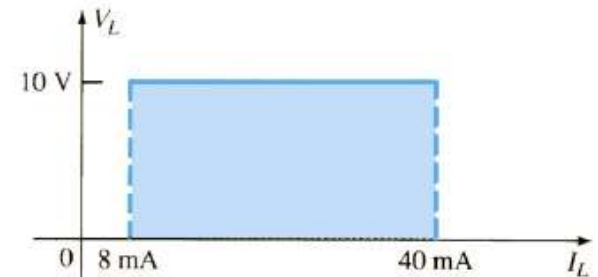
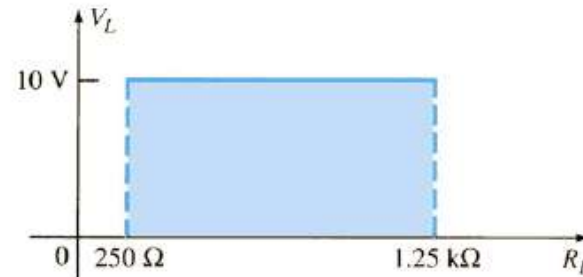
$$R_{Lmax} = \frac{V_Z}{I_{Lmin}} = \frac{10}{8m} = 1,25k\Omega$$

$$P_{max} = V_Z \cdot I_Z = 10 \cdot 32m = 320mW$$

$$R_{Lmin} = \frac{R \cdot V_Z}{V_i - V_Z} = \frac{1k \cdot 10}{50 - 10} = 250\Omega$$

$$V_R = V_i - V_Z = 50 - 10 = 40V$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{40}{1k} = 40mA$$



Diodos zener

Circuito regulador zener básico: V_i variável e R_L fixo

$$V_L = V_Z = \frac{R_L \cdot V_i}{R + R_L}$$

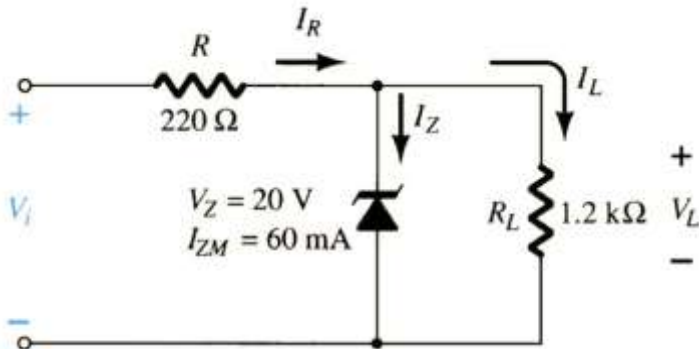
$$V_{imin} = \frac{(R_L + R) \cdot V_Z}{R_L}$$

$$I_{Rmax} = I_{ZM} + I_L$$

$$V_{imax} = I_{Rmax} \cdot R + V_Z$$

Diodos zener

Circuito regulador zener básico, exemplo: V_i variável e R_L fixo

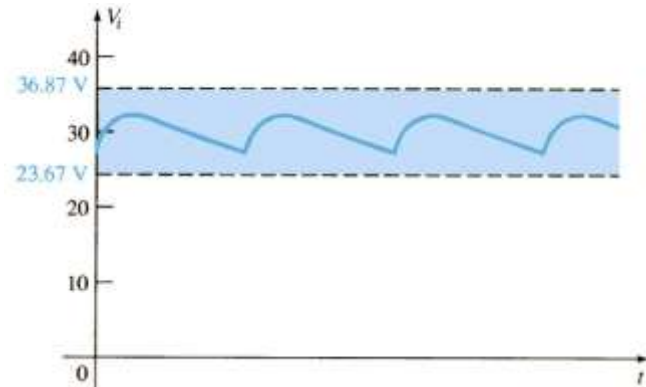
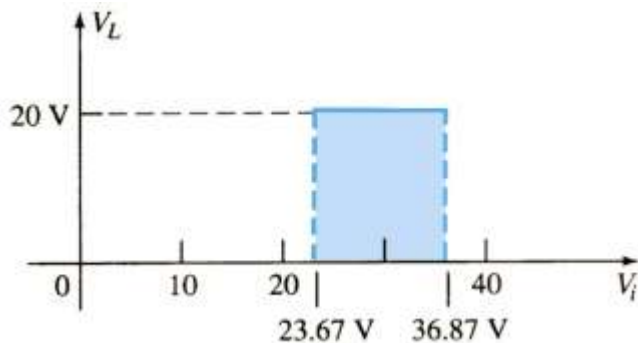


$$V_{imin} = \frac{(R_L + R) \cdot V_Z}{R_L} = \frac{(1200 + 220) \cdot 20}{1200} = 23,67V$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20}{1,2k} = 16,67mA$$

$$I_{Rmax} = I_{ZM} + I_L = 60m + 16,67m = 76,67mA$$

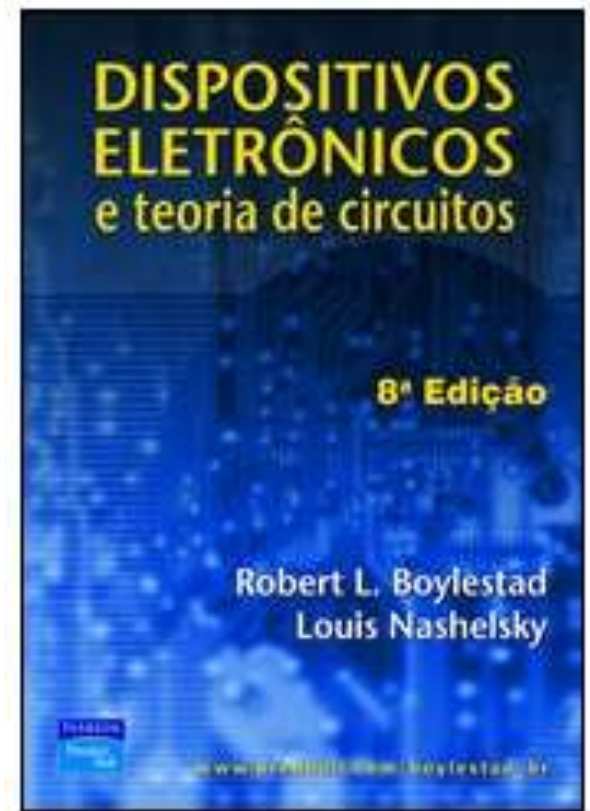
$$V_{imax} = I_{Rmax} \cdot R + V_Z = 76,67m \cdot 0,22k + 20 = 36,87V$$



Na próxima aula

Seqüência de conteúdos:

1. Laboratório de aplicações de diodos.



www.cefetsc.edu.br/~petry