



PADO
Labs



Circuitos Eletrônicos

Aula 5 - Polarização do Transistor

Prof. Leonardo Felipe Takao Hirata
leonardo.hirata@hausenn.com.br
<https://github.com/leofthirata>

Conteúdo da aula

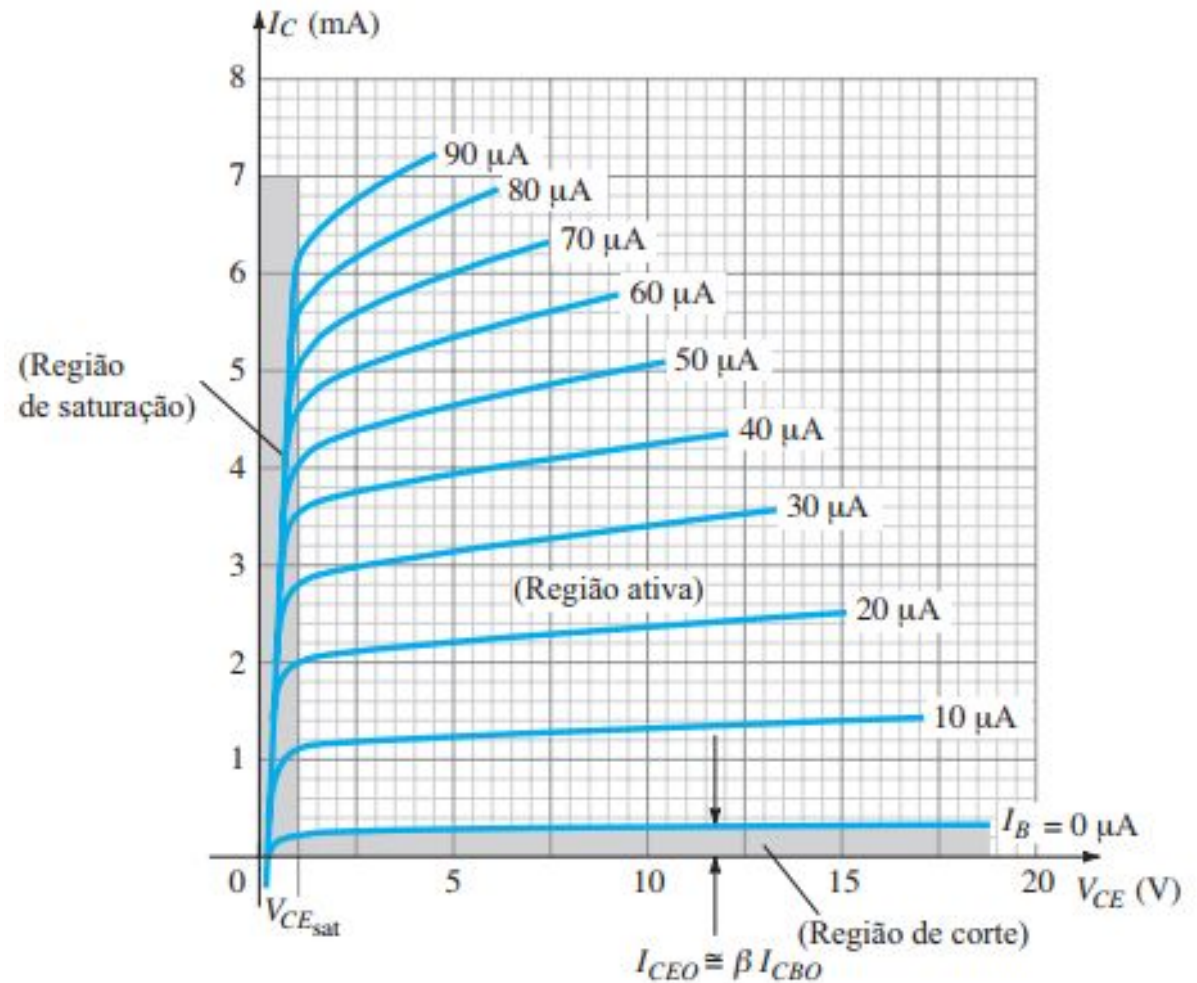
- Ponto de operação do transistor;
- Tipos de polarização do transistor;
- Simulação.



Ponto de
operação do
transistor

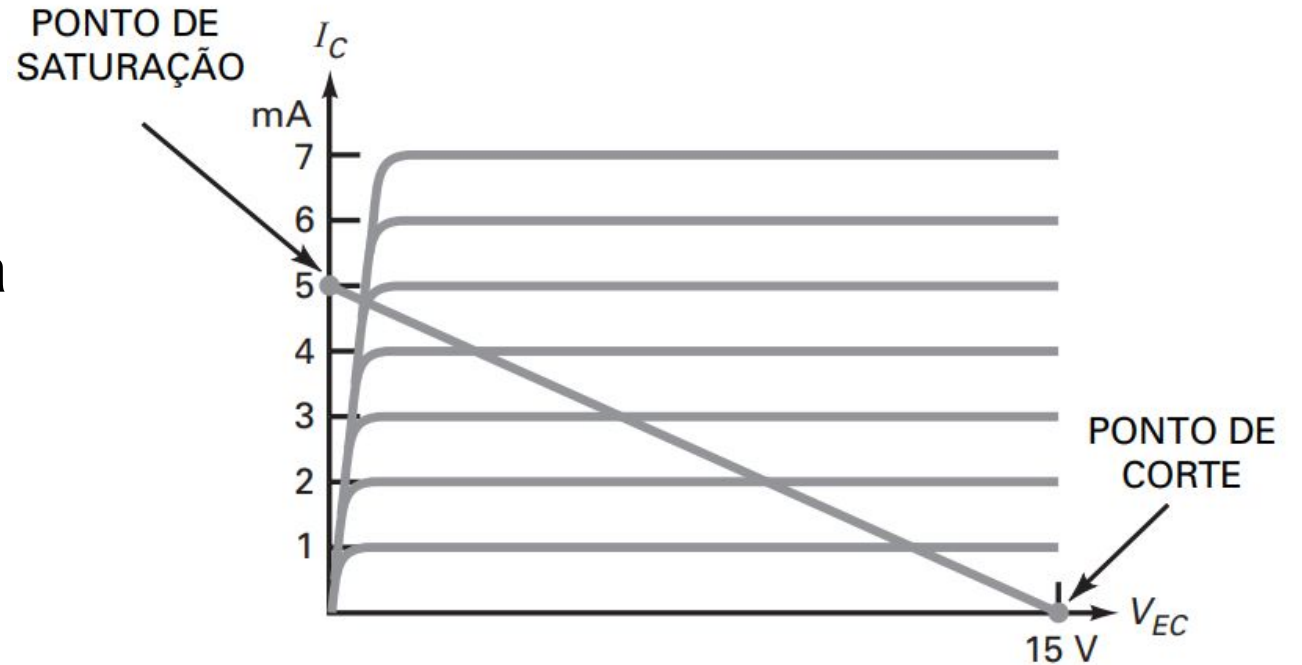
Regiões de operação

- Três regiões de operação;
 - Saturação;
 - Ativa;
 - Corte.



Região de saturação

- A tensão VCE é mínima;
- A corrente I_C de saturação tem seu valor máximo;
- O transistor atua como uma chave fechada (curto circuito) visto que a corrente I_C tem seu valor máximo atingido.



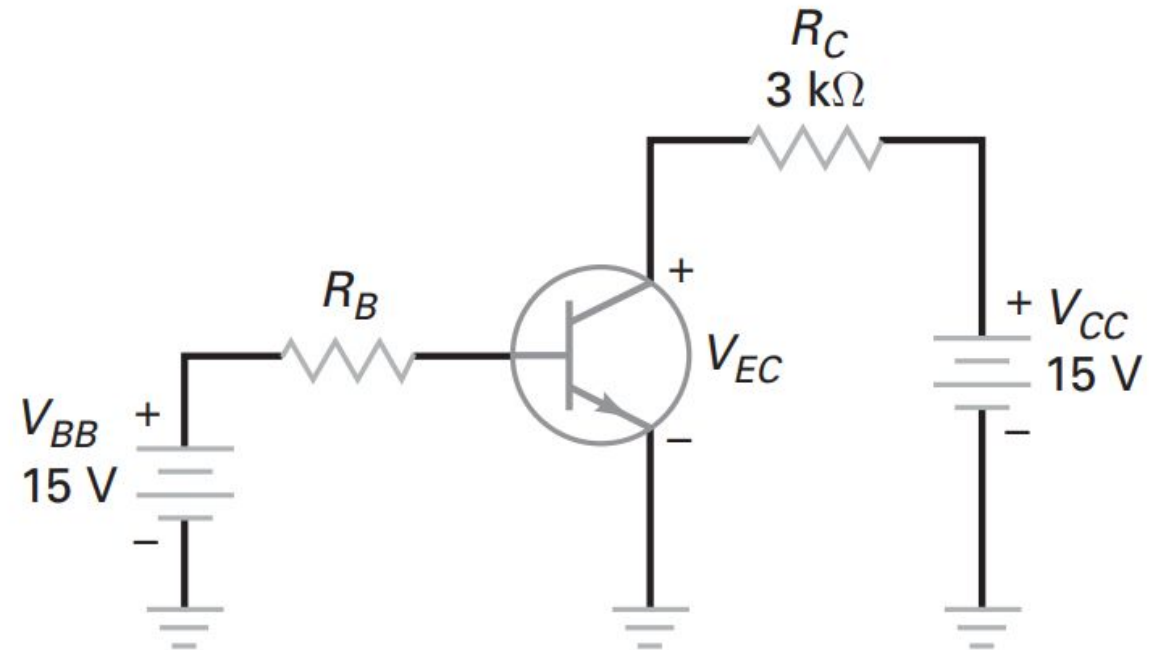
Ponto de saturação

Para calcular a corrente do coletor de saturação, levamos em consideração que $V_{CE} = 0$ V:

$$I_{C_sat} = (V_{CC} - V_{CE}) / R_C$$

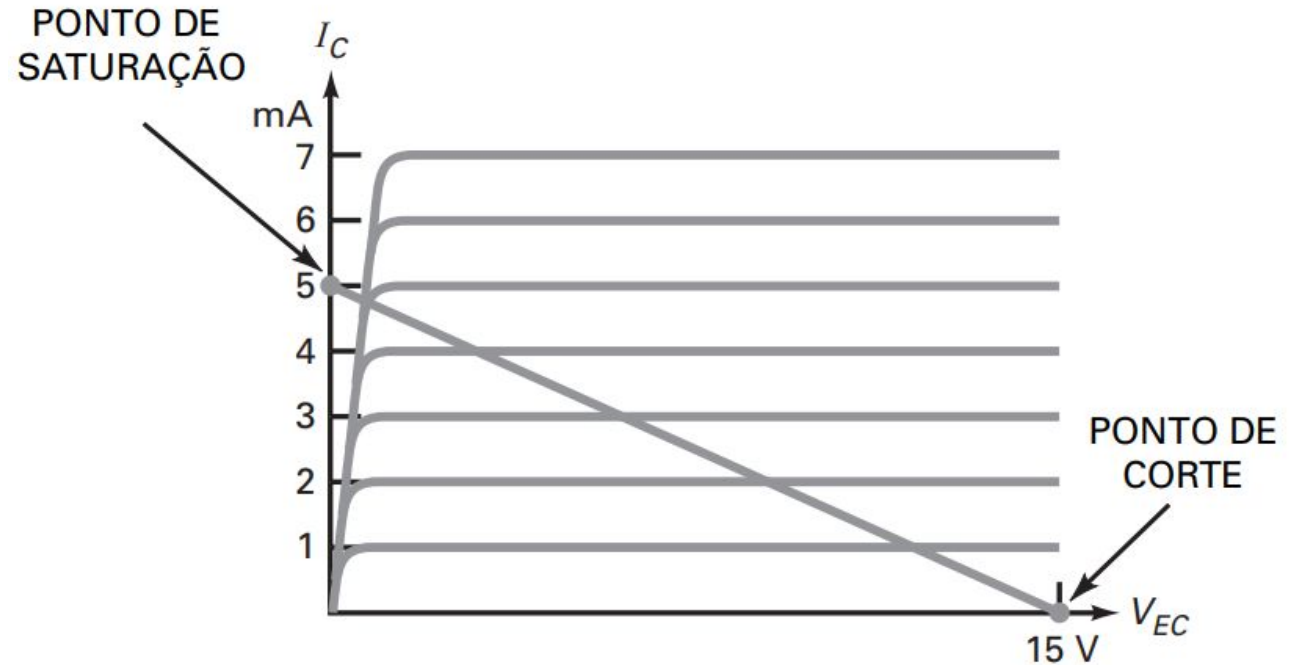
$$I_{C_sat} = (15 - 0) / 3k$$

$$I_{C_sat} = 5 \text{ mA.}$$



Região de corte

- A tensão VCE é máxima;
- A corrente de coletor é nula;
- O transistor atua como uma chave aberta (circuito aberto) visto que não há corrente passando por ele.



Ponto de corte

No circuito ao lado, a tensão VCE de corte é:

$$V_{CE} = V_{CC}$$

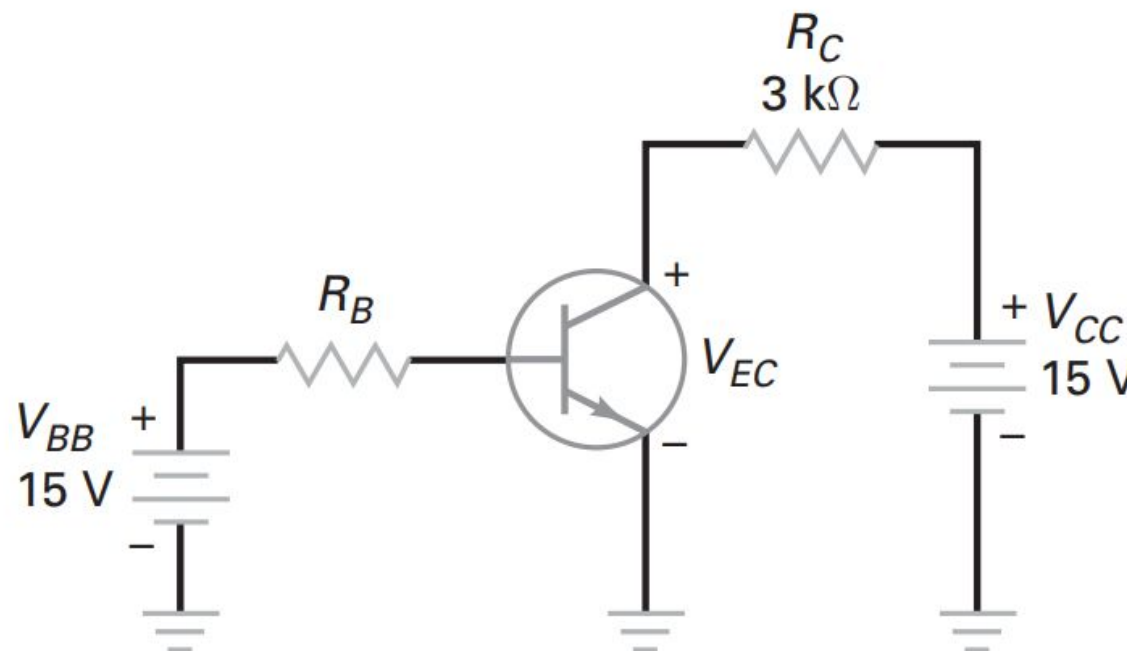
$$V_{CE} = 15 \text{ V.}$$

Feito isso, a corrente de coletor é:

$$I_{C_corte} = (V_{CC} - V_{CE}) / R_C$$

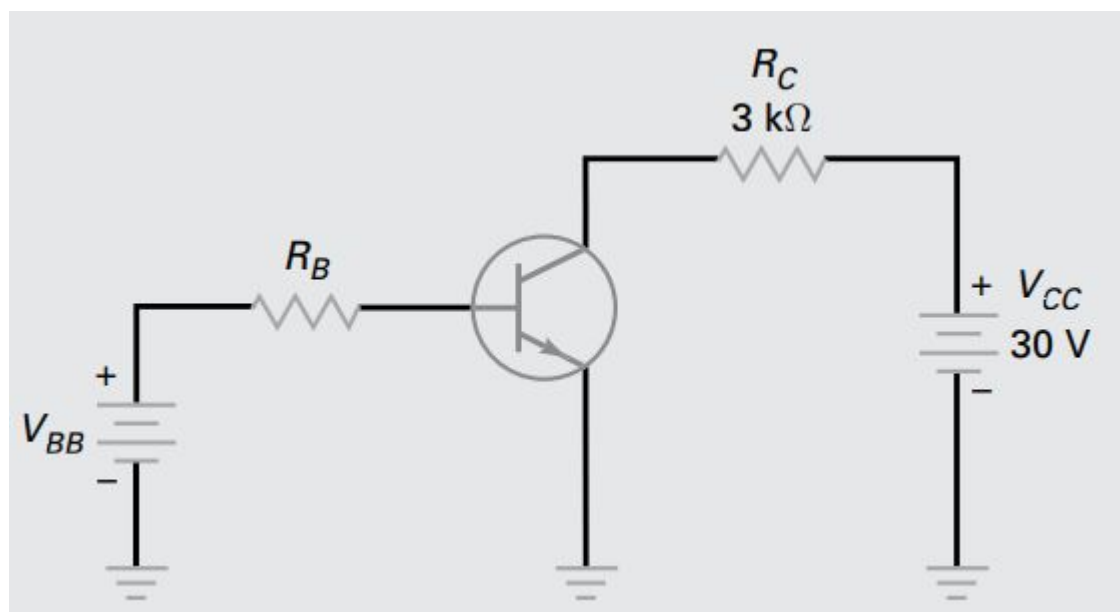
$$I_{C_corte} = (15 - 15) / 3k$$

$$I_{C_corte} = 0.$$



Exemplo 1

Quais os valores da corrente de saturação e da tensão de corte para o circuito abaixo?



Solução



Tomando em consideração $V_{CE} = 0$, a corrente que flui pelo coletor é

$$I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / R_c$$

$$I_c = (30 - 0) / 3k$$

$$I_c = 10 \text{ mA}$$

Já a tensão de corte requer que a corrente I_c seja nula, portanto

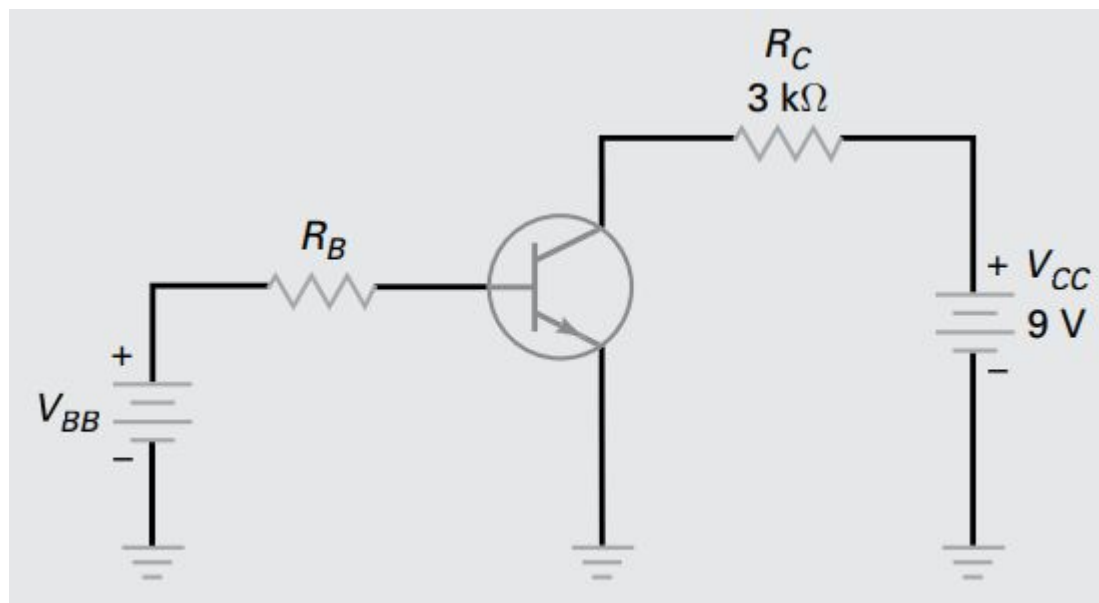
$$I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / R_c$$

$$0 = (30 - V_{CE}) / 3k$$

$$V_{CE} = 30 \text{ V.}$$

Exemplo 2

Quais os valores da corrente de saturação e da tensão de corte para o circuito abaixo?



Solução



Tomando em consideração $V_{CE} = 0$, a corrente que flui pelo coletor é

$$I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / R_c$$

$$I_c = (9 - 0) / 3k$$

$$I_c = 3 \text{ mA}$$

Já a tensão de corte requer que a corrente I_c seja nula, portanto

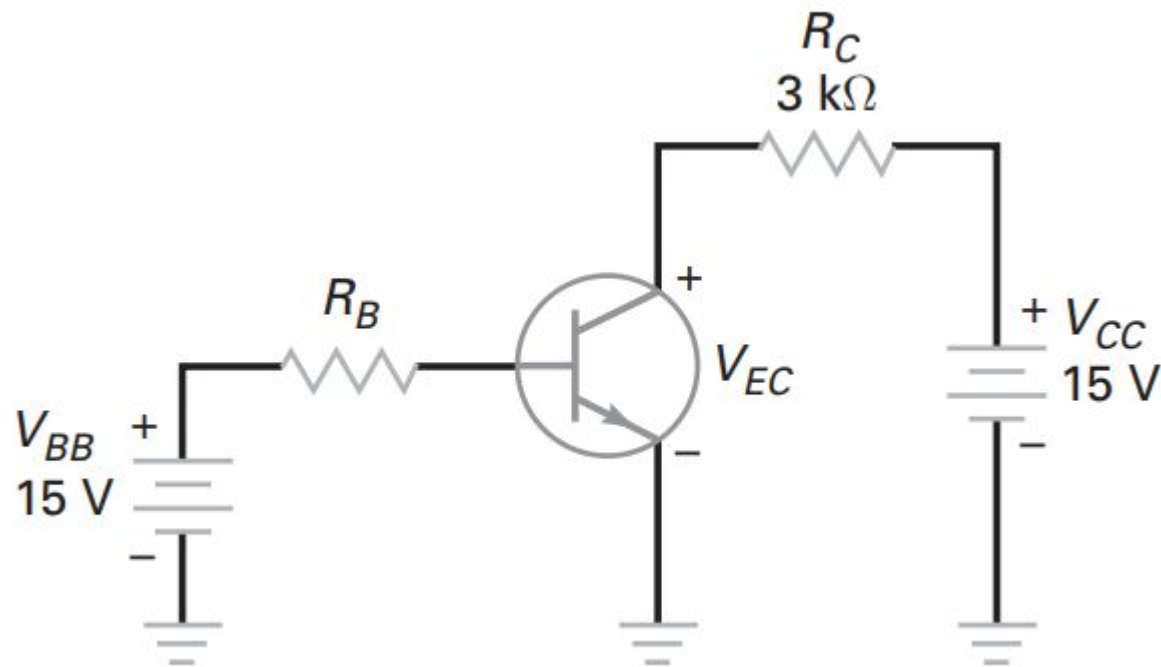
$$I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / R_c$$

$$0 = (9 - V_{CE}) / 3k$$

$$V_{CE} = 9 \text{ V.}$$

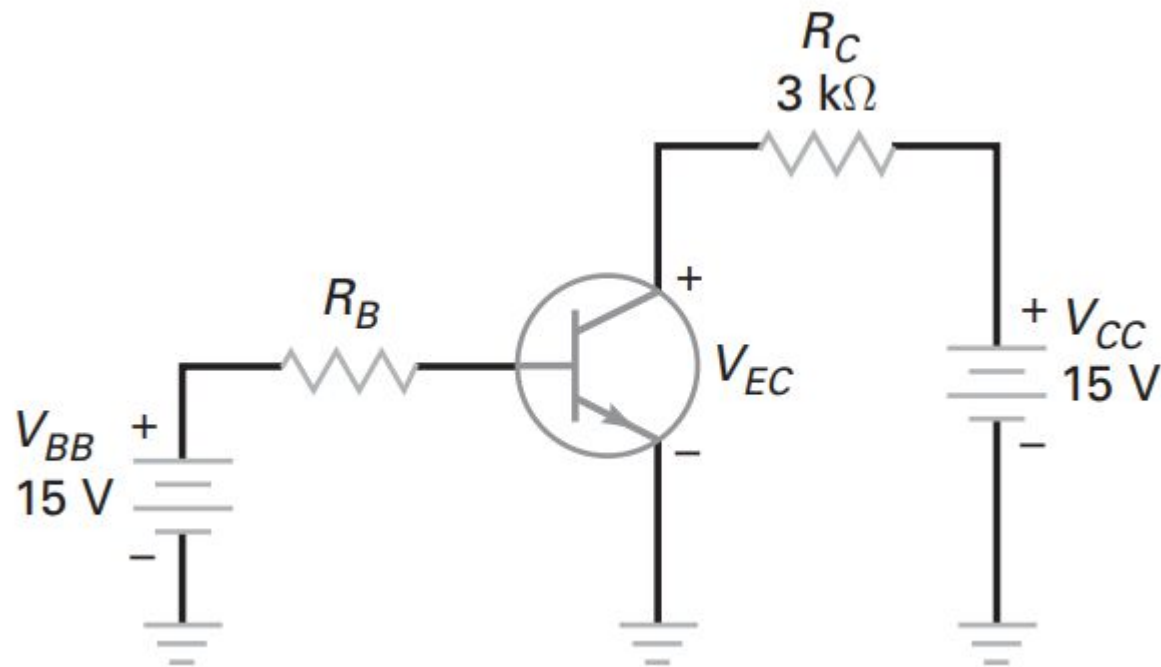
Exercício 1

Determine o valor de R_B para que o transistor atue como uma chave aberta.



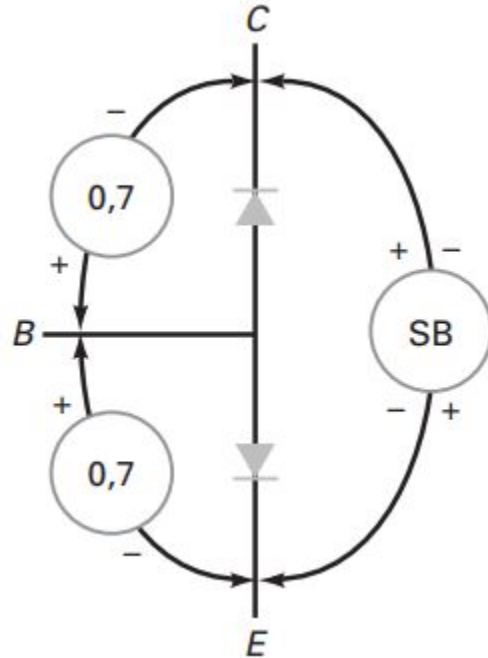
Exercício 2

Determine o valor de R_B para que o transistor atue como uma chave fechada.



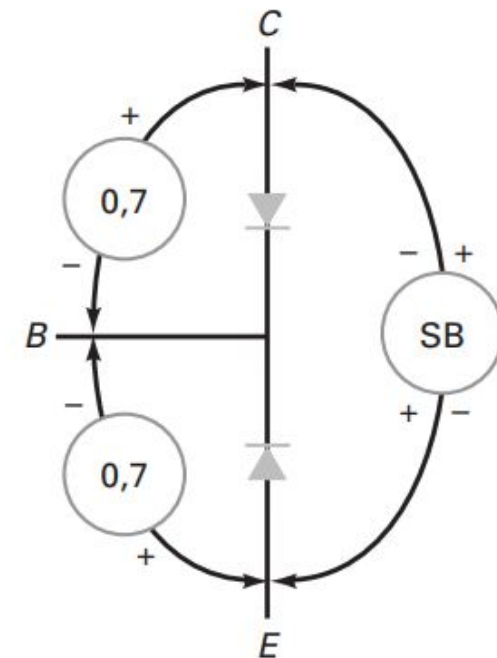
Teste de transistor

+	-	Leitura
<i>B</i>	<i>E</i>	0,7
<i>E</i>	<i>B</i>	SB
<i>B</i>	<i>C</i>	0,7
<i>C</i>	<i>B</i>	SB
<i>C</i>	<i>E</i>	SB
<i>E</i>	<i>C</i>	SB



NPN

+	-	Leitura
<i>B</i>	<i>E</i>	SB
<i>E</i>	<i>B</i>	0,7
<i>B</i>	<i>C</i>	SB
<i>C</i>	<i>B</i>	0,7
<i>C</i>	<i>E</i>	SB
<i>E</i>	<i>C</i>	SB



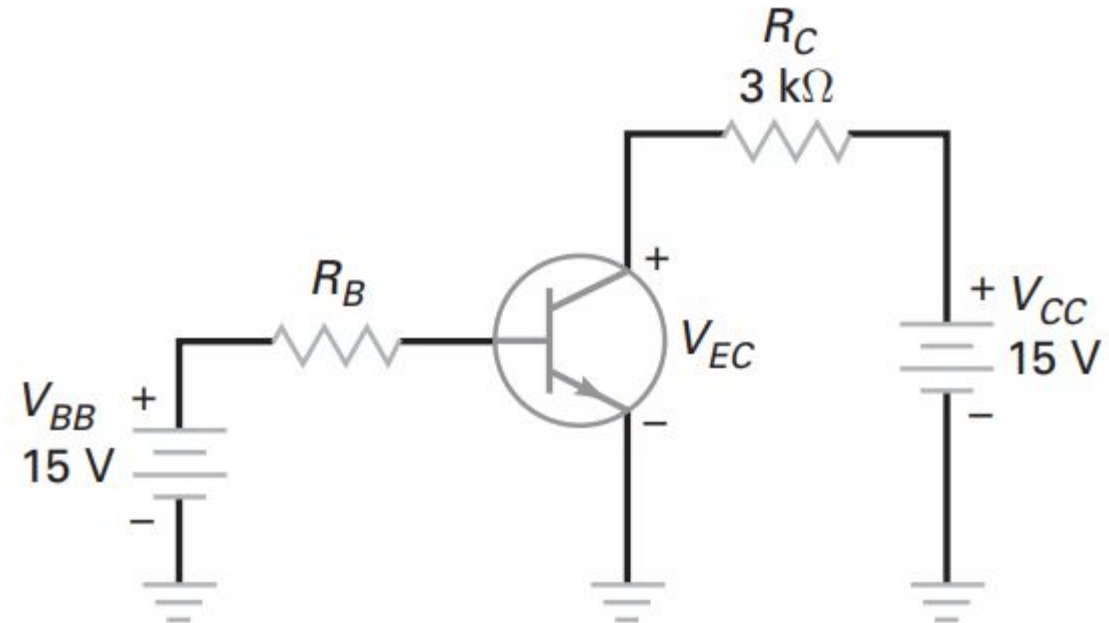
PNP



Tipos de polarização

Polarização da base

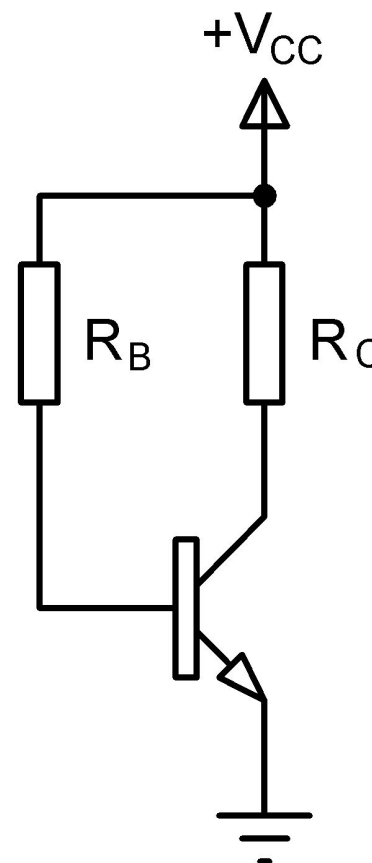
- Ponto Q instável;
- Malha da base:
 $I_c = (V_{BB} - V_{BE}) / (R_b / \beta_{cc})$
- Malha do coletor:
 $I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / R_c$



Exercício - Polarização da base

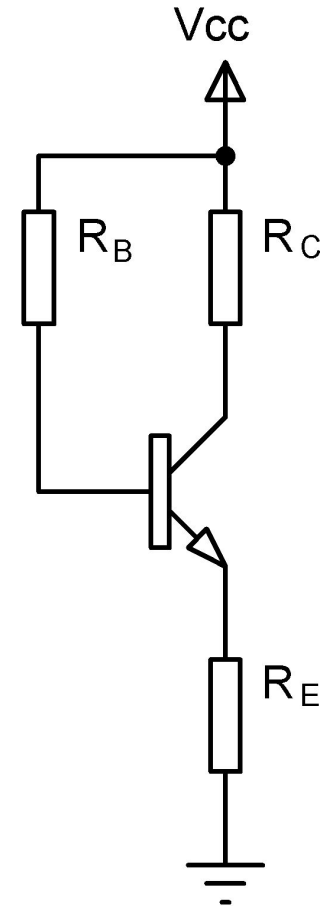
Deduza as equações da corrente do coletor I_C para os casos:

- a) Malha da base;
- b) Malha do coletor.



Polarização com realimentação do emissor

- Malha da base:
 $I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / ((R_B / \beta_{cc}) + R_E)$
- Malha do coletor:
 $I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / (R_C + R_E)$

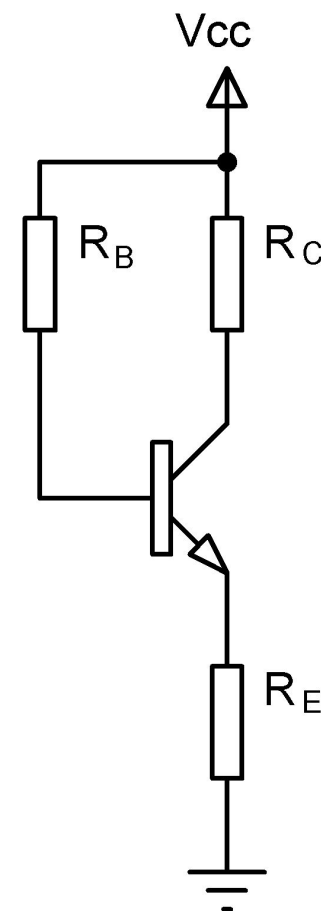


Exercício - Realimentação do emissor



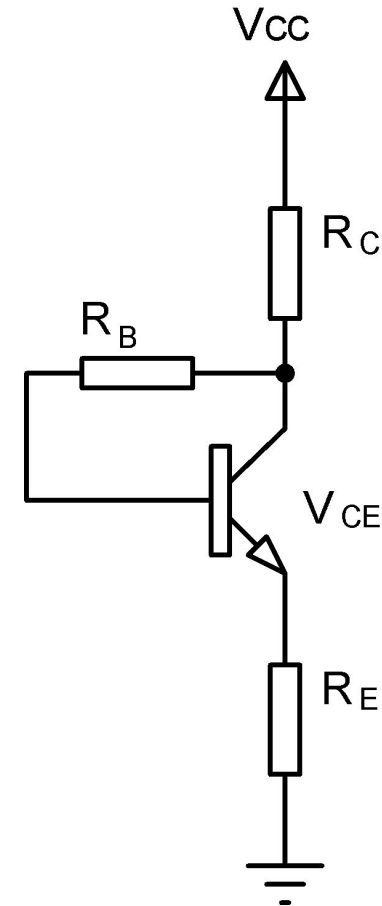
Deduza as equações da corrente do coletor I_C para os casos:

- a) Malha da base;
- b) Malha do coletor.



Polarização com realimentação do coletor

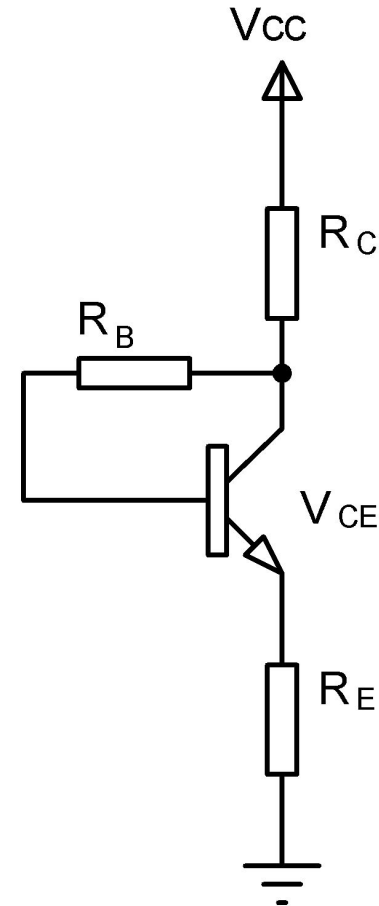
- Melhor estabilidade;
- Malha da base:
 $I_c = (V_{CC} - V_{BE}) / ((R_b / \beta_{cc}) + R_e + R_c)$
- Malha do coletor:
 $I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / (R_c + R_e)$



Exercício - Realimentação do coletor

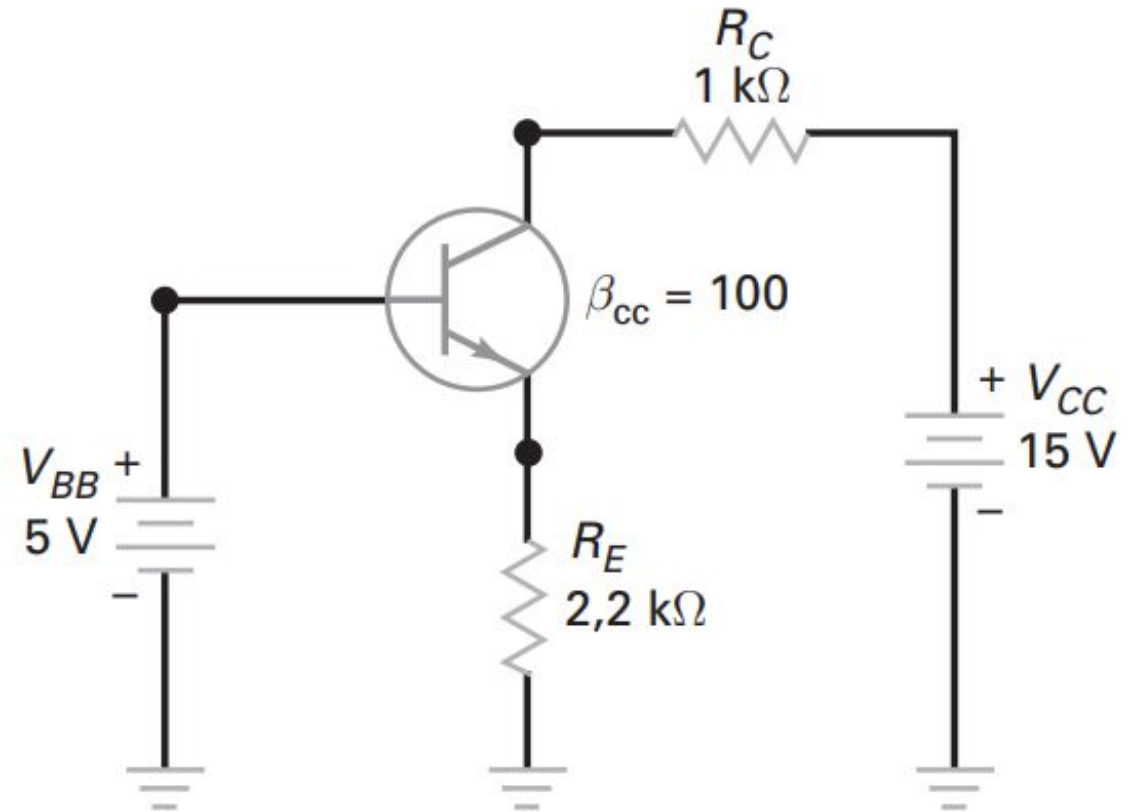
Deduza as equações da corrente do coletor I_C para os casos:

- a) Malha da base;
- b) Malha do coletor.



Polarização do emissor

- Malha da base:
 $I_c = (V_{BB} - V_{BE}) / R_E$
- Malha do coletor:
 $I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / (R_C + R_E)$

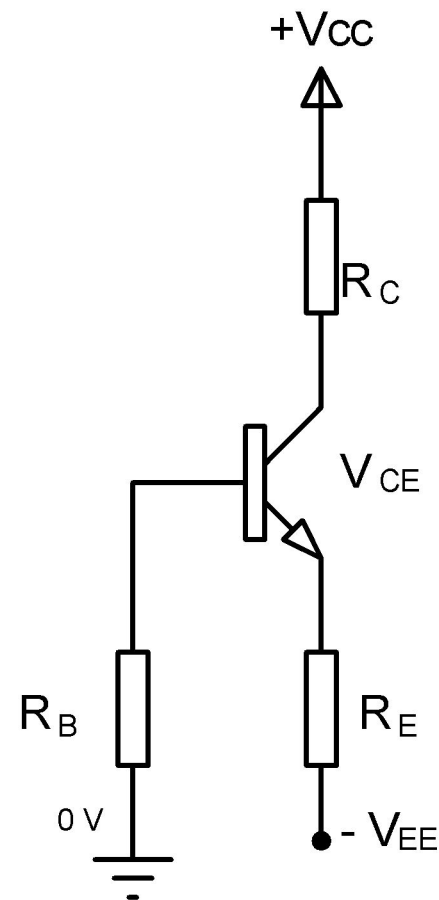


Exercício - Polarização do emissor



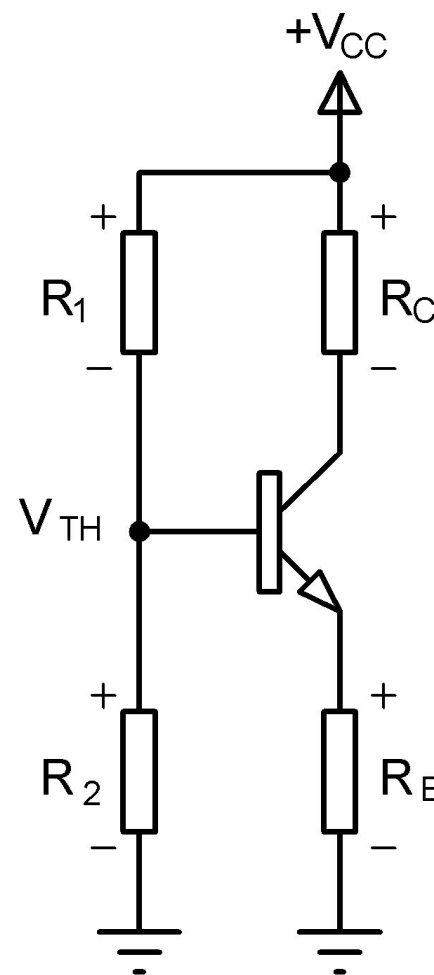
Deduza as equações da corrente do coletor I_C para os casos:

- a) Malha da base;
- b) Malha do coletor.



Polarização por divisão de tensão

- Malha da base:
 $I_c = (V_{th} - V_{BE}) / R_e$
- Malha do coletor:
 $I_c = (V_{CC} - V_{CE}) / (R_c + R_e)$

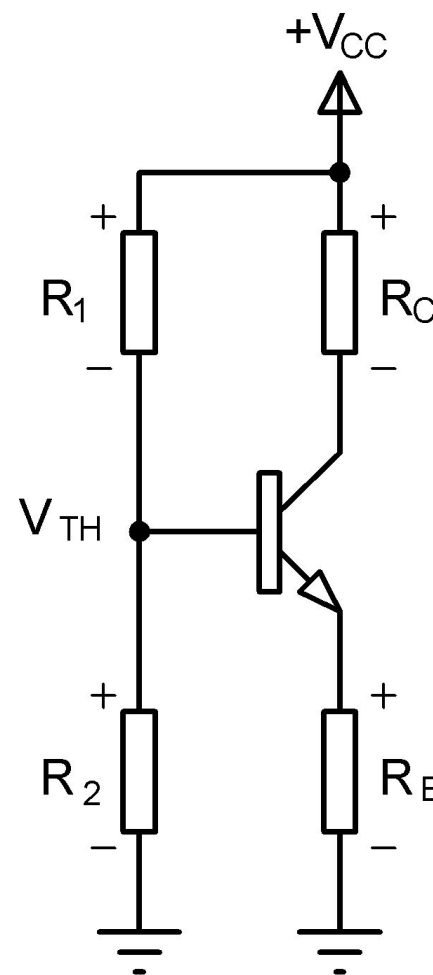


Exercício - Polarização por divisão de tensão



Deduza as equações da corrente do coletor I_C para os casos:

- a) Malha da base;
- b) Malha do coletor.



Projeto

Encontre os valores dos resistores para

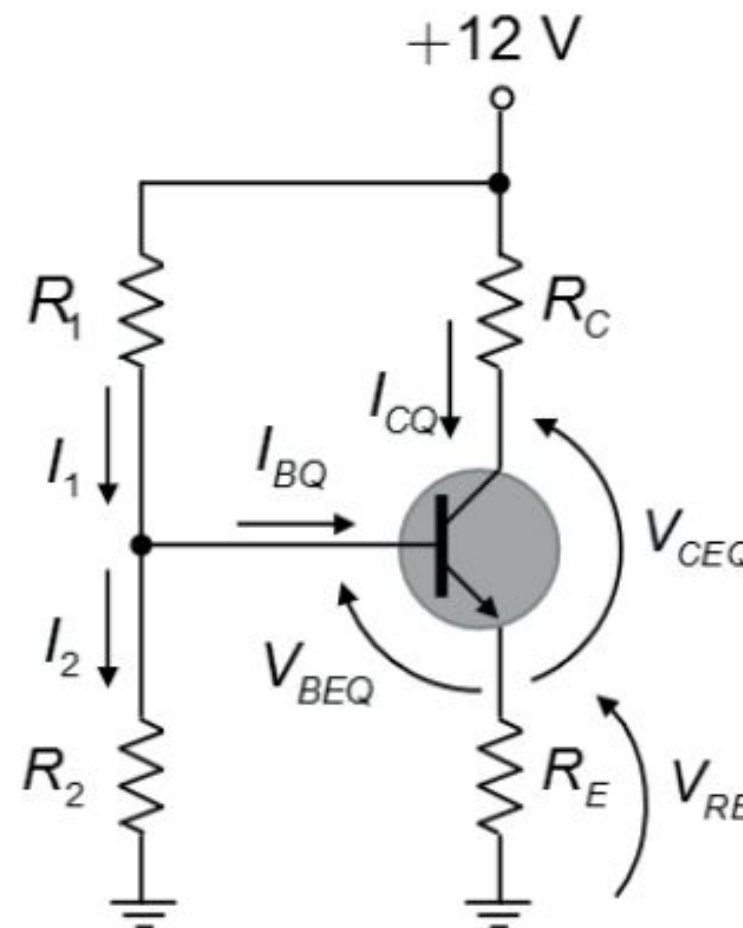
$$V_{RE} = 0,1 * V_{CC}$$

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$\beta_{cc} = 420$$

$$I_c = 2 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 5 \text{ V}$$



Solução



Calculando a corrente da base:

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

$$I_b = 2\text{m} / 420$$

$$I_b = 4,76 \text{ uA}$$

Analisando a malha de R_c e R_e , obtemos que R_c é

$$R_c = (V_{CC} - V_{CE} - V_{Re}) / I_c$$

$$R_c = (12 - 5 - 1,2) / 2\text{m}$$

$$R_c = 2,9 \text{ kohms}$$

Sabendo V_{Re} , temos

$$R_e = V_{Re} / I_e$$

$$R_e = V_{Re} / I_c$$

$$R_e = 1,2 / 2\text{m}$$

$$R_e = 600 \text{ ohms}$$

Solução



Encontrados R_c e R_e , nos resta determinar R_1 e R_2 .

$$V_{R2} = V_{Re} + V_{BE}$$

$$V_{R2} = 1,2 + 0,7$$

$$V_{R2} = 1,9 \text{ V}$$

Portanto, se considerarmos $R_2 = 10\text{k ohms}$

$$1,9 = 12 * 10\text{k} / (10\text{k} + R_1)$$

$$10\text{k} + R_1 = (12 * 10\text{k}) / 1,9$$

$$R_1 = (120\text{k} / 1,9) - 10\text{k}$$

$$R_1 = 53 \text{ kohms}$$



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



PADO
Labs