



PADO  
**Labs**



# Circuitos Eletrônicos

## Aula 3 - Transistor

Prof. Leonardo Felipe Takao Hirata  
[leonardo.hirata@hausenn.com.br](mailto:leonardo.hirata@hausenn.com.br)  
<https://github.com/leofthirata>

# Conteúdo da aula

- Teorema da superposição;
- Transistor;
- Simulação e montagem de circuitos com diodo.



# Teorema da superposição

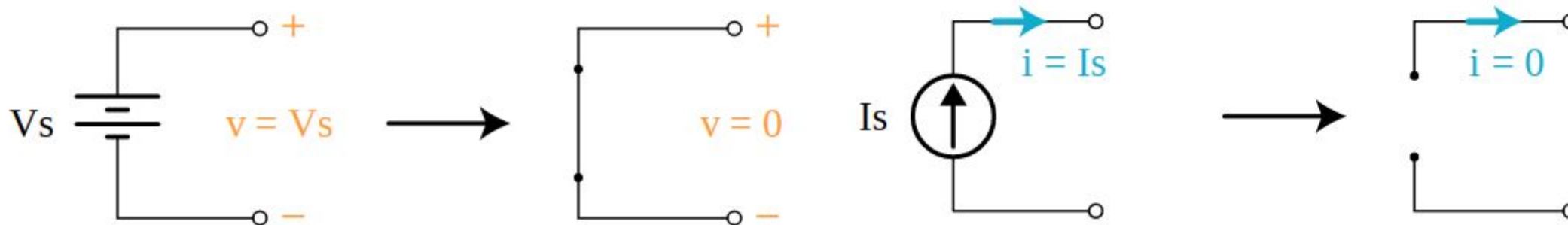
# Superposição



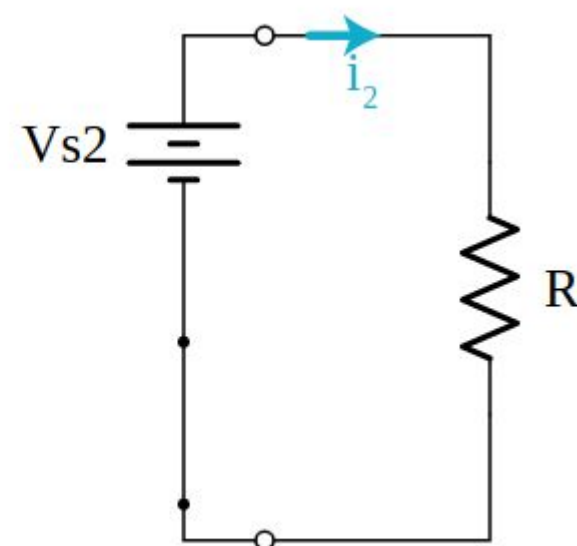
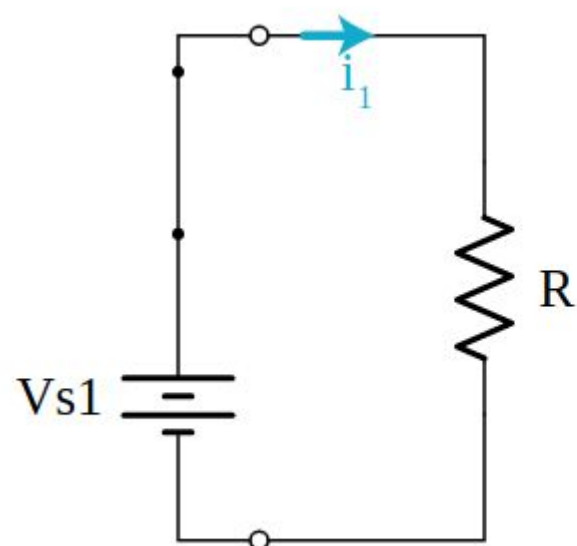
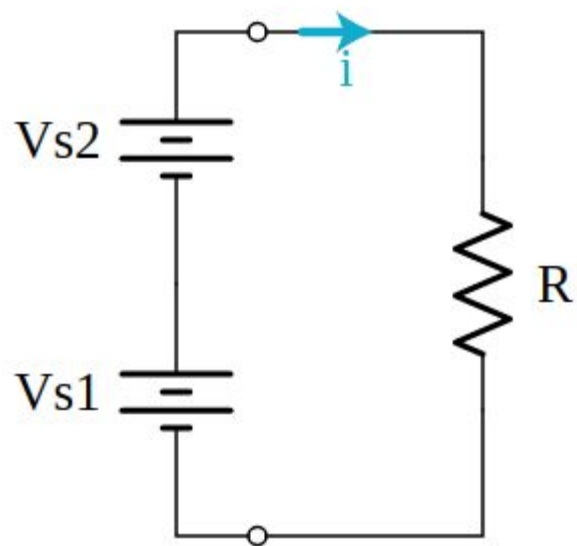
- Só pode ser aplicada a circuitos lineares;
- Elementos lineares: resistor, capacitor, indutor e amplificador operacional;
- Elementos não lineares: diodo, transistor e transformador;

# Superposição

*“a corrente ou tensão através de qualquer elemento é igual a soma algébrica das correntes ou tensões produzidas independentemente em cada fonte”*

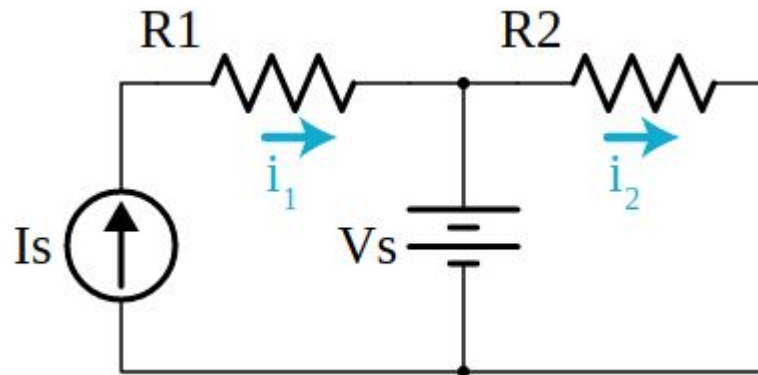


# Superposição



# Exemplo

Suponha que  $I_s = 1\text{ A}$ ,  $R_1 = 500\text{ ohms}$ ,  $V_s = 2\text{ V}$ , e  $R_2 = 1\text{ kohms}$ . Encontre a tensão na fonte de corrente  $I_s$  usando superposição







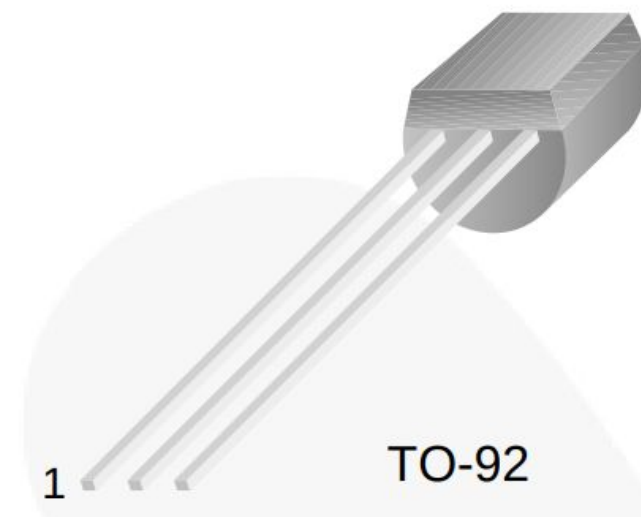
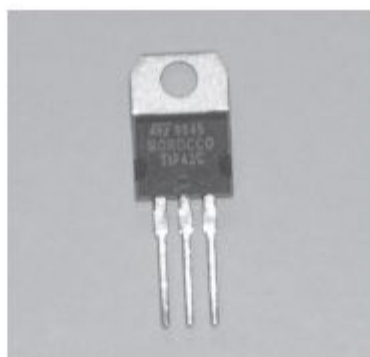
PADO

Labs

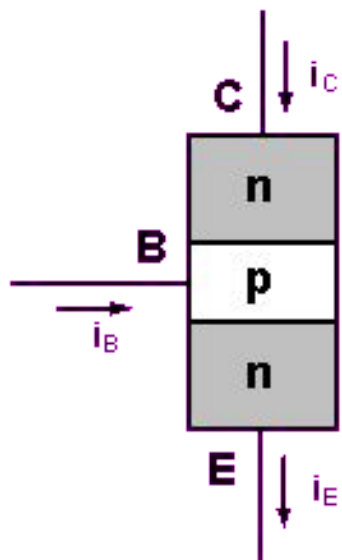
Transistor

# Transistor bipolar de junção (TBJ)

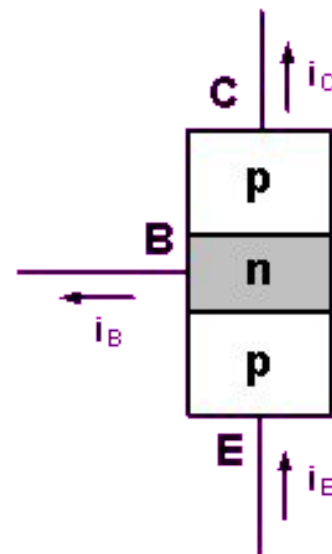
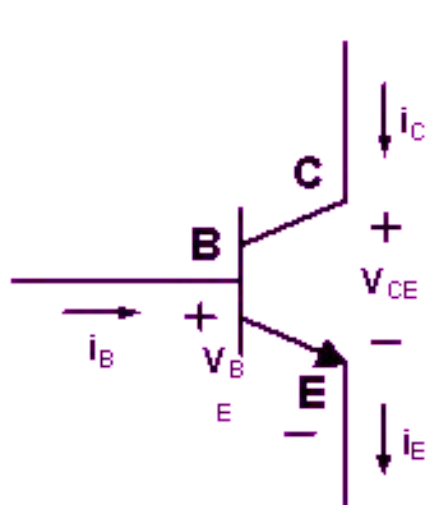
- Usado para amplificação de sinais e para chaveamento eletrônico;
- Composto por três camadas de material semicondutor (tipo p e n);
- Há dois tipos de transistor (TBJ): NPN e PNP.



# Transistor bipolar de junção (TBJ)



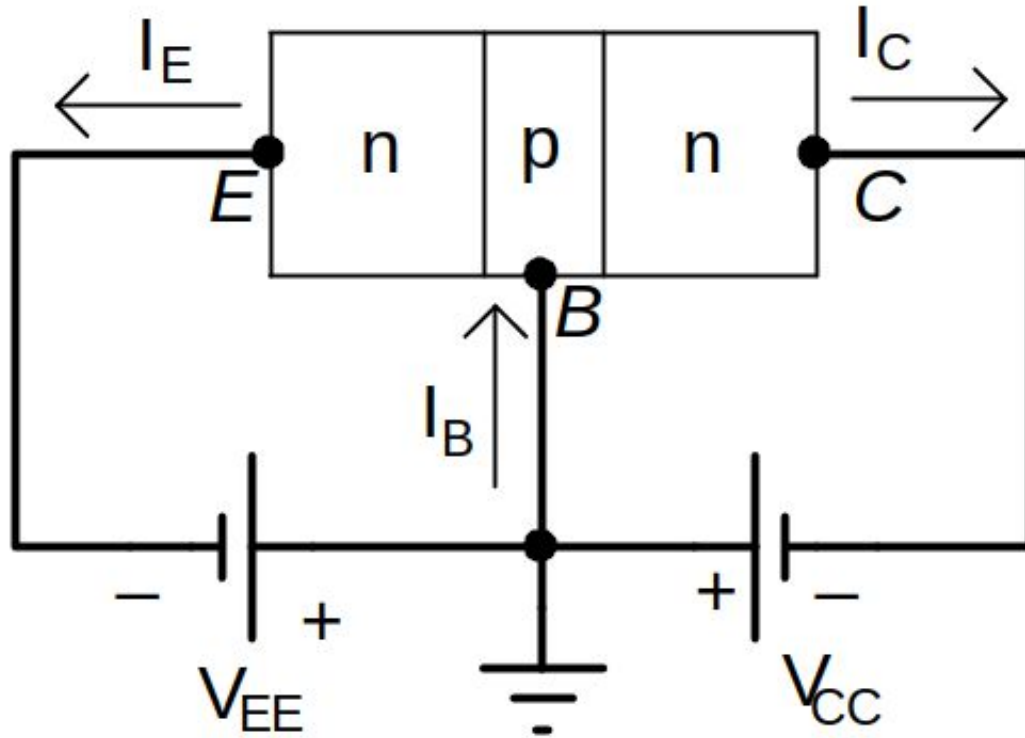
**NPN**



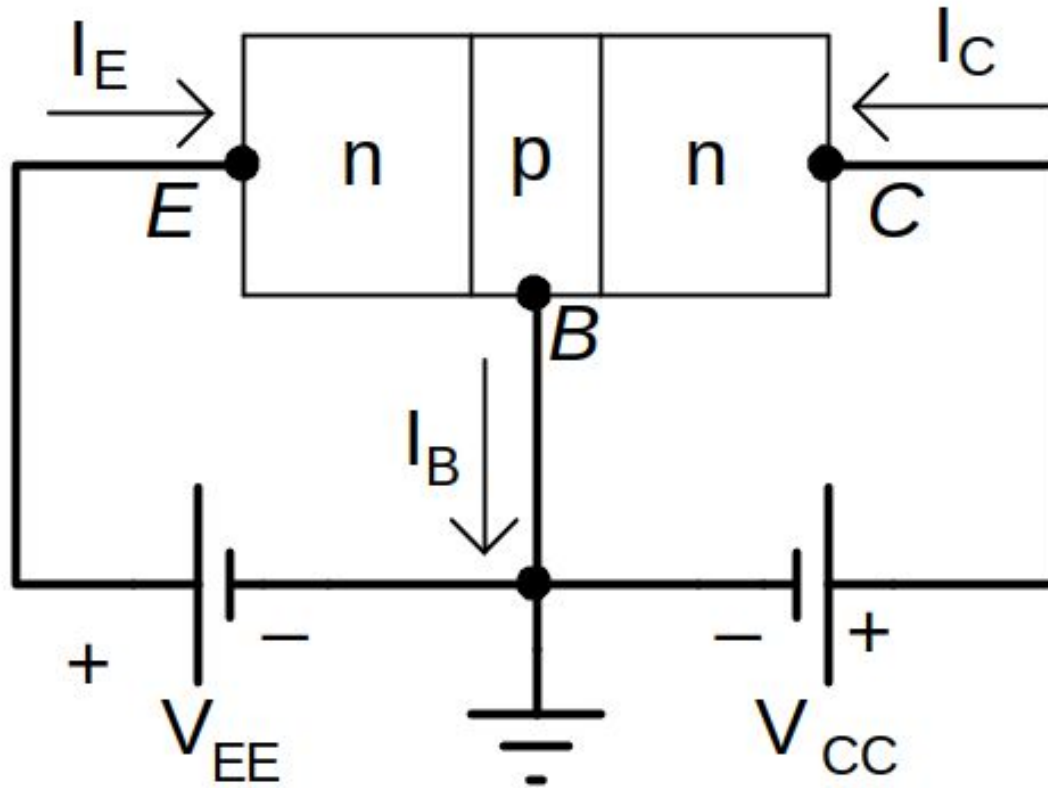
**PNP**

Onde  $I_b$  é a corrente de base,  $I_c$  a corrente do coletor e  $I_e$  a corrente do emissor.

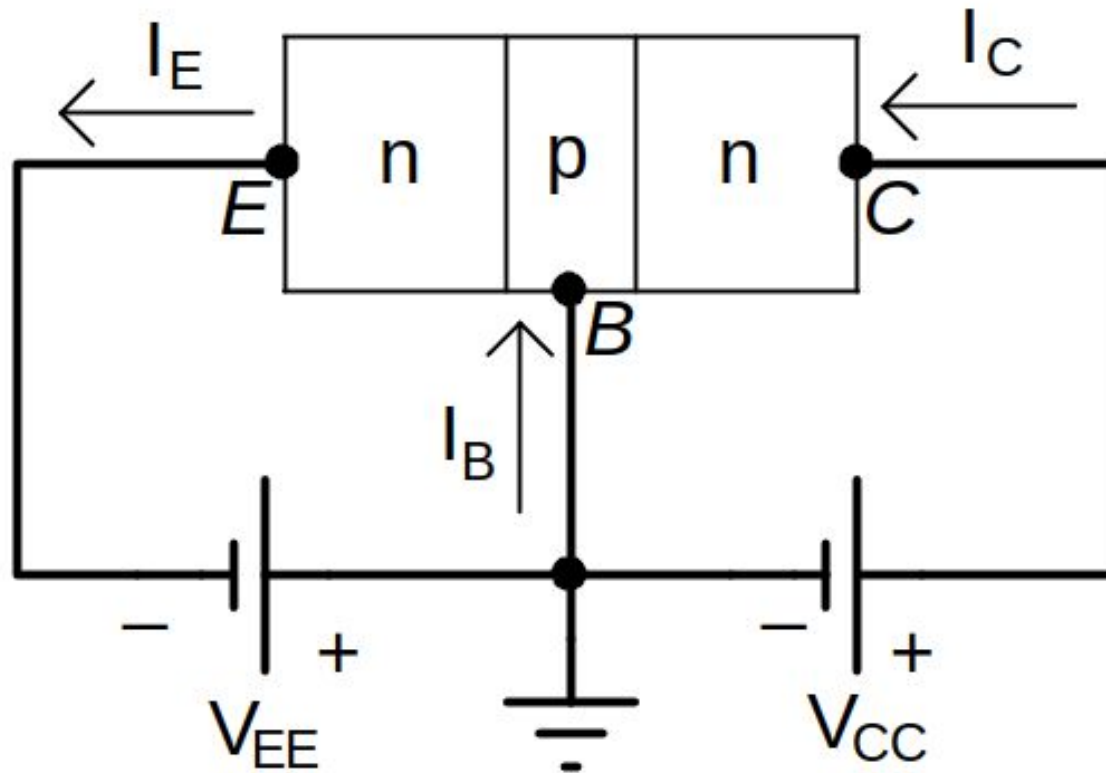
# Polarização direta



# Polarização reversa



# Transistor bipolar de junção (TBJ)



# Transistor bipolar de junção (TBJ)



- Da lei das correntes de Kirchhoff:

$$I_E = I_C + I_B$$

No entanto, a corrente de base é muito menor do que a corrente do coletor, então dizemos que a corrente do coletor e do emissor são

# Transistor bipolar de junção (TBJ)



- Relação de corrente do coletor e emissor:

$$\alpha_{cc} = \frac{I_C}{I_E}$$

A corrente do emissor é ligeiramente maior que a corrente do coletor, ou seja, a razão acima é muito próxima de 1.



# Transistor bipolar de junção (TBJ)



- Relação de corrente do coletor e base:

$$\beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B}$$

A razão acima também é conhecida como ganho de corrente do transistor.

# Exemplo 1 - Correntes no transistor



- a) Calcule a corrente do emissor se  $I_c = 200 \text{ mA}$  e  $I_b = 50 \text{ uA}$ .
- b) Calcule a corrente de base se  $I_e = 215 \text{ mA}$  e  $I_c = 214,9 \text{ mA}$ .
- c) Calcule a corrente do coletor se  $I_e = 300 \text{ mA}$  e  $I_b = 130 \text{ uA}$ .

# Solução



a) Usando a lei de Kirchhoff das correntes, temos

$$I_e = I_c + I_b$$

$$I_e = 200\text{m} + 50\text{u}$$

$$I_e = 200,05 \text{ mA}$$

b)

$$I_b = 215\text{m} - 214,9\text{m}$$

$$I_b = 0,1 \text{ mA}$$

c)

$$I_c = 300\text{m} - 130\text{u}$$

$$I_c = 300,13 \text{ mA}$$

# Exemplo 2 - Ganho de corrente



Calcule o ganho de corrente se a corrente de base for  $I_b = 500 \text{ uA}$  e a corrente do coletor for  $I_c = 25 \text{ mA}$ .

# Solução



Usando a relação entre corrente de base e do coletor, temos

$$\text{ganho} = I_c / I_b$$

$$\text{ganho} = 25\text{mA} / 500\mu\text{A}$$

$$\text{ganho} = 50$$

Portanto, ganho de corrente do transistor é 50, e a corrente do coletor é 50 vezes maior do que a da base.

# Exemplo 3 - Ganho de corrente



Calcule a corrente a corrente do coletor se  $I_b = 500 \mu A$  e o ganho de corrente do transistor for 450.

# Solução



Como a relação é dada por  $\beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B}$ , a corrente do coletor pode ser encontrada a partir de:

$$I_C = \beta_{cc} * I_B$$

$$I_C = 450 * 500\mu$$

$$I_C = 225 \text{ mA}$$

# Exemplo 3 - Ganho de corrente



Calcule a corrente a corrente de base se  $I_c = 200 \text{ mA}$  e o ganho de corrente do transistor for 315.



# Solução



Como a relação é dada por  $\beta_{cc} = \frac{I_C}{I_B}$ , a corrente de base pode ser encontrada a partir de:

$$I_b = I_c / \beta_{cc}$$

$$I_b = 200\text{mA} / 315$$

$$I_b = 634,92 \text{ mA}$$



# Configurações do transistor

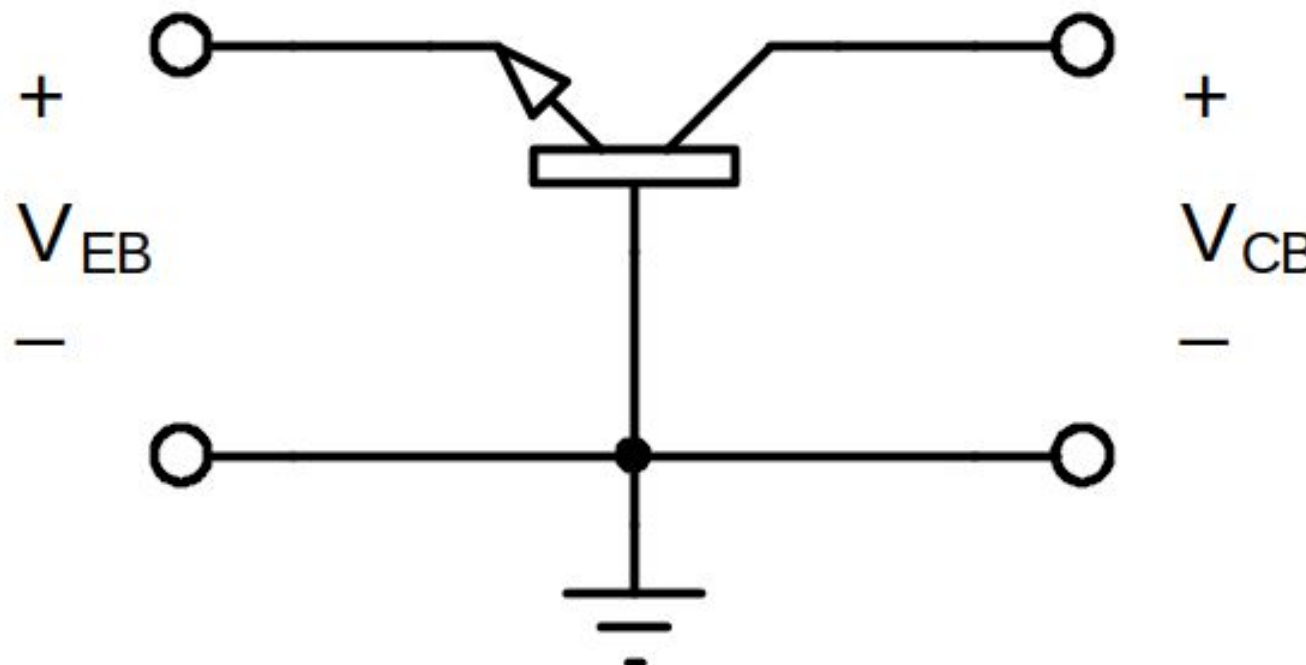
# Configurações do transistor



- Configurações mais usadas do transistor:
  - Base comum (BC);
  - Emissor comum (EC);
  - Coletor comum (CC);
- Nessas configurações, pelo menos um terminal do transistor é comum à entrada e à saída do transistor.

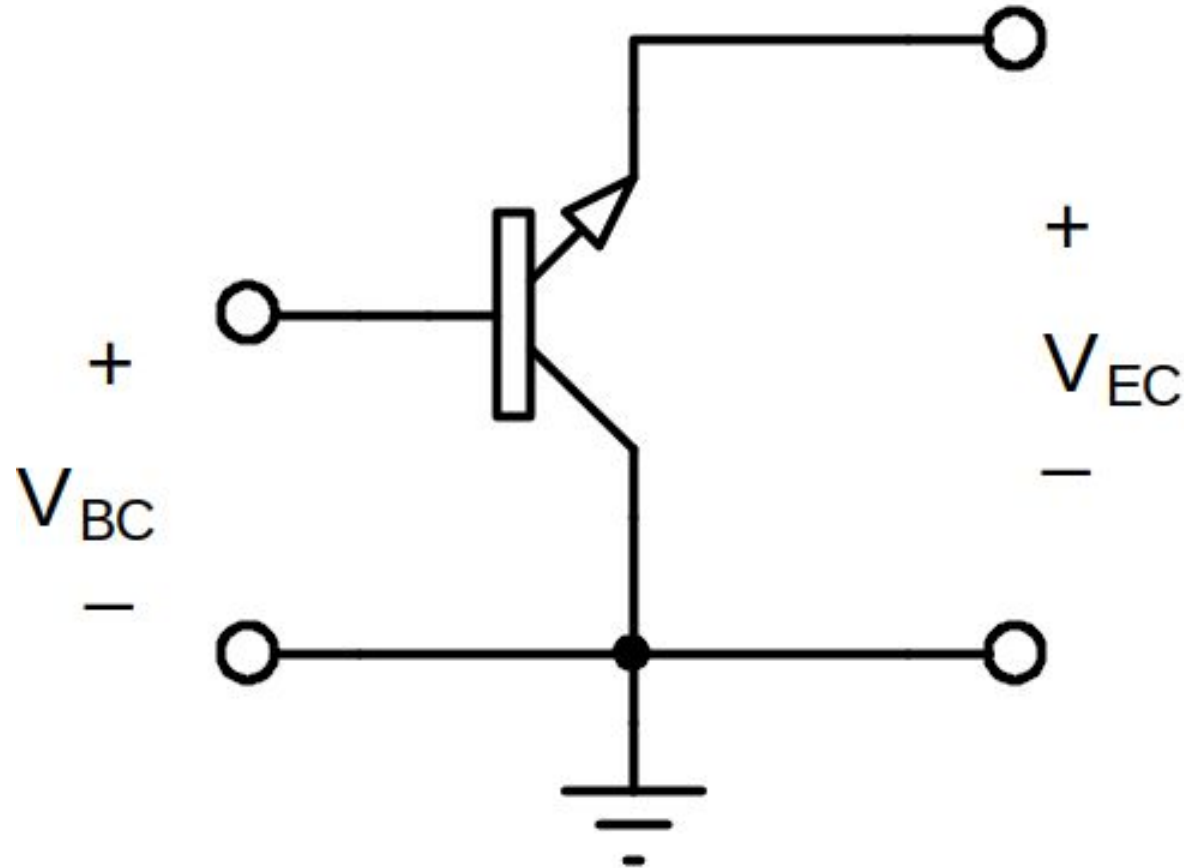
# Base-comum

- Utilizado em sistemas de altas frequências.



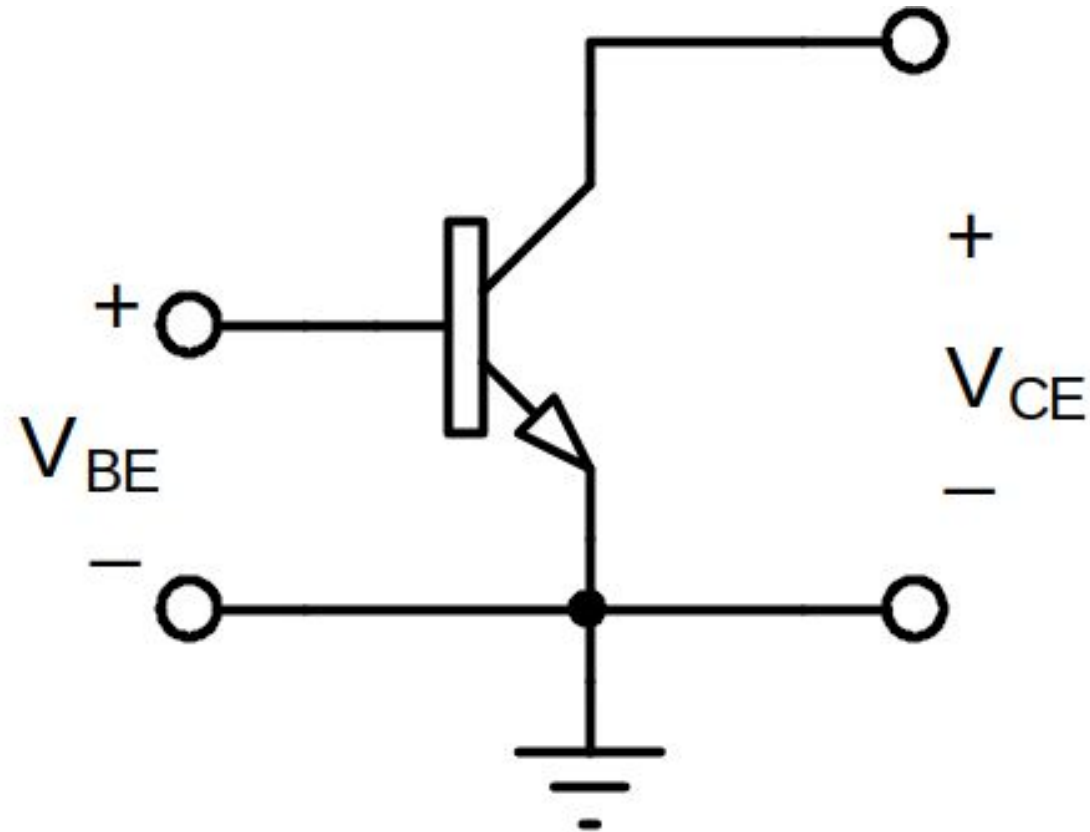
# Coletor-comum

- Utilizado para fazer o casamento de impedâncias alta impedância de entrada e baixa de saída.



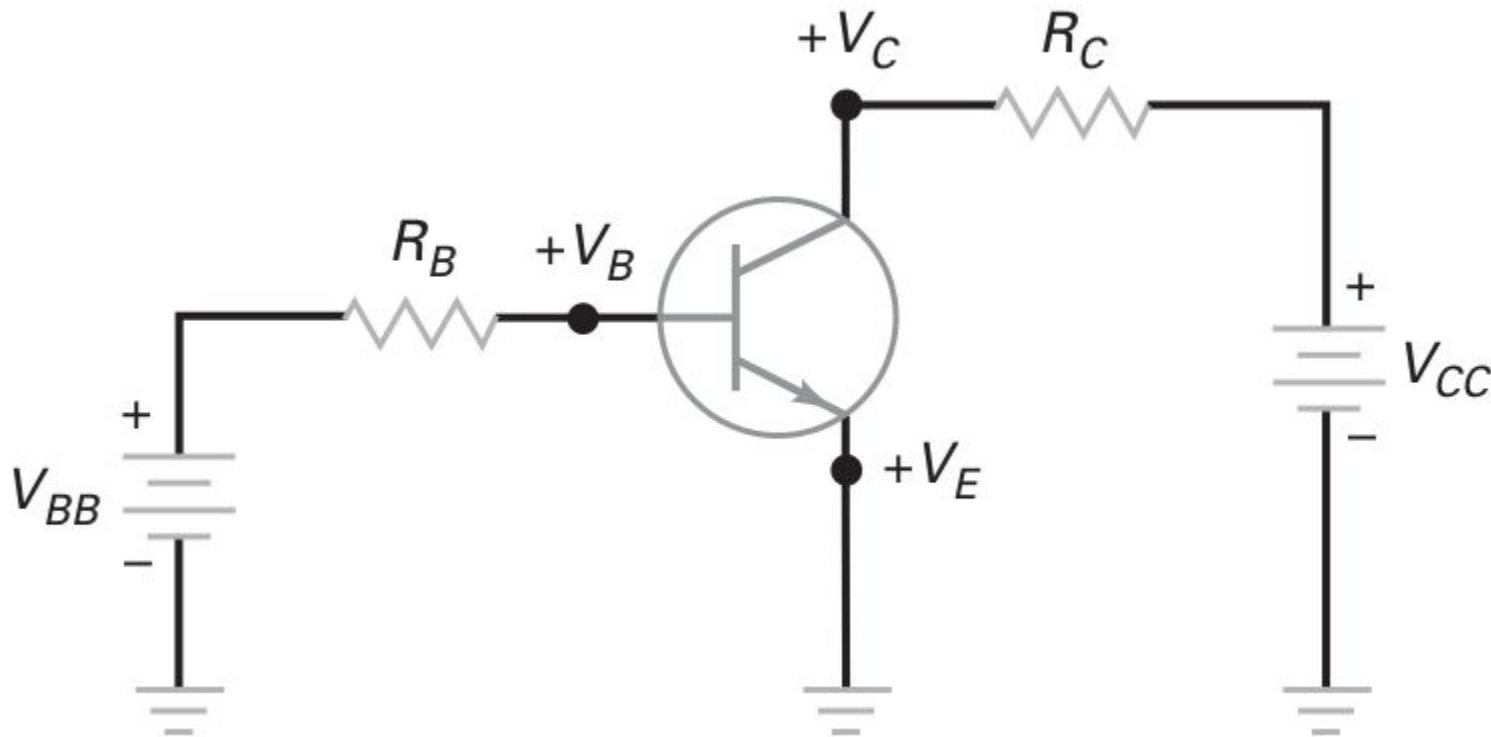
# Emissor-comum

- Configuração mais utilizada em aplicações;
- Usado como amplificador e chaveamento.



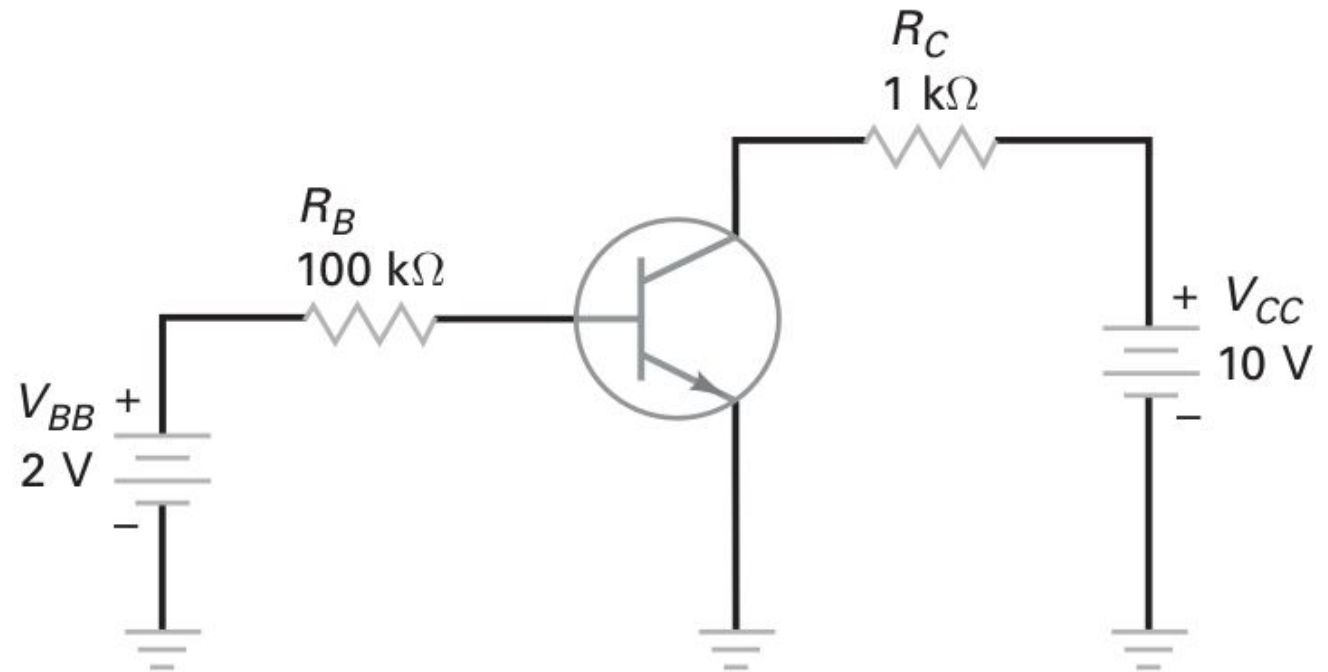
# Emissor-comum

- A corrente da base controla a corrente do coletor ao variar  $R_B$  ou  $V_{BB}$ .



# Exemplo 1 - Emissor comum

- a) Calcule a corrente na base do transistor.
- b) Calcule a tensão no resistor da base.
- c) Calcule a corrente do coletor se  $\beta_{cc} = 200$ .





# Solução



- a) Como  $V_d = 0,7$  e o emissor está aterrado ( $V_{EE} = 0$  V), temos

$$\begin{aligned}V_{BB} - V_{BE} &= V_{BB} - (V_B - V_E) \\2 - (0,7 - 0) &= 1,3 \text{ V}\end{aligned}$$

Portanto, a corrente é

$$\begin{aligned}I_b &= (V_{BB} - V_{BE}) / R_b \\I_b &= 1,3 / 100k = 13 \text{ uA}.\end{aligned}$$

- b) A tensão em  $R_b$  é

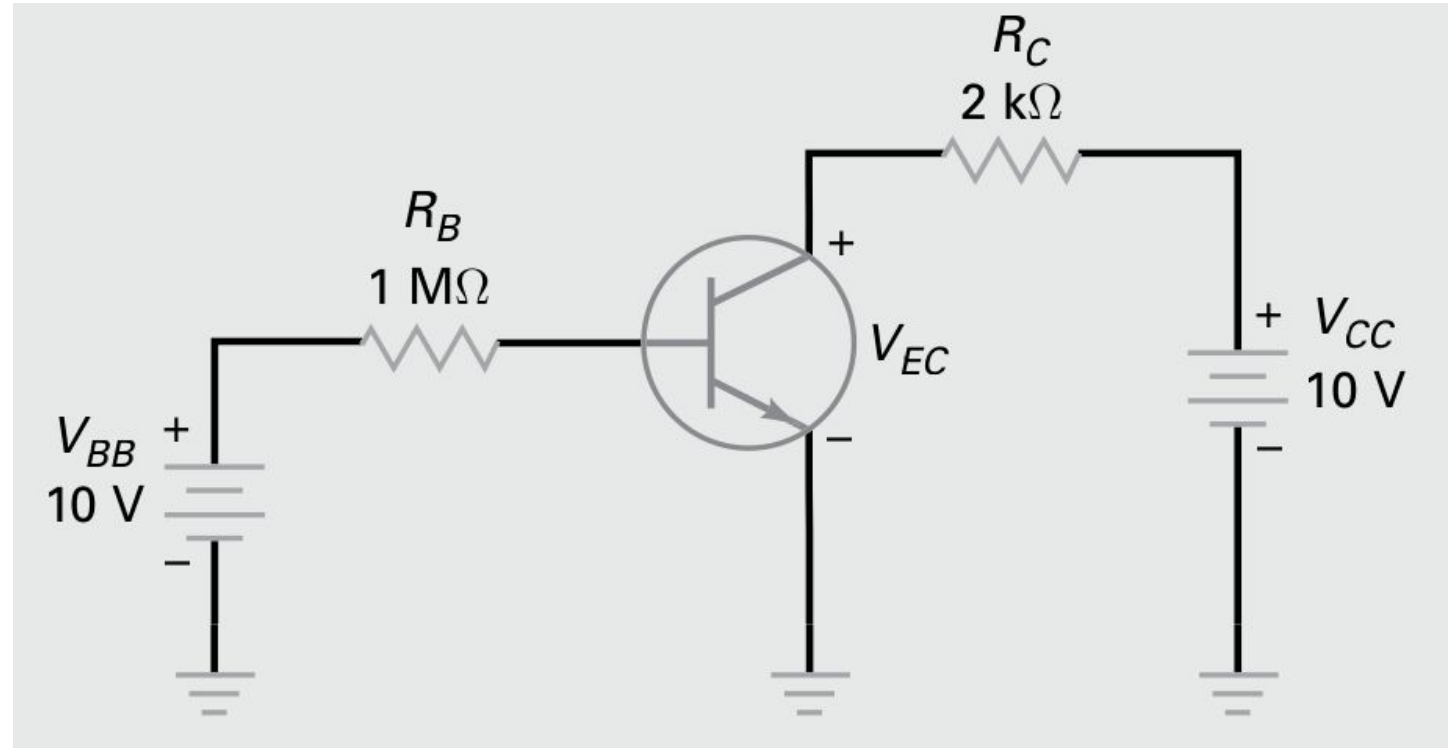
$$\begin{aligned}V_{rb} &= R_b * I_b \\V_{rb} &= 100k * 13u = 1,3 \text{ V}.\end{aligned}$$

- c) A corrente  $I_c$  é

$$\begin{aligned}I_c &= \beta_{cc} * I_b \\I_c &= 200 * 13u = 2,6 \text{ mA}.\end{aligned}$$

# Exemplo 2 - Emissor comum

- a) Calcule a corrente na base do transistor.
- b) Calcule a tensão no resistor da base.
- c) Calcule a corrente do coletor se  $\beta_{cc} = 300$ .
- d) Calcule a potência dissipada.



# Solução



- a) Como  $V_d = 0,7$  e o emissor está aterrado ( $V_{EE} = 0$  V), temos

$$V_{BB} - V_{BE} = V_{BB} - (V_B - V_E)$$

$$10 - (0,7 - 0) = 9,3 \text{ V}$$

Portanto, a corrente é

$$I_b = (V_{BB} - V_{BE}) / R_b$$

$$I_b = 9,3 / 1M = 9,3 \text{ uA.}$$

- b) A tensão em  $R_b$  é

$$V_{rb} = R_b * I_b$$

$$V_{rb} = 1M * 9,3u = 9,3 \text{ V.}$$

- c) A corrente  $I_c$  é

$$I_c = \beta_{cc} * I_b$$

$$I_c = 300 * 9,3u = 2,79 \text{ mA.}$$

- d) A potência dissipada no transistor é calculada a partir da seguinte equação:

$$P = V_{EC} * I_c$$

onde  $V_{EC}$  ( $V_E - V_C$ ) é a tensão entre o emissor e o coletor.

# Solução



Então,

$$VEC = VCC - I_c * R_c$$

$$VEC = 10 - 2,79\text{m} * 2\text{k} = 4,42 \text{ V.}$$

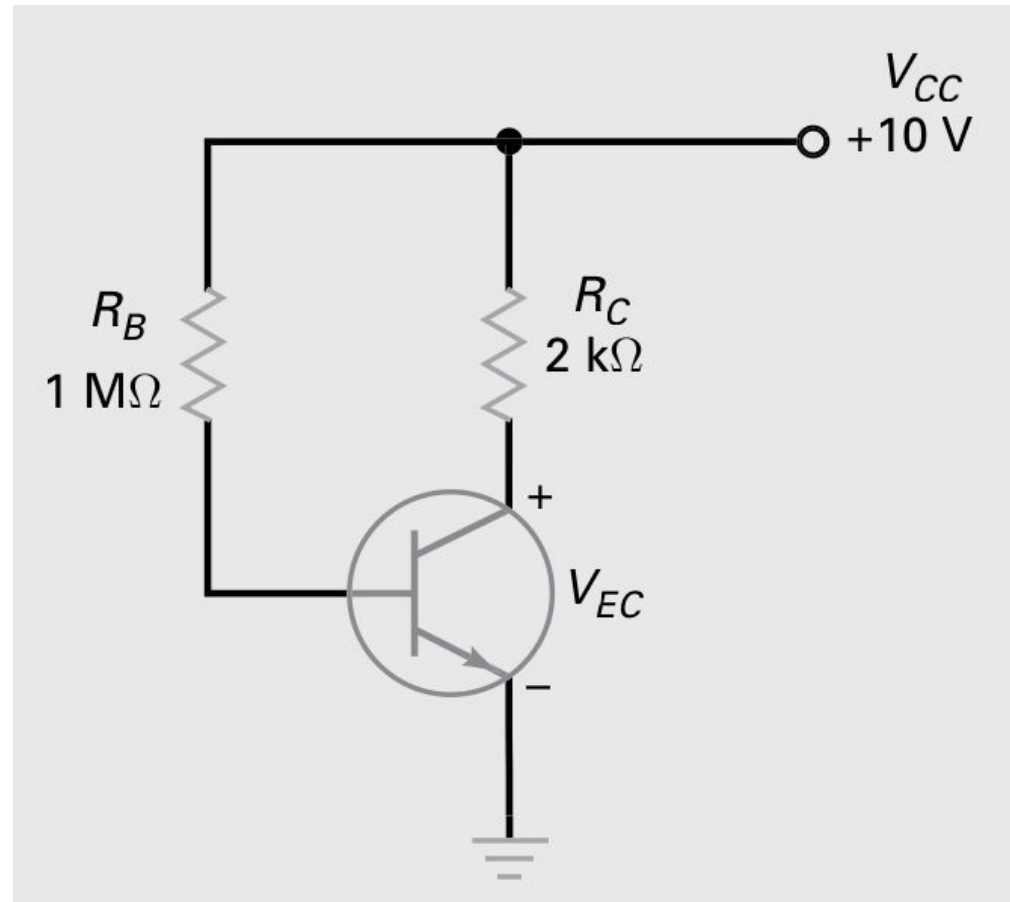
Portanto, a potência dissipada é

$$P = VEC * I_c$$

$$P = 4,42 * 2,79\text{m} = 12,3 \text{ mW.}$$

# Exemplo 3 - Emissor comum

- a) Calcule a corrente na base do transistor.
- b) Calcule a tensão no resistor da base.
- c) Calcule a corrente do coletor se  $\beta_{cc} = 300$ .
- d) Calcule a potência dissipada.



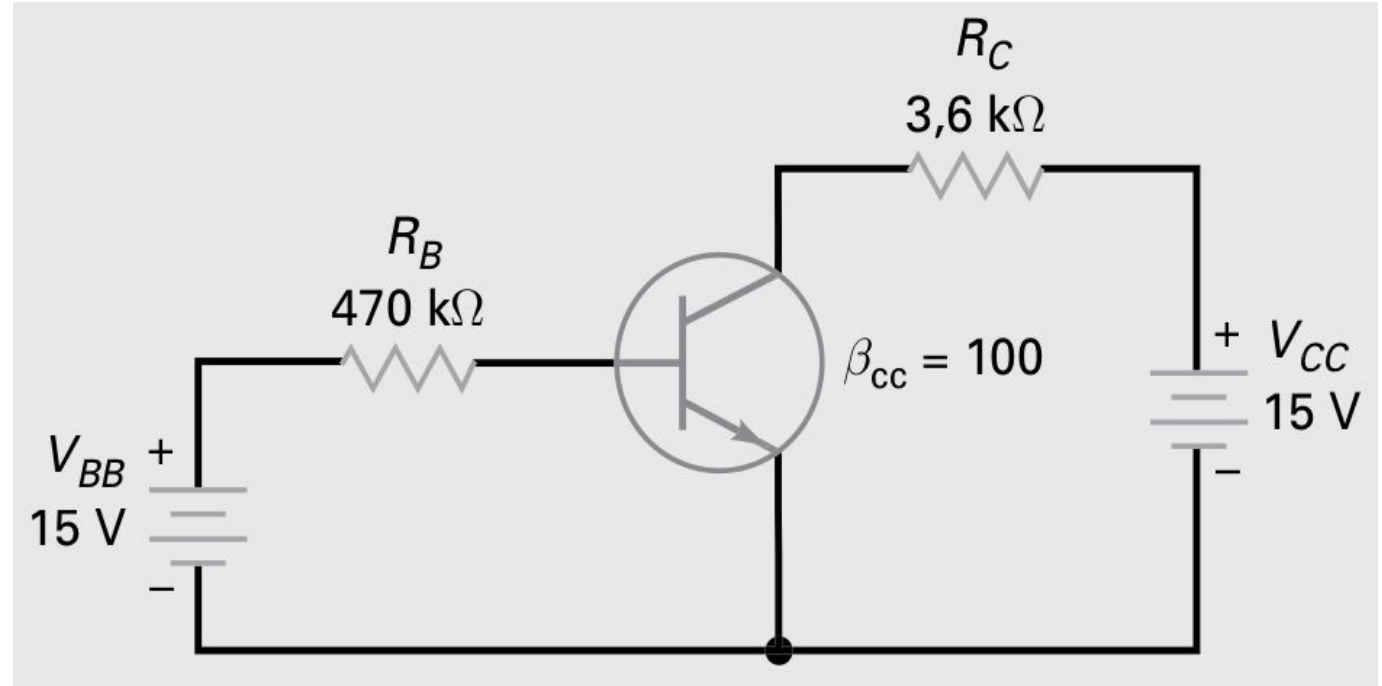
# Solução



O circuito do Exemplo 3 é o mesmo circuito do Exemplo 2, portanto a solução empregada é a mesma.

# Exemplo 4 - Emissor comum

- a) Calcule a corrente na base do transistor.
- b) Calcule a corrente do coletor.
- c) Calcule a corrente do emissor.
- d) Calcule VCE.
- e) Calcule a potência dissipada pelo transistor.



# Solução



- a) Como  $V_d = 0,7$  e o emissor está aterrado ( $V_{EE} = 0$  V), temos

$$V_{BB} - V_{BE} = V_{BB} - (V_B - V_E)$$

$$15 - (0,7 - 0) = 14,3 \text{ V}$$

Portanto, a corrente é

$$I_b = (V_{BB} - V_{BE}) / R_b$$

$$I_b = 14,3 / 470k = 30,42 \text{ uA.}$$

- b) A tensão em  $R_b$  é

$$V_{rb} = R_b * I_b$$

$$V_{rb} = 470k * 14,3 = 14,3 \text{ V.}$$

- c) A corrente  $I_c$  é

$$I_c = \beta_{cc} * I_b$$

$$I_c = 100 * 30,42u = 3,04 \text{ mA.}$$

- d) Para isso, devemos calcular  $V_{CE}$  primeiro, então

$$V_{EC} = V_{CC} - I_c * R_c$$

$$V_{EC} = 15 - 3,04m * 3,6k = 4,056 \text{ V.}$$



# Solução



Portanto, a potência dissipada é

$$P = V_{EC} * I_c$$

$$P = 4,056 * 3,04m = 12,33 \text{ mW.}$$



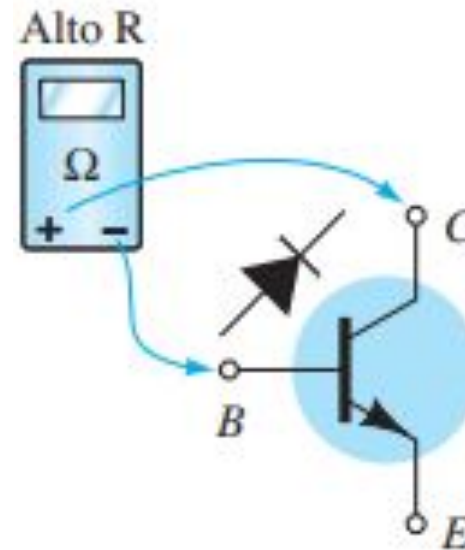
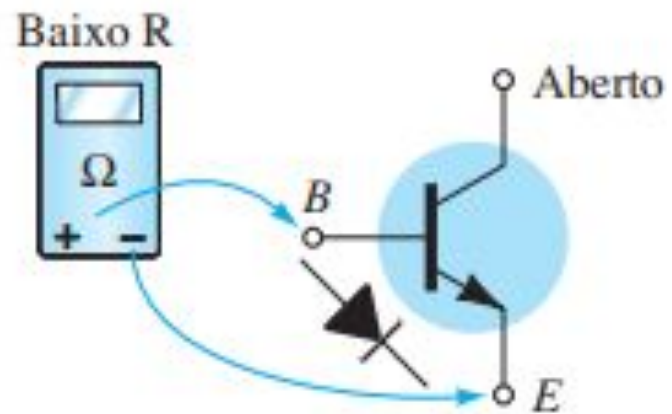
PADO

Labs

Teste do  
transistor

# Medição por multímetro

- Multímetro





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

