





# Circuitos Eletrônicos

## Aula 2 - Circuitos Retificadores e Diodo Zener

Prof. Leonardo Felipe Takao Hirata  
[leonardo.hirata@hausenn.com.br](mailto:leonardo.hirata@hausenn.com.br)

# Conteúdo da aula

- Transformador;
- Circuitos retificadores com diodo;
- Filtragem capacitiva;
- Diodo zener;
- Simulações e montagem na protoboard.



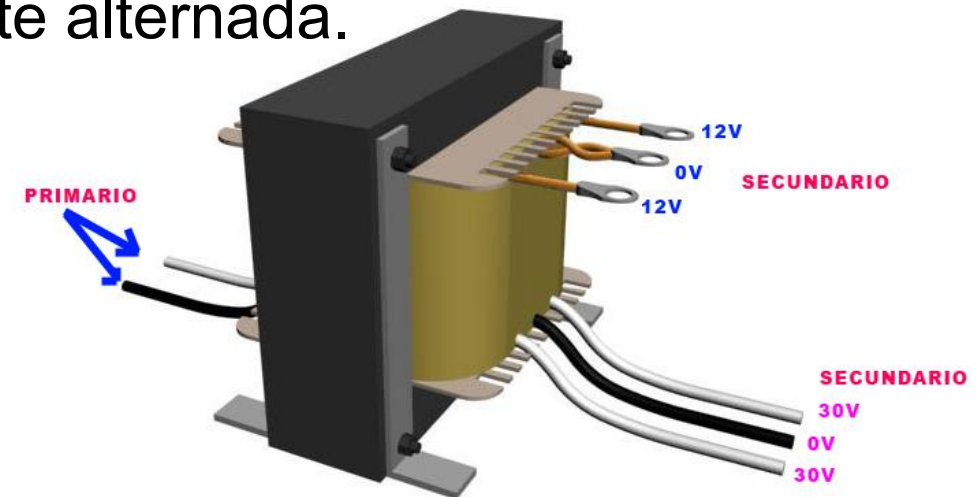
PADO

Labs

Transformador

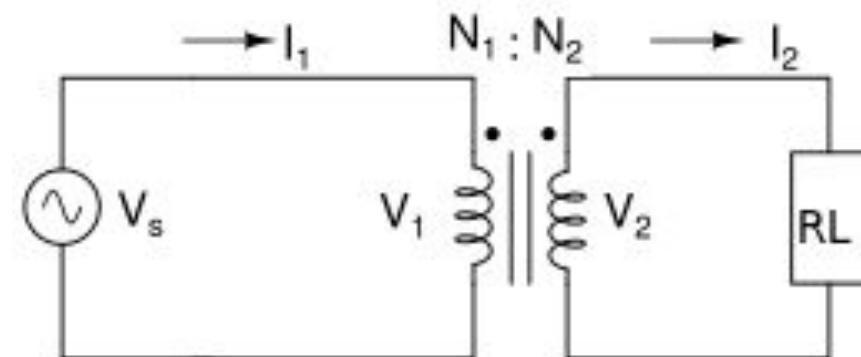
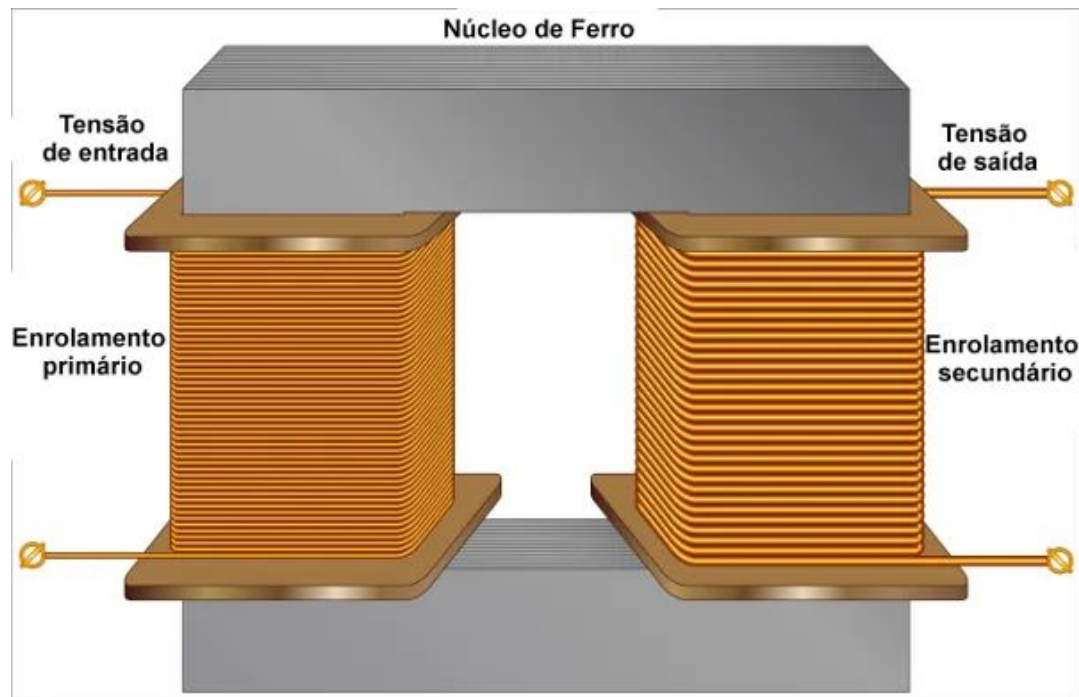
# Transformador

- Elevador ou abaixador de tensão;
- Isolação galvânica;
- Presente em diversos equipamentos eletrônicos para transformar a tensão da rede 127/220V em tensões menores;
- Operado apenas com tensão/corrente alternada.



# Transformador

- Tensão no secundário  $V_2 = V_1 / (N_1 / N_2)$



# Exemplo



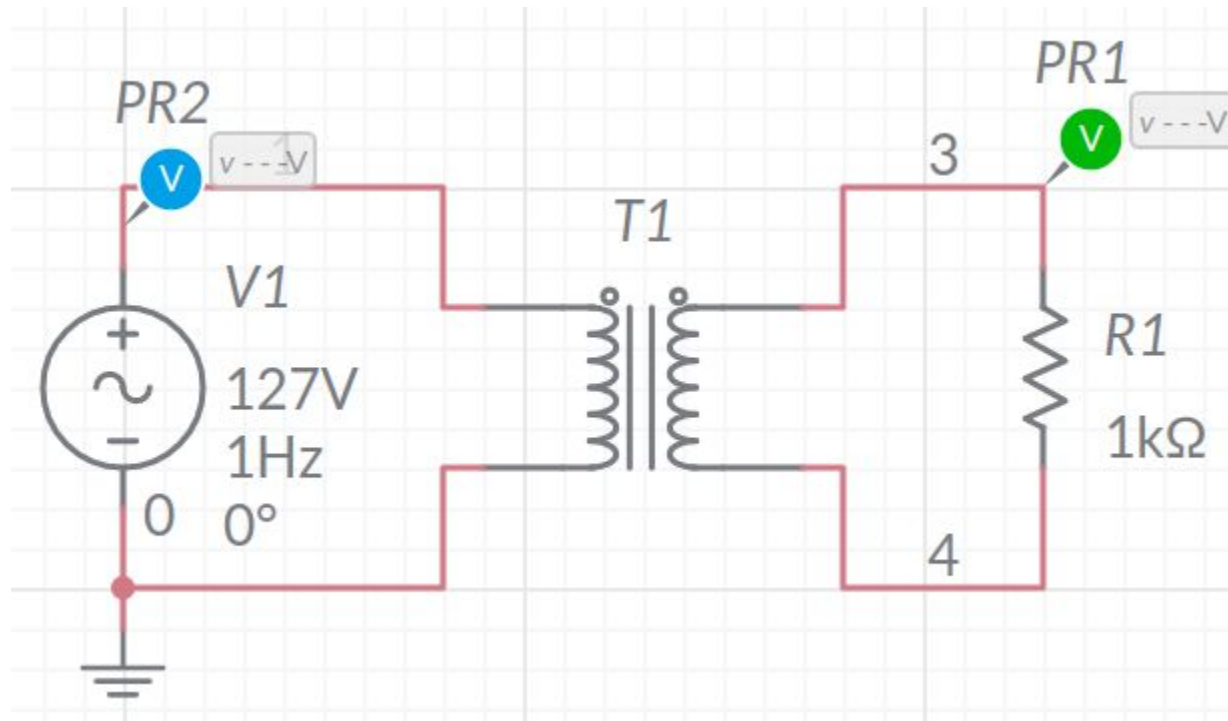
Suponha que um transformador seja alimentado por uma fonte de 200 V. Calcule a tensão no enrolamento secundário para  $N_1 = 20$  e  $N_2 = 5$ .

$$\frac{V_{in}}{V_{out}} = \frac{N_1}{N_2} \quad V_{out} = \frac{200}{4}$$

$$\frac{200}{V_{out}} = \frac{20}{5} \quad V_{out} = 50V$$

$$\frac{200}{V_{out}} = 4$$

# Simulação - Transformador abaixador





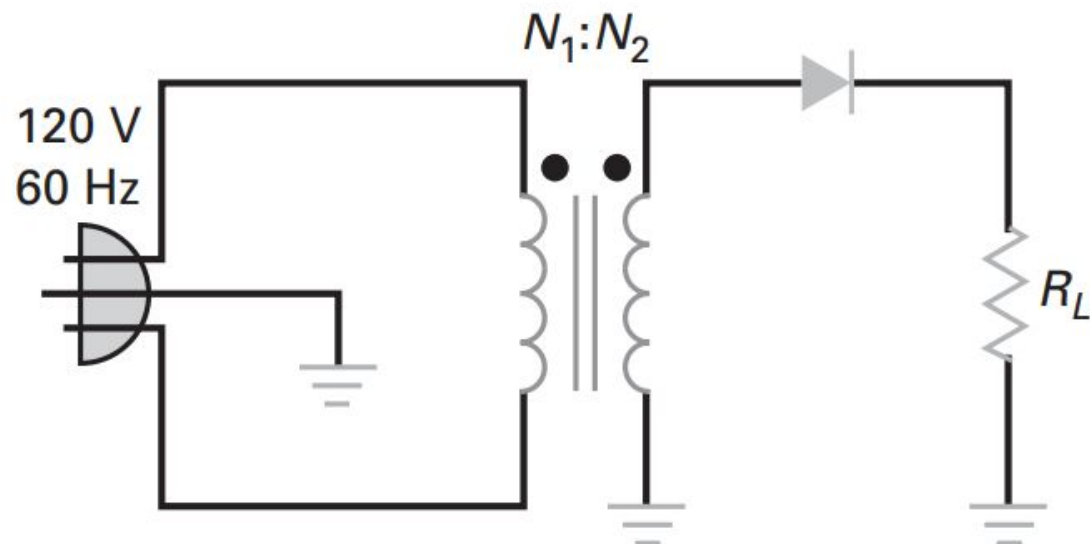


PADO

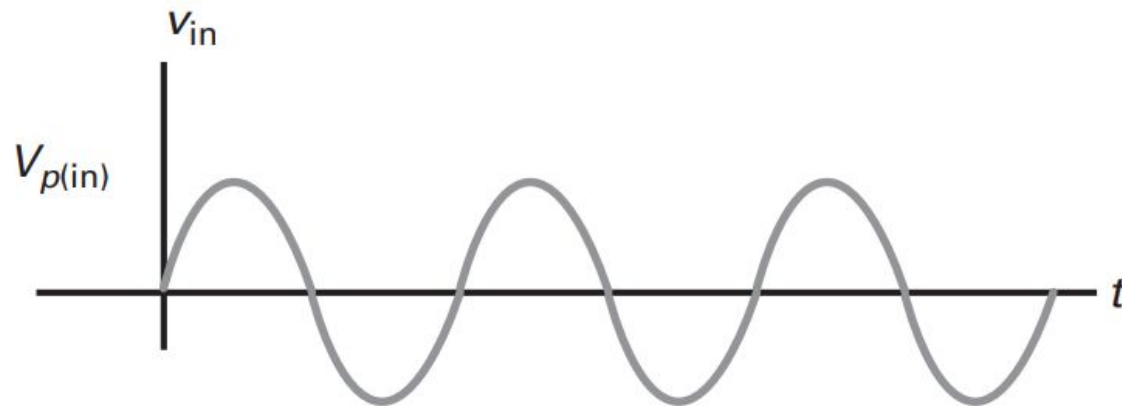
Labs

Circuitos  
retificadores

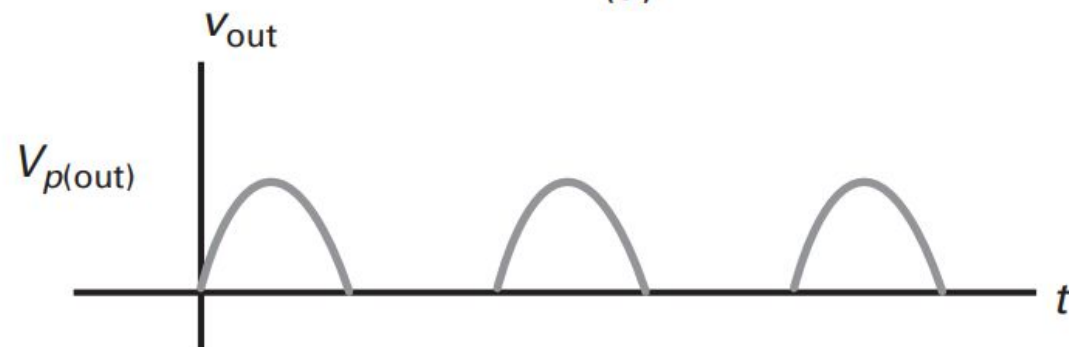
# Retificador de meia onda



# Retificador de meia onda

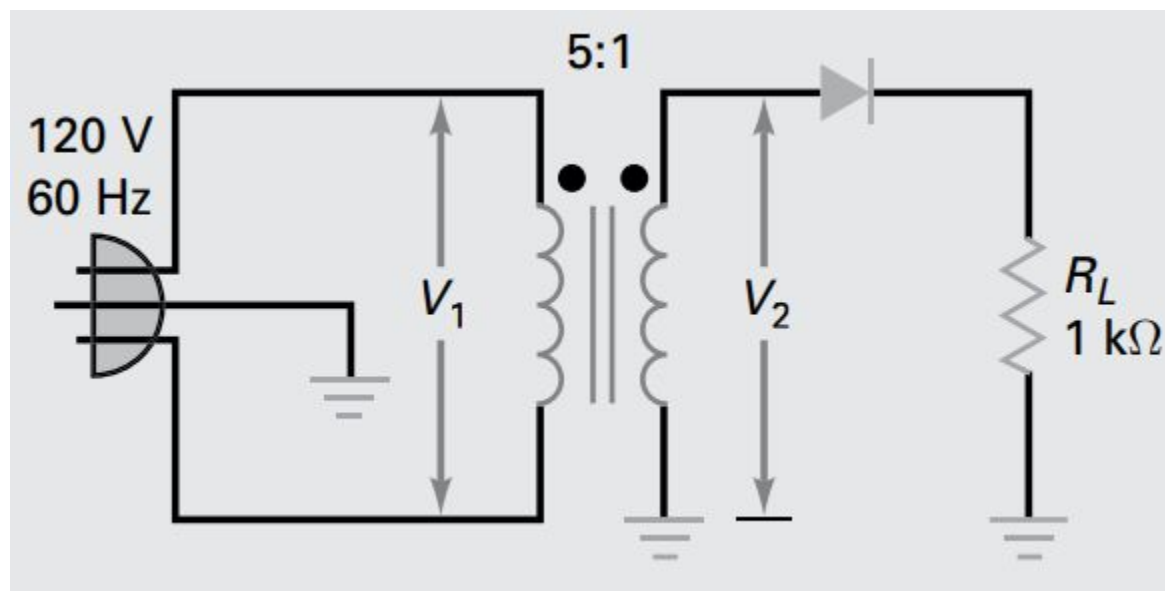


(a)



# Exemplo - Retificador meia onda

Calcule a tensão de pico no enrolamento secundário e então desenhe a forma de onda presente no resistor  $R_L$  com seus valores de tensão de pico. Considere a tensão no diodo de  $V_d = 0,7 \text{ V}$ .



# Solução - Retificador meia onda



1) Relação de espiras

$$N = N1 / N2$$

$$N = 5 / 1$$

$$N = 5$$

2) Tensão eficaz no secundário

$$V_{rms1} = 120 \text{ Vrms}$$

$$V_{rms2} = V_{rms1} / N$$

$$V_{rms2} = 120 / 5$$

$$V_{rms2} = 24 \text{ Vrms}$$

3) Tensão de pico no secundário

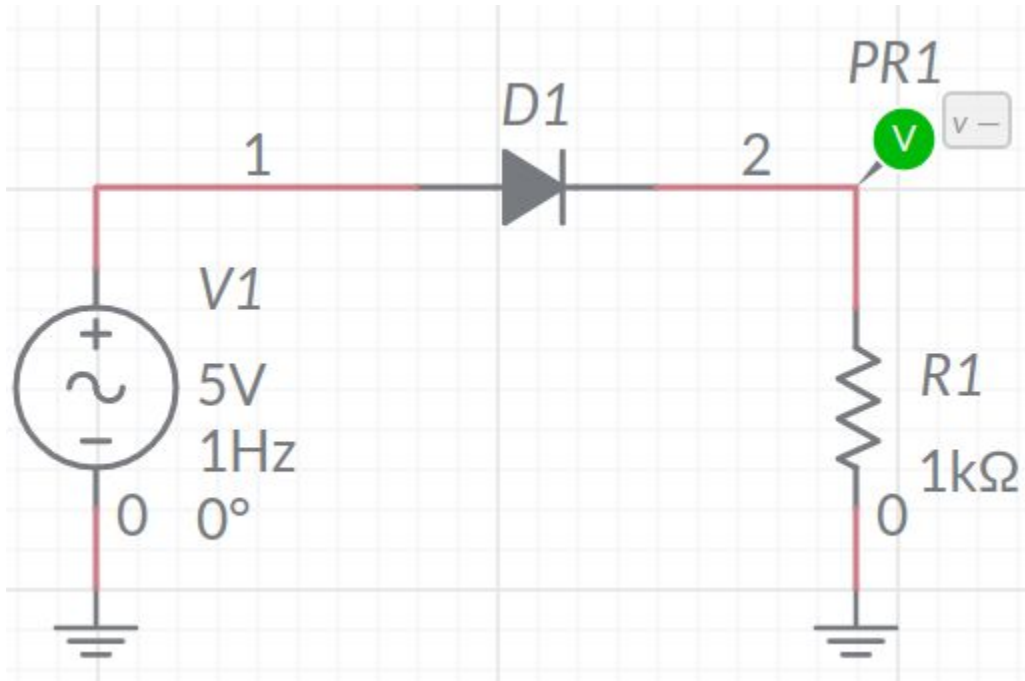
$$V_{pico} = (V_{rms} / 0,707) - V_d$$

$$V_{pico2} = (24 / 0,707) - 0,7$$

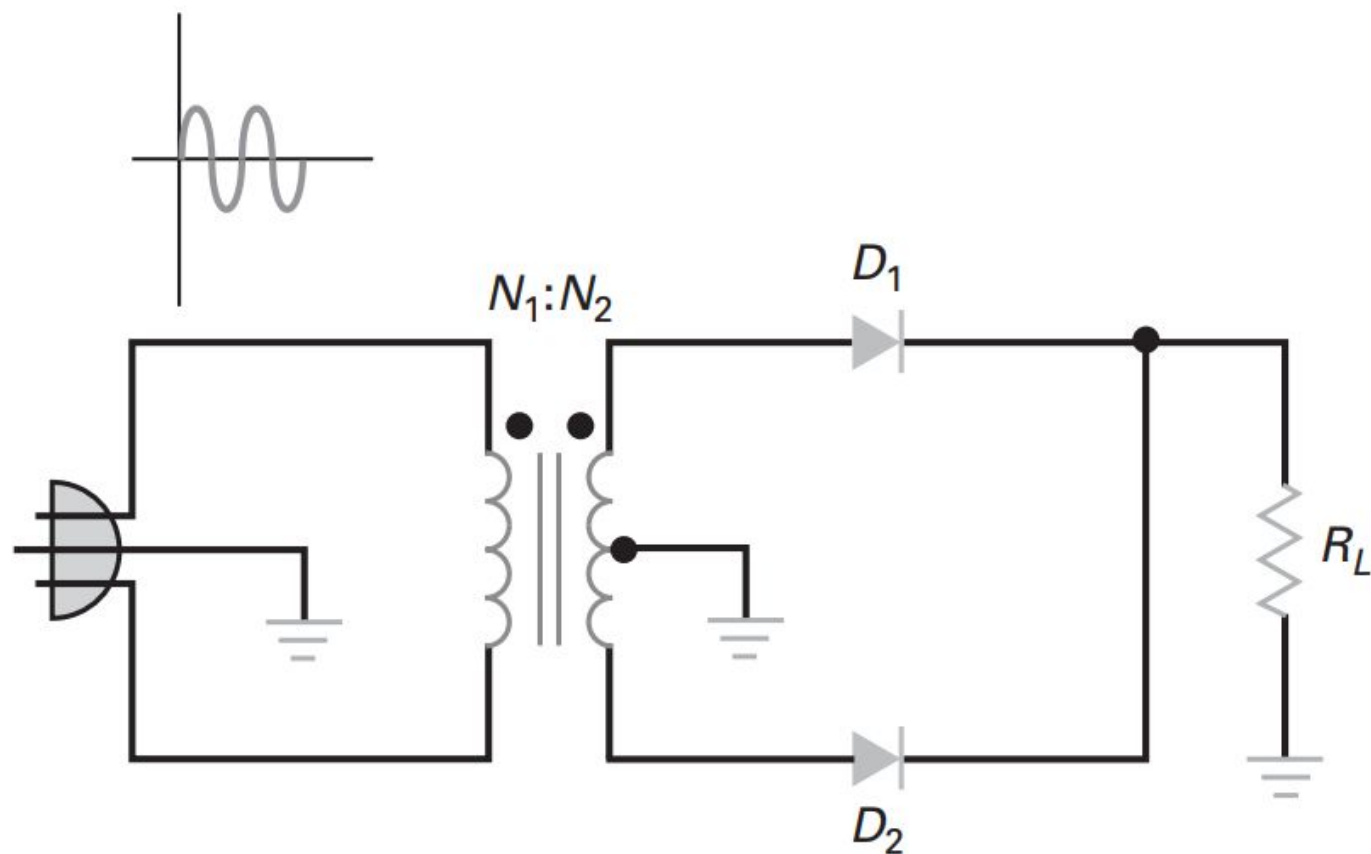
$$V_{pico2} = 33,95 - 0,7$$

$$V_{pico2} = 33,25 \text{ V}$$

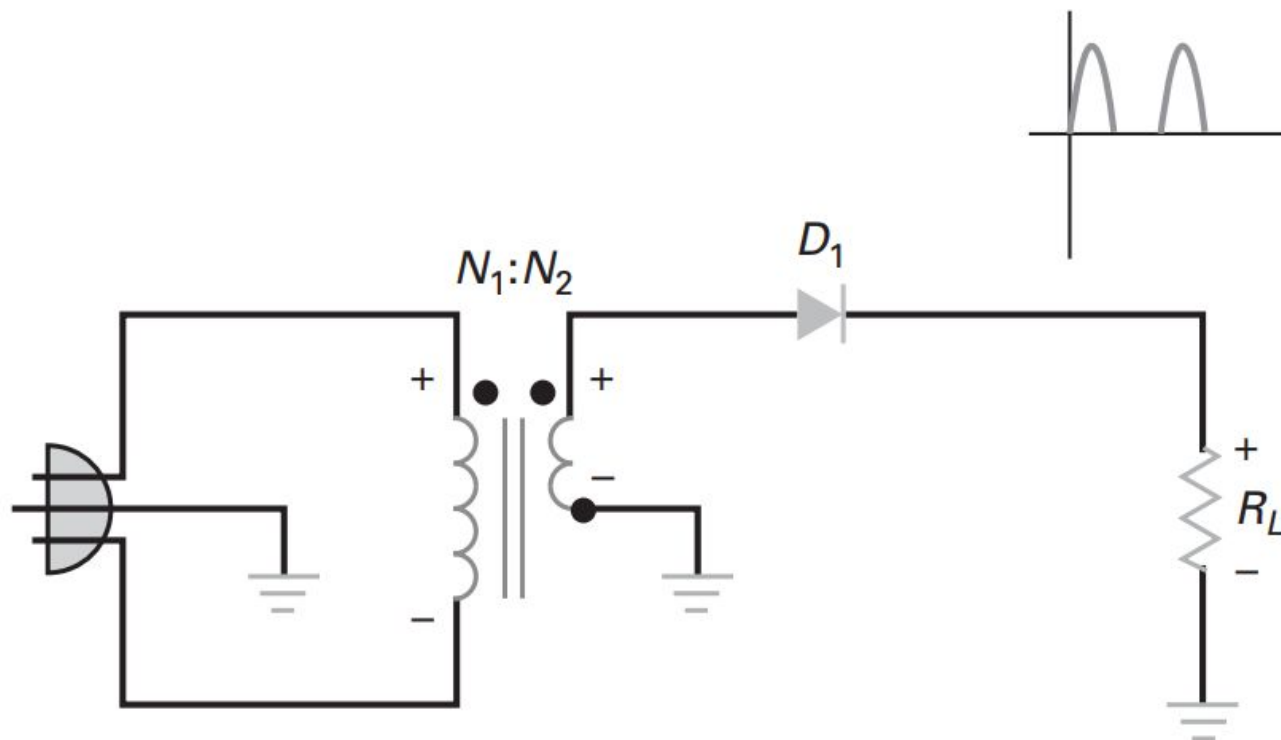
# Simulação - Retificador meia onda



# Retificador de onda completa com tap central

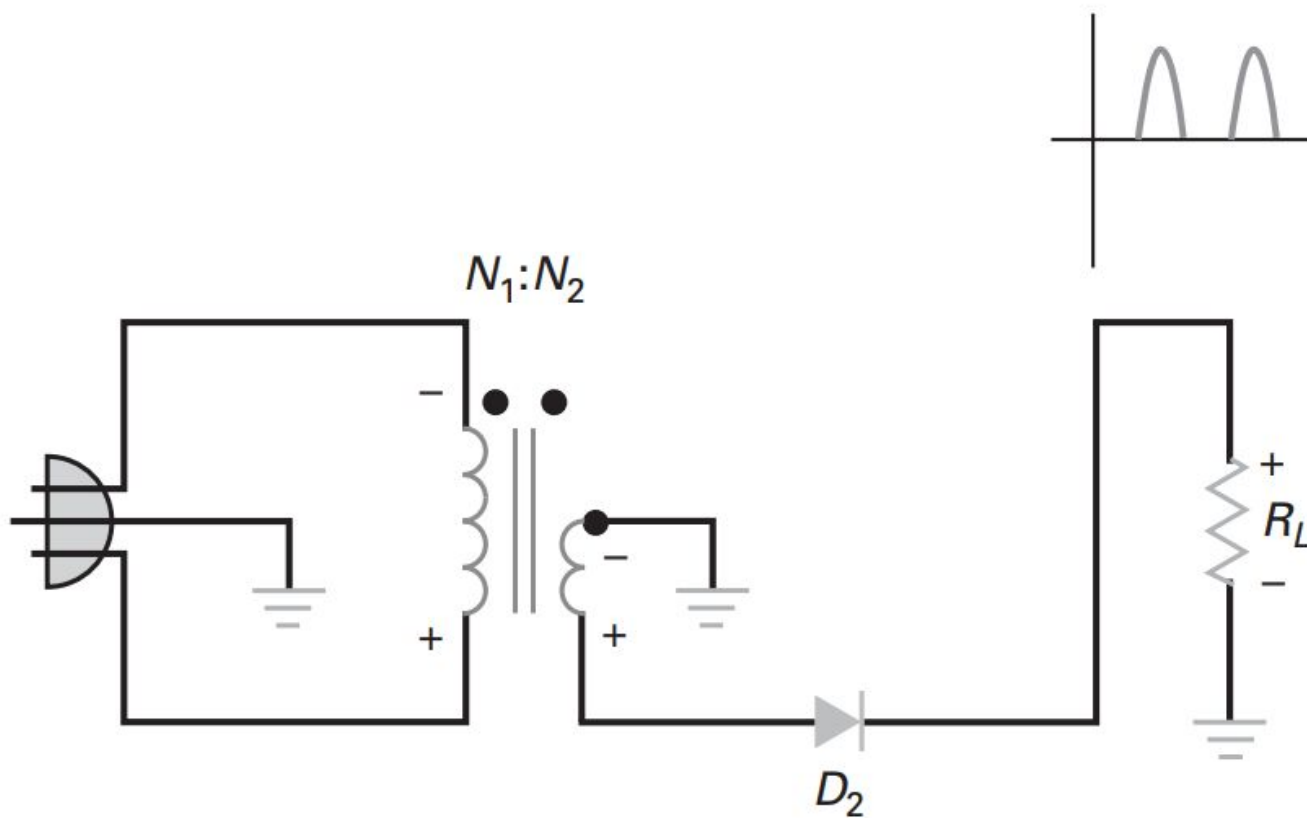


# Retificador de onda completa com tap central

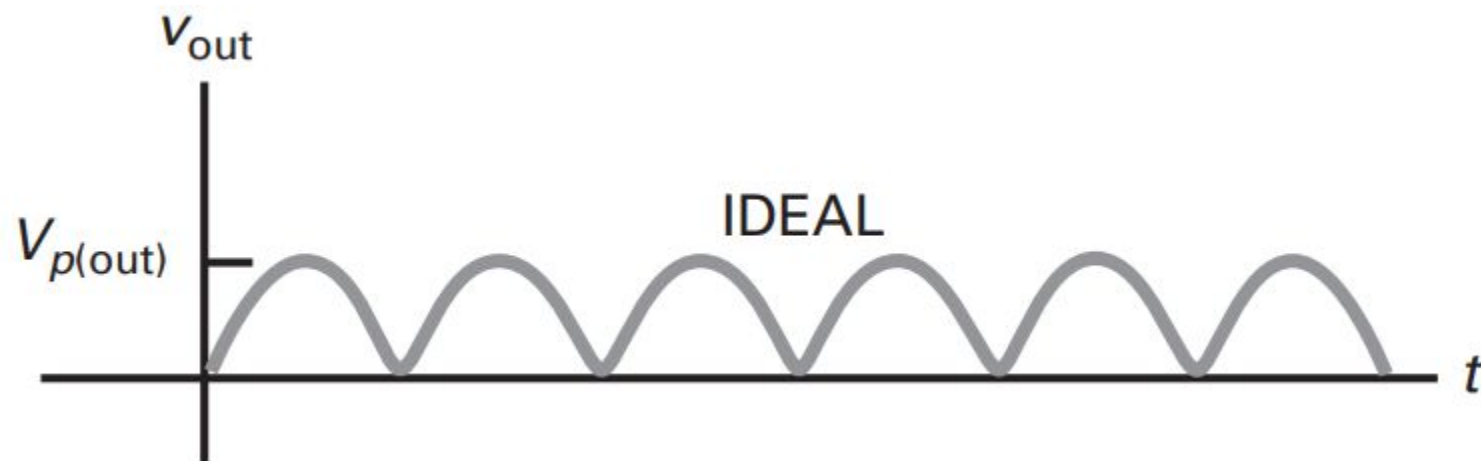




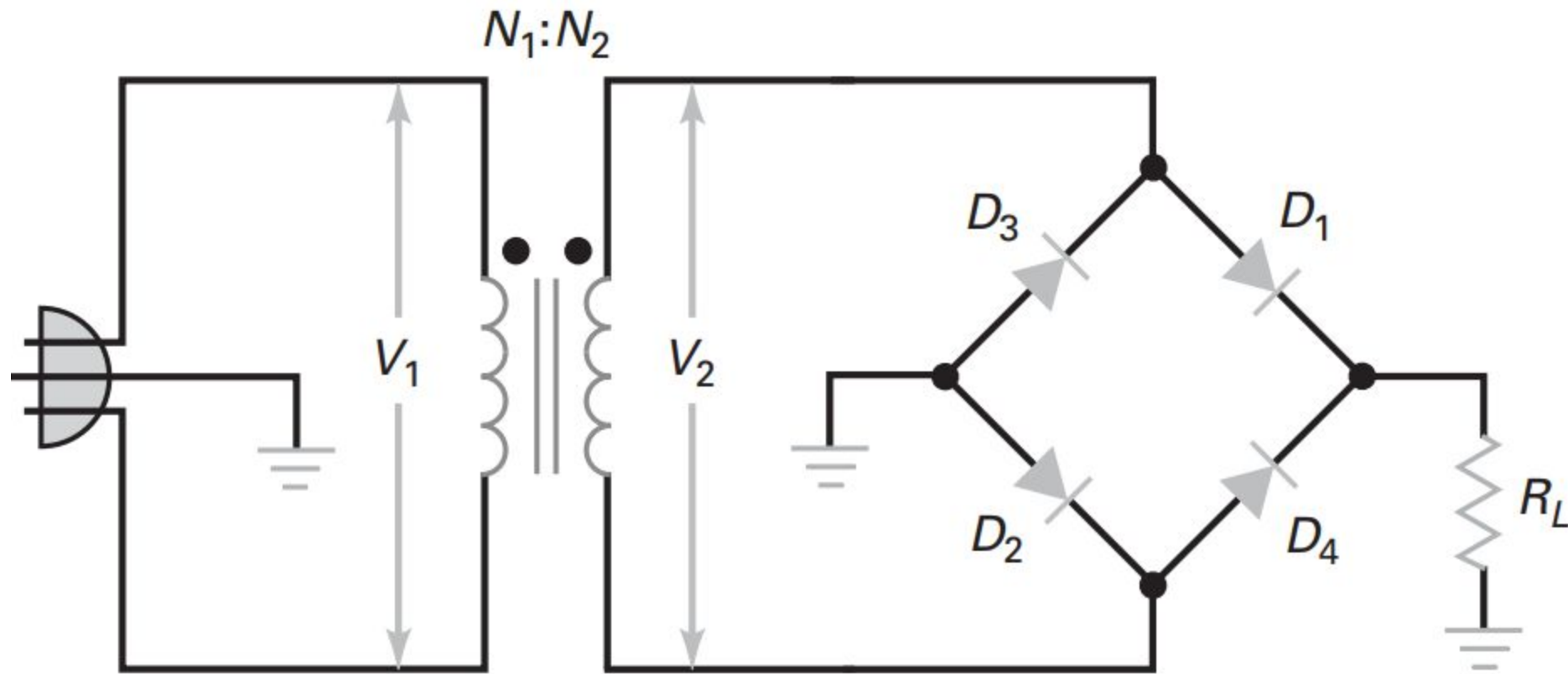
# Retificador de onda completa com tap central



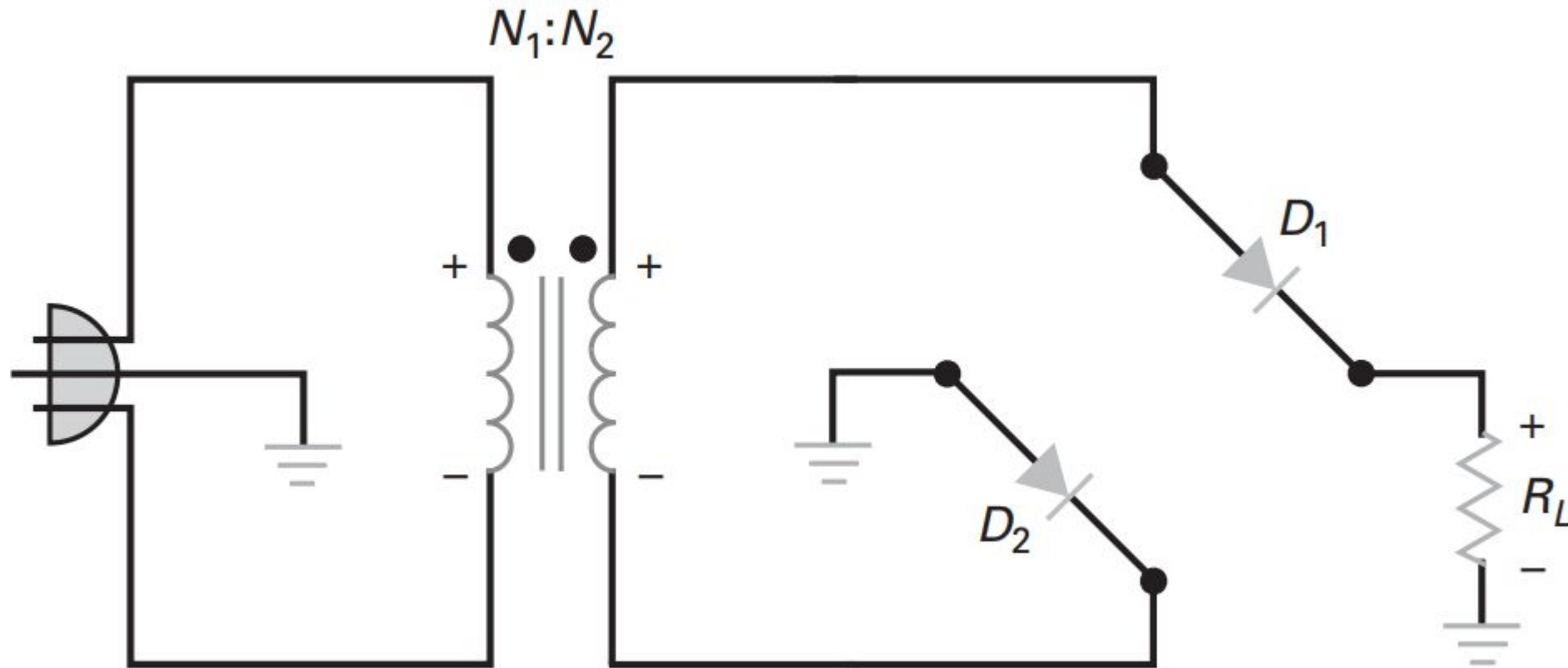
# Retificador de onda completa com tap central



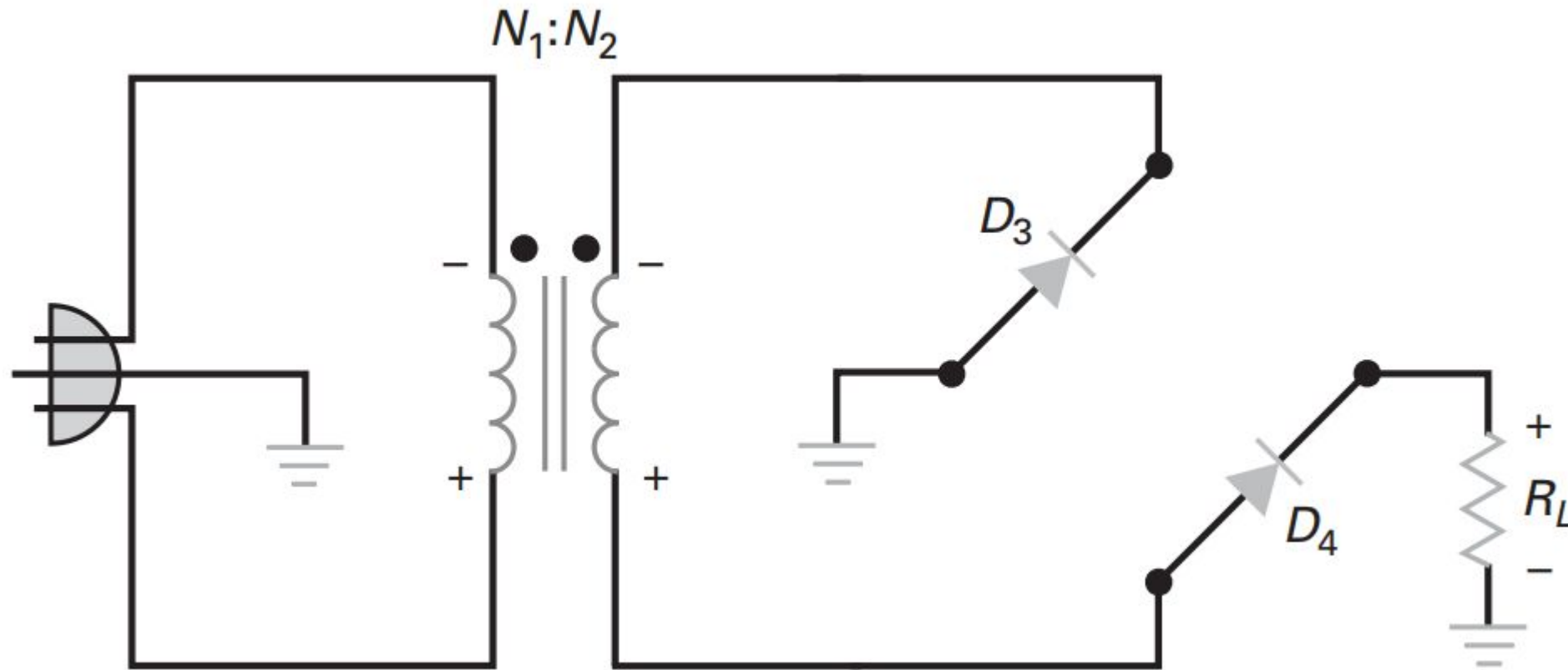
# Retificador de onda completa em ponte



# Retificador de onda completa em ponte

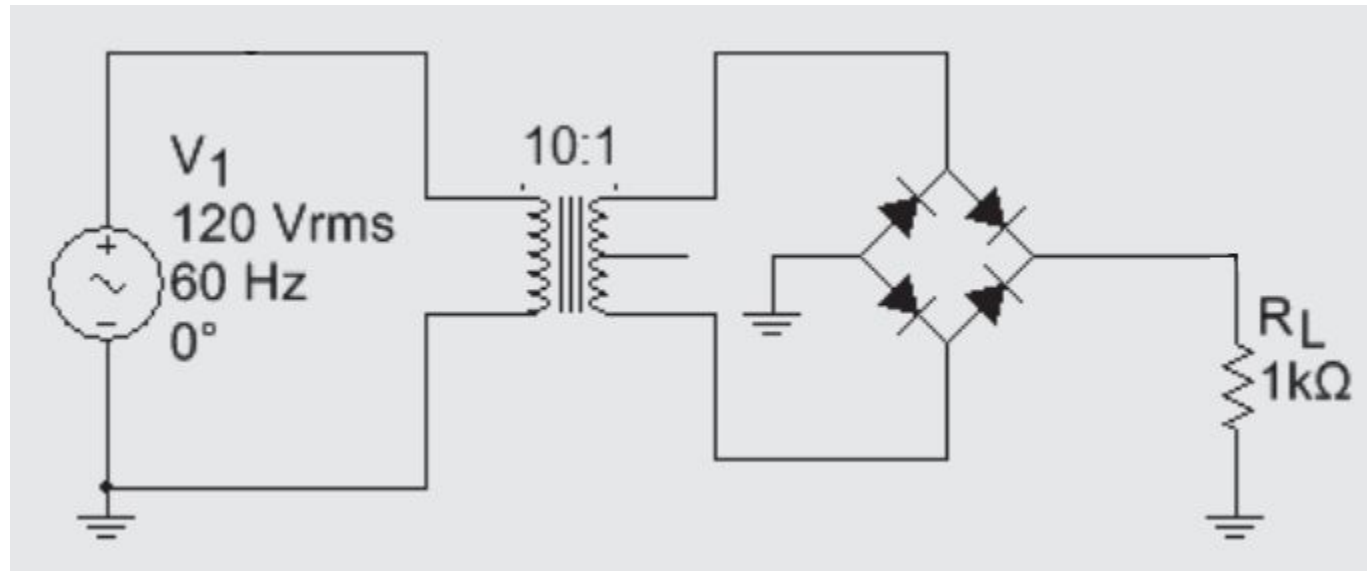


# Retificador de onda completa em ponte



# Exemplo - Retificador onda completa

Calcule a tensão de pico no enrolamento secundário e então desenhe a forma de onda presente no resistor  $R_L$  com seus valores de tensão de pico. Considere a tensão no diodo de  $V_d = 0,7 \text{ V}$ .



# Solução - Retificador onda completa



1) Relação de espiras

$$N = N1 / N2$$

$$N = 10 / 1$$

$$N = 10$$

2) Tensão eficaz no secundário

$$V_{rms1} = 120 \text{ V}_{rms}$$

$$V_{rms2} = V_{rms1} / N$$

$$V_{rms2} = 120 / 10$$

$$V_{rms2} = 12 \text{ V}_{rms}$$

3) Tensão de pico no secundário

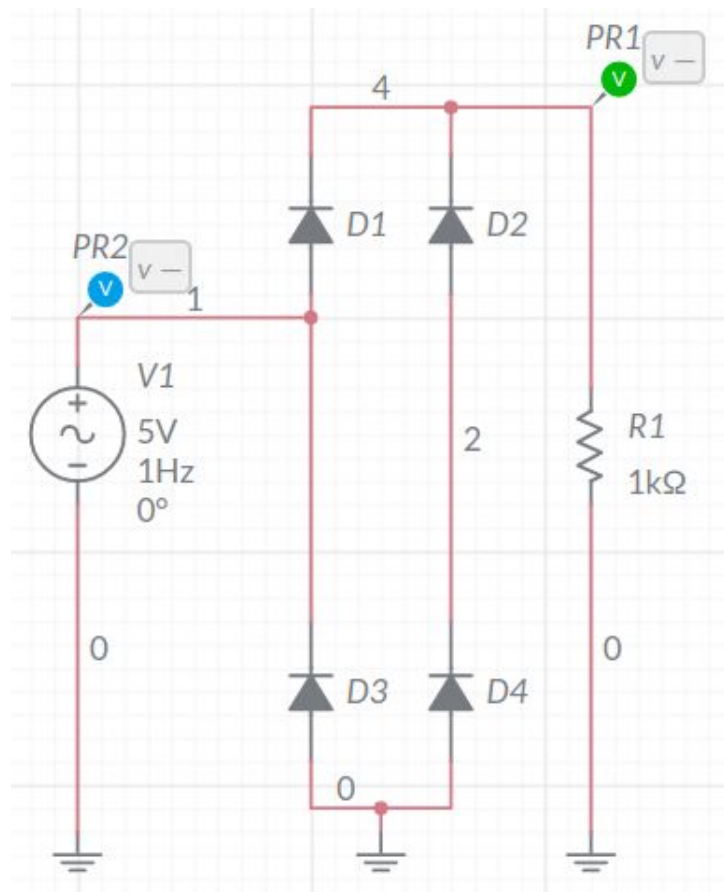
$$V_{pico} = (V_{rms} / 0,707) - 2 * V_d$$

$$V_{pico2} = (12 / 0,707) - 2 * 0,7$$

$$V_{pico2} = 16,97 - 1,4$$

$$V_{pico2} = 15,57 \text{ V}$$

# Simulação - Retificador onda completa







PADO

Labs

Filtro  
capacitivo

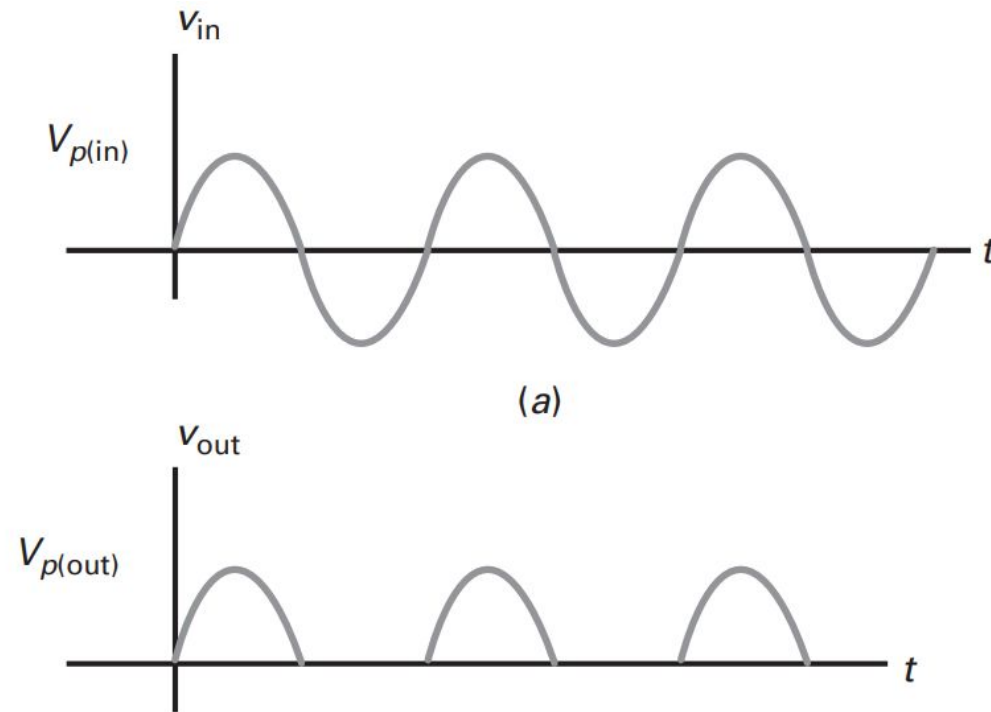
# Capacitor

- Armazena energia em seu campo elétrico;
- Atua como um circuito aberto em CC;
- Eletrolítico, cerâmico, poliéster, tântalo, etc;
- Muito usado como filtro e supressão de ruído.



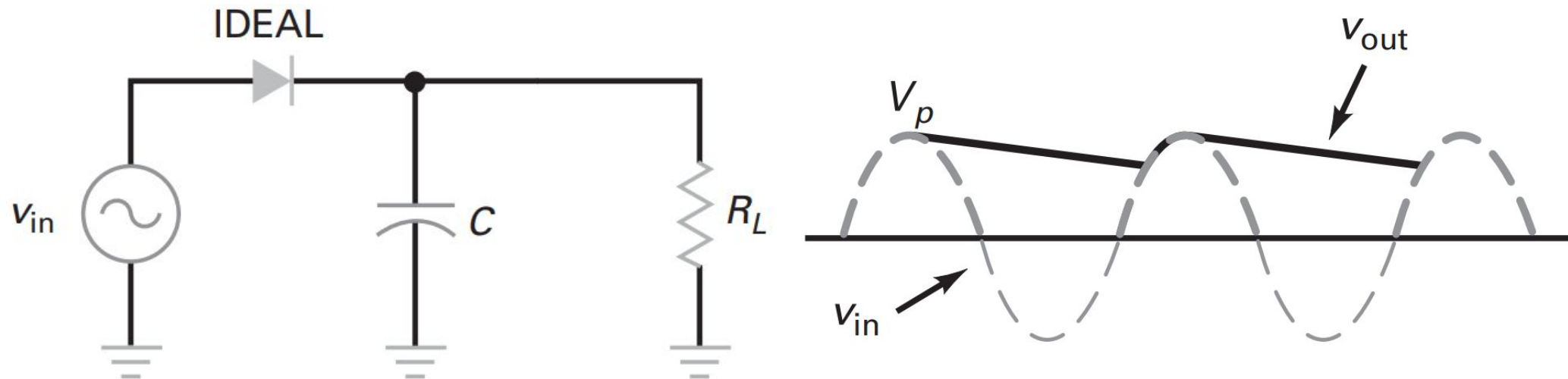
# Filtro capacitivo

- O sinal retificado não significa que ele é contínuo (DC);

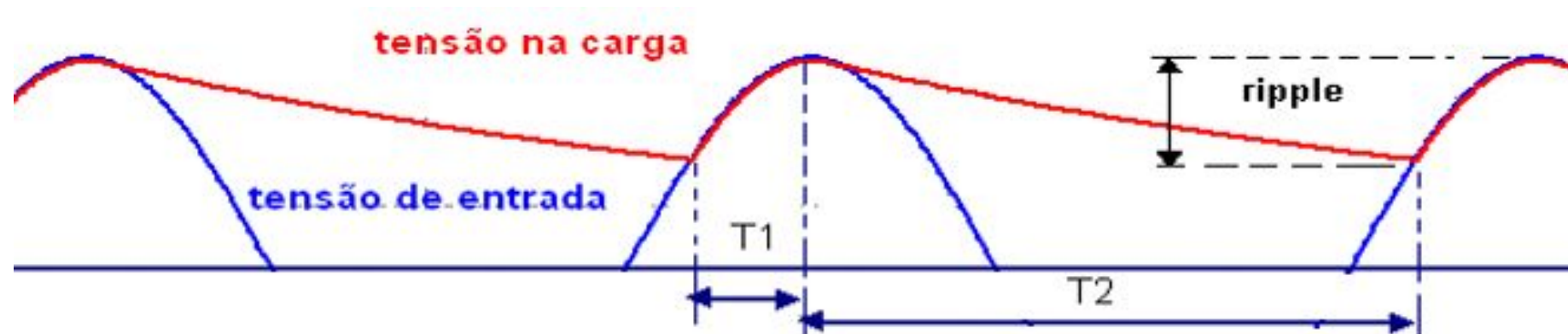


# Filtro capacitivo

- O sinal retificado não significa que ele é contínuo;
- Tensão de ripple.



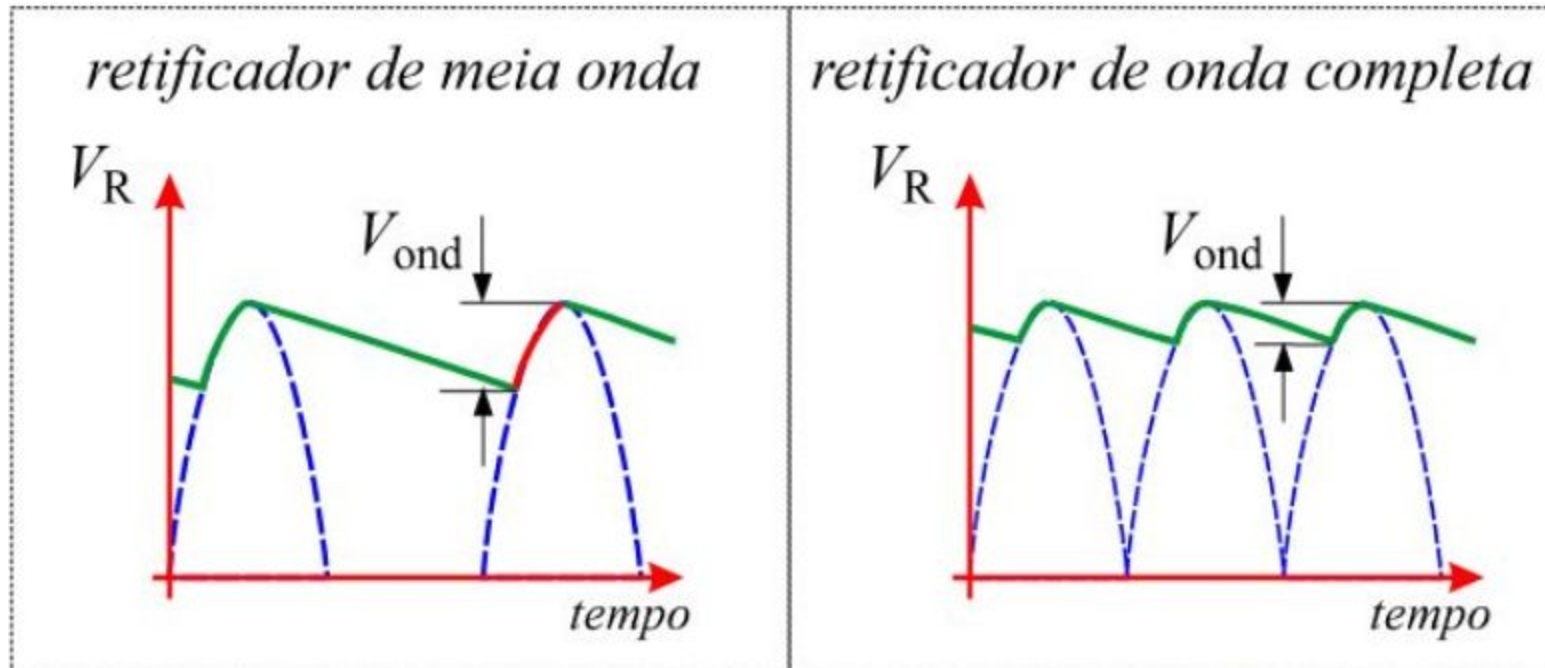
# Tensão de ripple



T1=tempo de carga

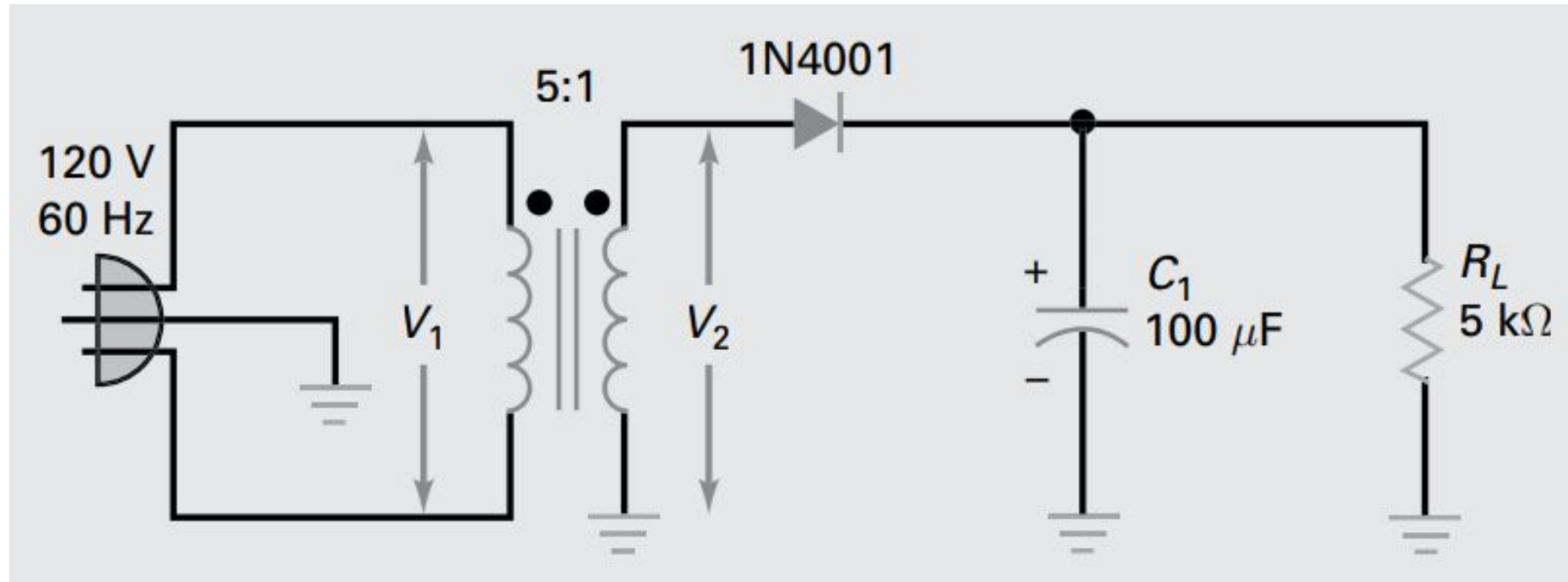
T2=tempo de descarga

# Tensão de ripple



# Exemplo 1 - Ripple

Determine o valor da tensão de ripple para o circuito abaixo.



# Solução - Ripple



$$V_{\text{ripple}} = I / (f * C)$$

onde  $I$  = corrente na carga;  $f$  = frequência do sinal;  $C$  = capacitância

1) Do exemplo anterior, foi obtido que  $V_{\text{pico2}} = 33,25$  V. Portanto,

$$I = V_{\text{pico2}} / R$$

$$I = 33,25 / 5000$$

$$I = 6,65 \text{ mA}$$

2) Tensão de ripple

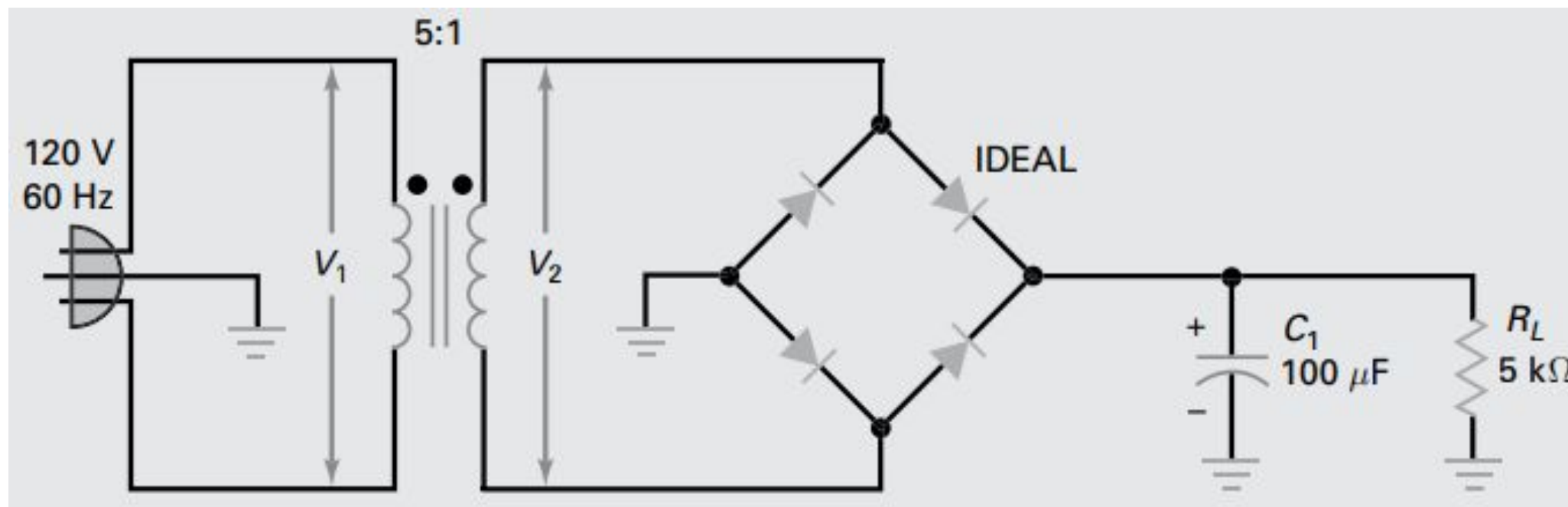
$$V_{\text{ripple}} = 6,65\text{m} / (60 * 100\mu)$$

$$V_{\text{ripple}} = 1,11 \text{ V}$$



# Exemplo 2 - Ripple

Determine o valor da tensão de ripple para o circuito abaixo.



# Solução - Ripple



- 1) Nota-se que a tensão de pico no secundário é a mesma do exemplo anterior. No entanto, ao considerar que os diodos são ideais, temos  $V_{pico2} = 33,95 \text{ V}$ . Então,

$$I = V_{pico2} / R$$

$$I = 33,95 / 5000$$

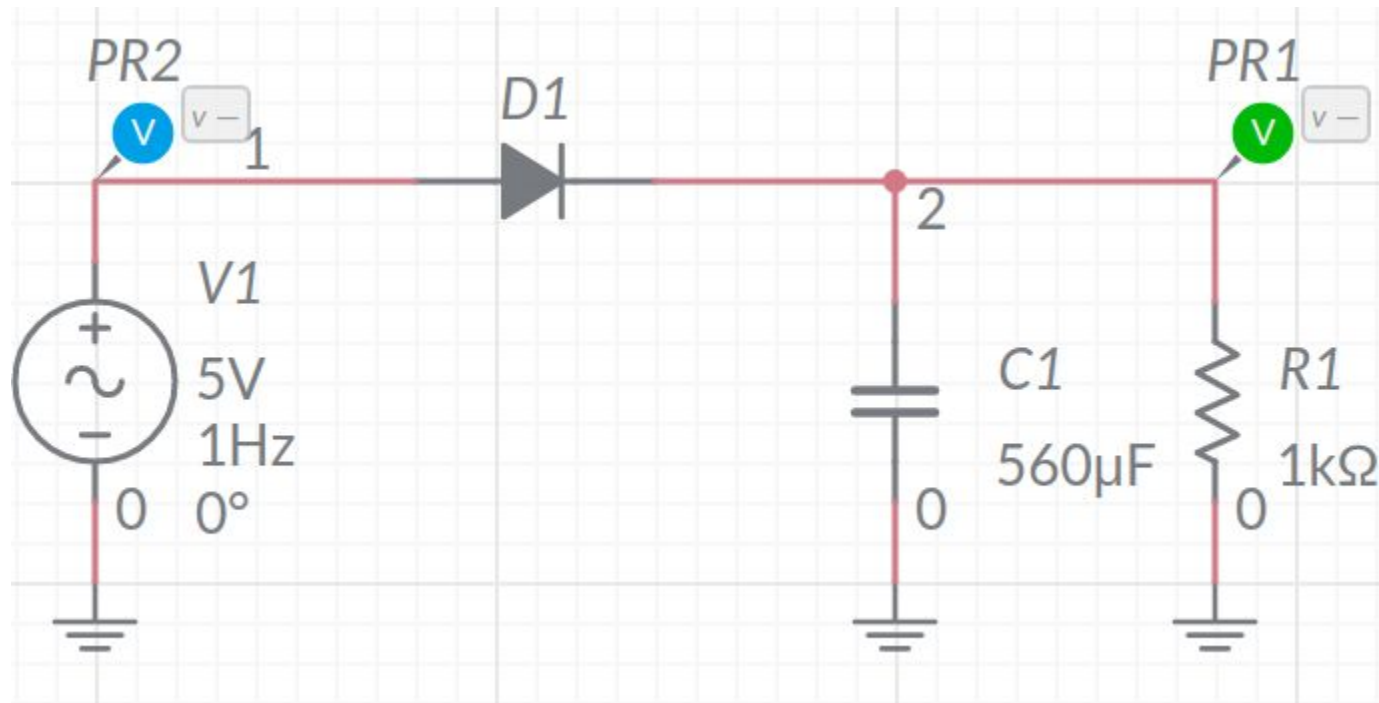
$$I = 6,79 \text{ mA}$$

- 2) Tensão de ripple

$$V_{ripple} = 6,65\text{m} / (120 * 100\mu)$$

$$V_{ripple} = 0,57 \text{ V}$$

# Simulação - Filtragem capacitiva



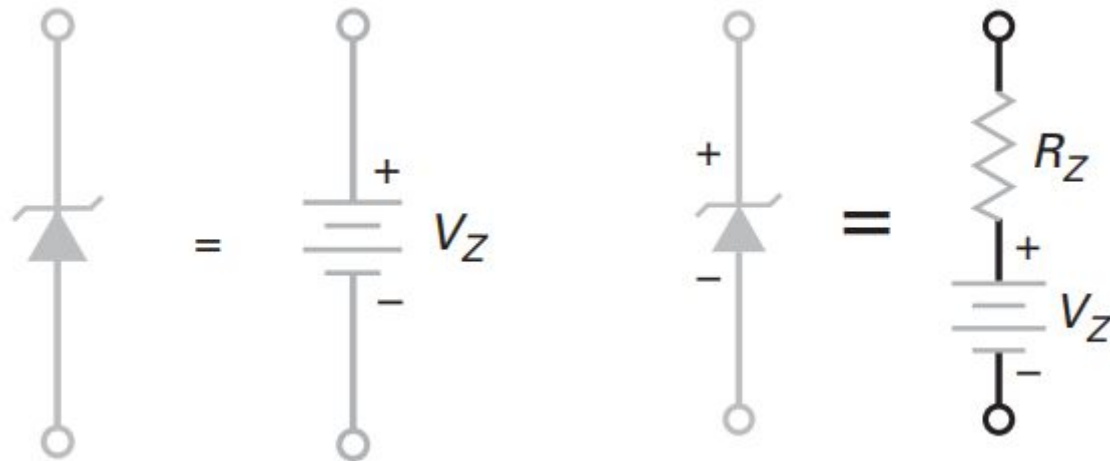
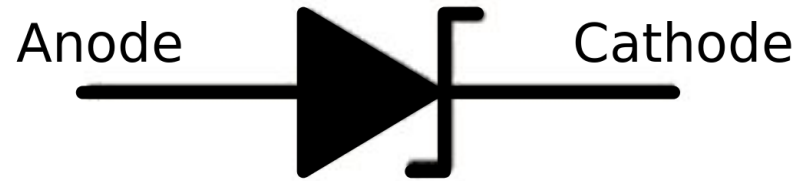


PADO

Labs

Diodo zener

# Diodo zener



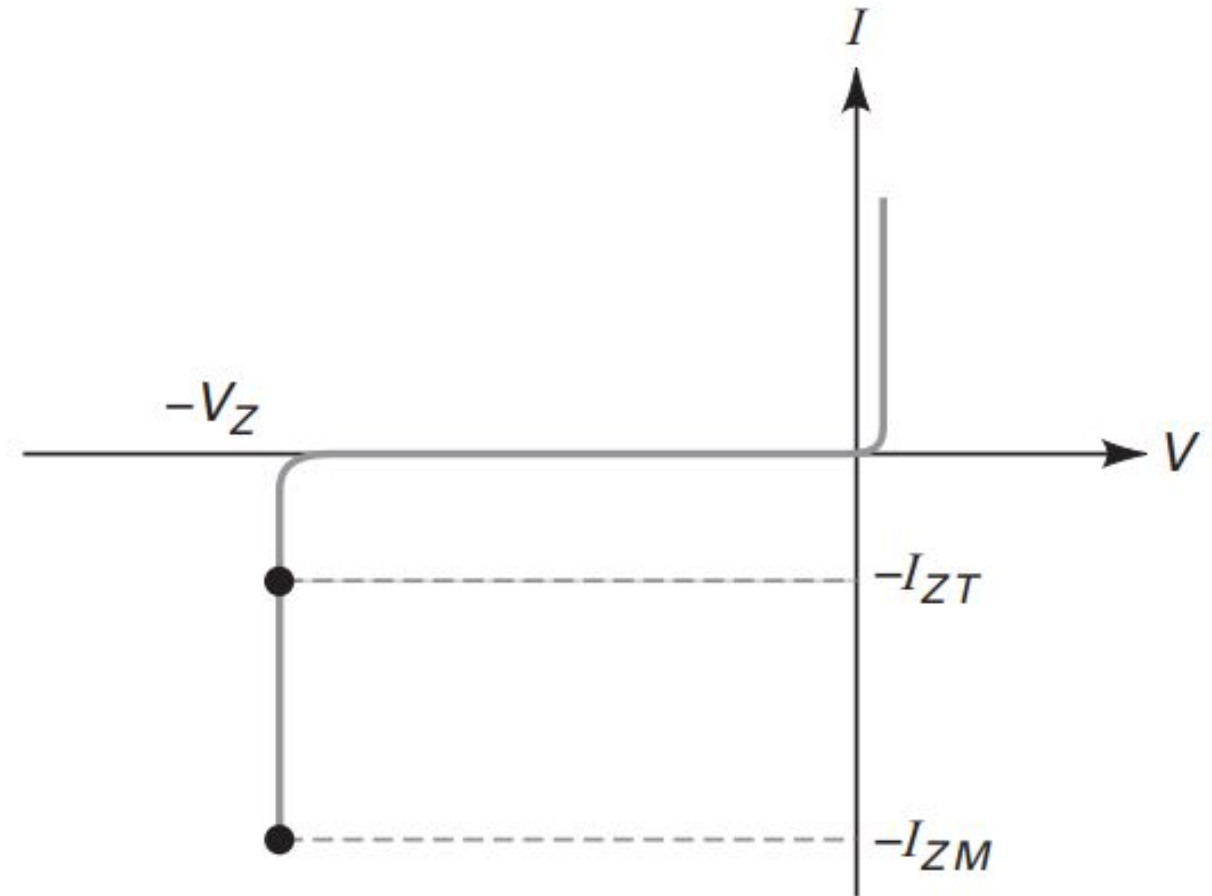
# Características



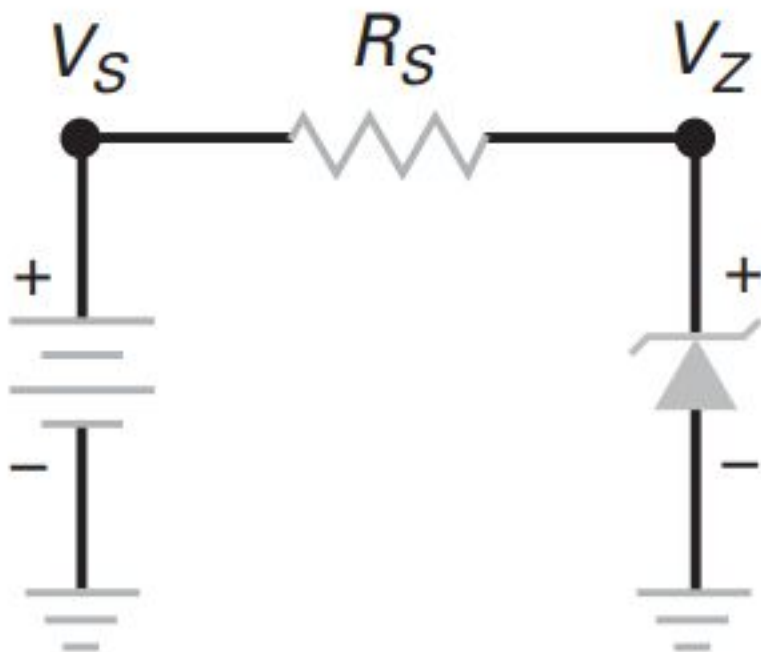
- Diferente do diodo convencional, o zener é capaz de operar na região de ruptura;
- Usado em reguladores de tensão e circuitos com tensão constante na carga;
- Usado no modo de polarização reversa;
- Pode ser usado também no modo de polarização direta com  $V_d = 0,8V$ .

# Características

- Para o caso do zener na polarização reversa, se a corrente for maior que  $I_{ZM}$ , o diodo será danificado;
- A região segura de operação é onde a corrente está entre  $I_{ZT}$  e  $I_{ZM}$ .



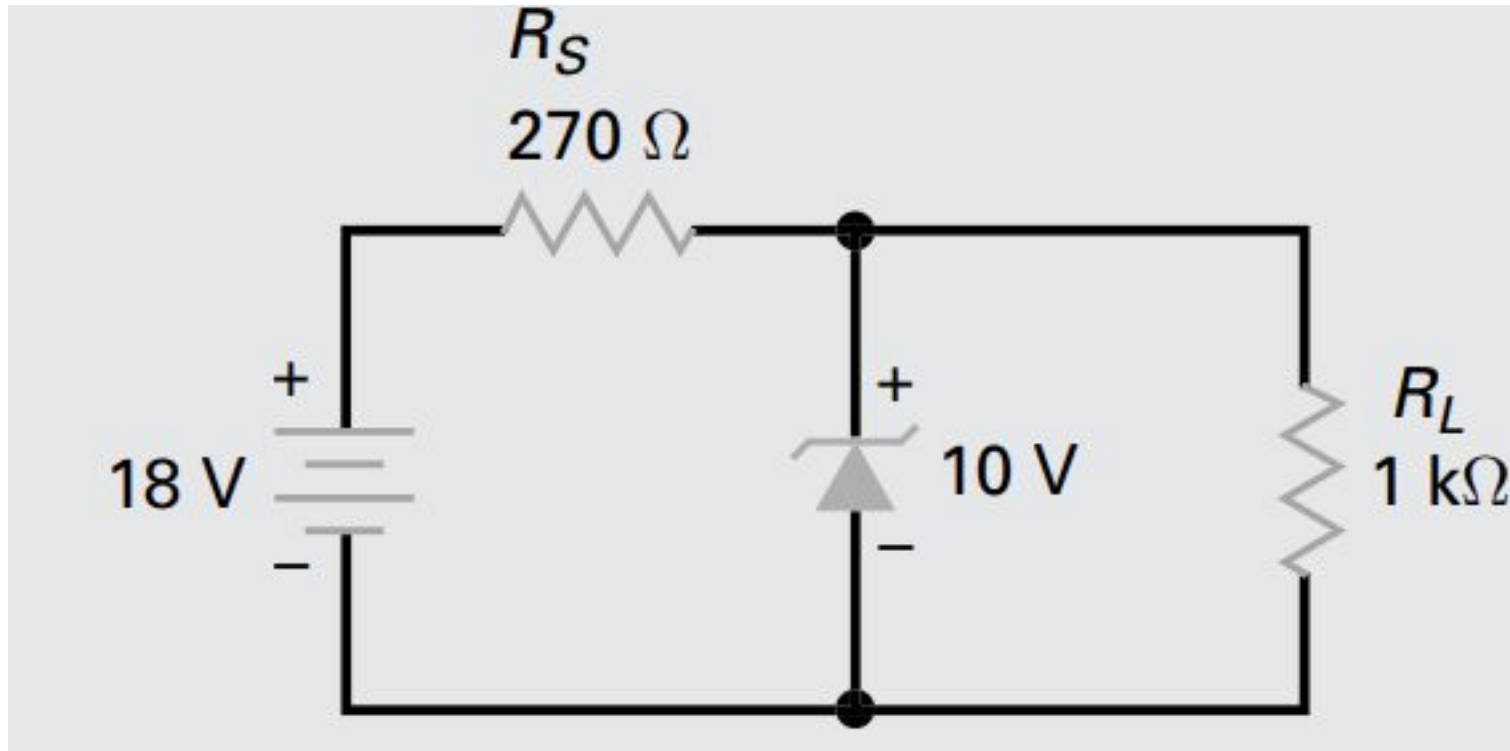
# Exemplo de utilização





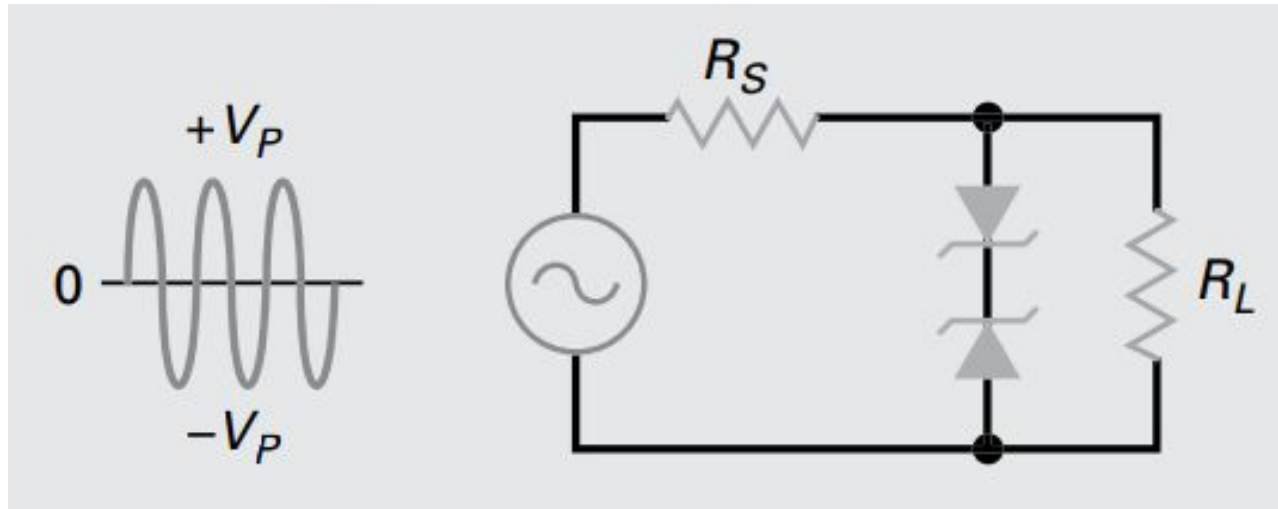
# Exemplo 1 - Diodo zener

Calcule a corrente no Diodo Zener.

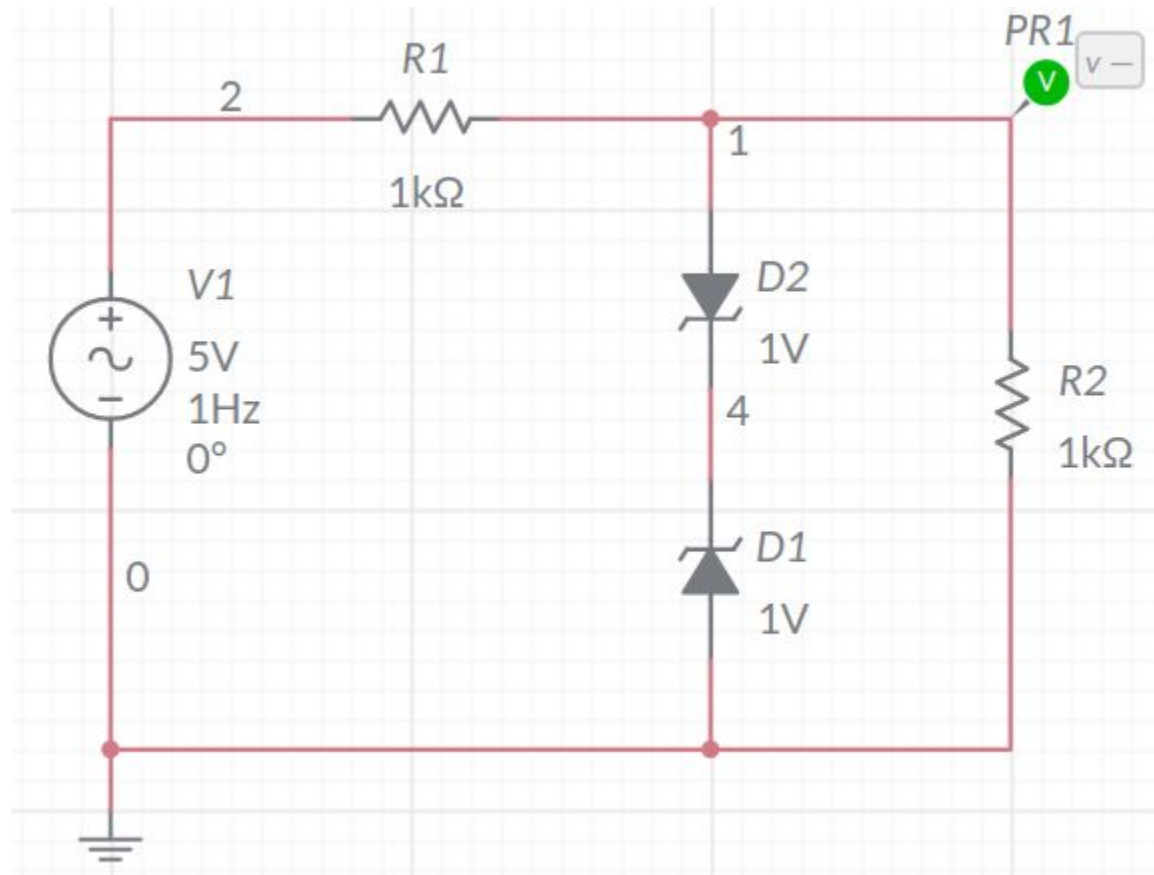


# Exemplo 2 - Diodo Zener

Determine o sinal de saída em  $R_L$ .



# Simulação - Diodo zener





PADO

Labs

Referências

MALVINO, A., BATES, D., Eletrônica, Porto Alegre, McGraw Hill, ed. 8, vol. 1, p. 567.

BOYLESTAD, R. L., NASHELSKY, L., Dispositivos Eletrônicos, ed. 11, São Paulo, Pearson, 2013, p. 743

sadiku

