

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Departamento Acadêmico de Eletrônica

Eletrônica Analógica I



# Polarização de transistores bipolares de junção

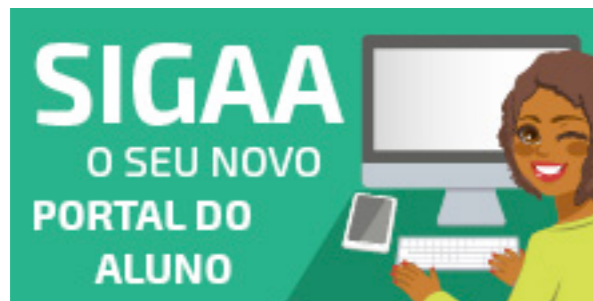
Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, outubro de 2025.

# Eletrônica Analógica I

O material do curso está disponível em:

1. SIGAA para os alunos matriculados na disciplina;
2. Página do professor;
3. Canal no youtube do professor.



<https://sigaa.ifsc.edu.br>

ProfessorPetry  
Conhecimento para uma vida plena

PRINCIPAL PROJETO PUBLICAÇÕES CONTATO



**Bem vindo ao Website pessoal de Clovis Antonio Petry**

O objetivo desta página é a divulgação de informações sobre eletrônica, em especial eletrônica de potência. Todos os materiais disponibilizados podem ser livremente utilizados, desde que citados os autores. As disciplinas do semestre corrente podem ser acessadas clicando na imagem da esquerda abaixo. Material didático pode ser encontrado clicando na imagem da direita abaixo.



**Eventos**

**Outubro, 2020**  
**SNCT 2020**  
Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2020, Florianópolis, SC.  
[Acesse...](#)

**Setembro, 2020**  
**COBENGE 2020**  
XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) e III Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE, Bento Gonçalves, RS. [Acesse...](#)

[www.ProfessorPetry.com.br](http://www.ProfessorPetry.com.br)



<https://www.youtube.com>

# Agenda

Esta aula está organizada em:

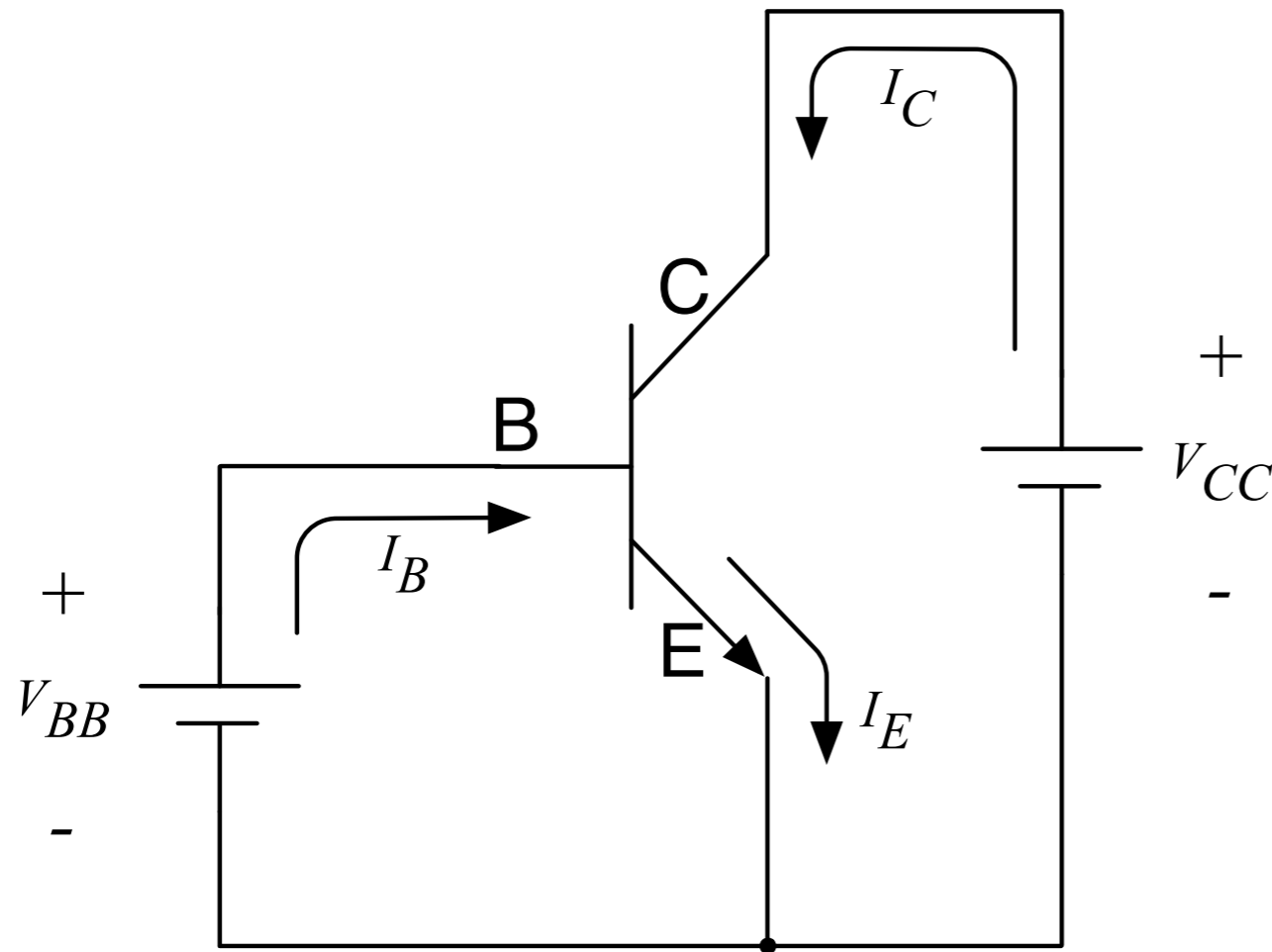
1. Introdução;
2. Ponto de operação;
3. Circuito de polarização fixa;
4. Aplicações;
5. Exercícios.
6. Circuitos com transistores:
  - Amplificador com polarização fixa;
  - Amplificador com estabilização de emissor;
  - Amplificador com polarização por divisor de tensão;
  - Fonte de corrente constante;
  - Sistema de alarme;
  - Espelho de corrente;
  - Polarização de transistor PNP;
  - Oscilador controlado a cristal;
  - Amplificador operacional 741;
  - Multivibrador monoestável;
  - Multivibrador astável.



# Introdução

## Relações básicas no transistor:

- Tensão base-emissor;
- Corrente de emissor;
- Corrente de coletor;
- Ganho.



$$I_C = \beta \cdot I_B$$

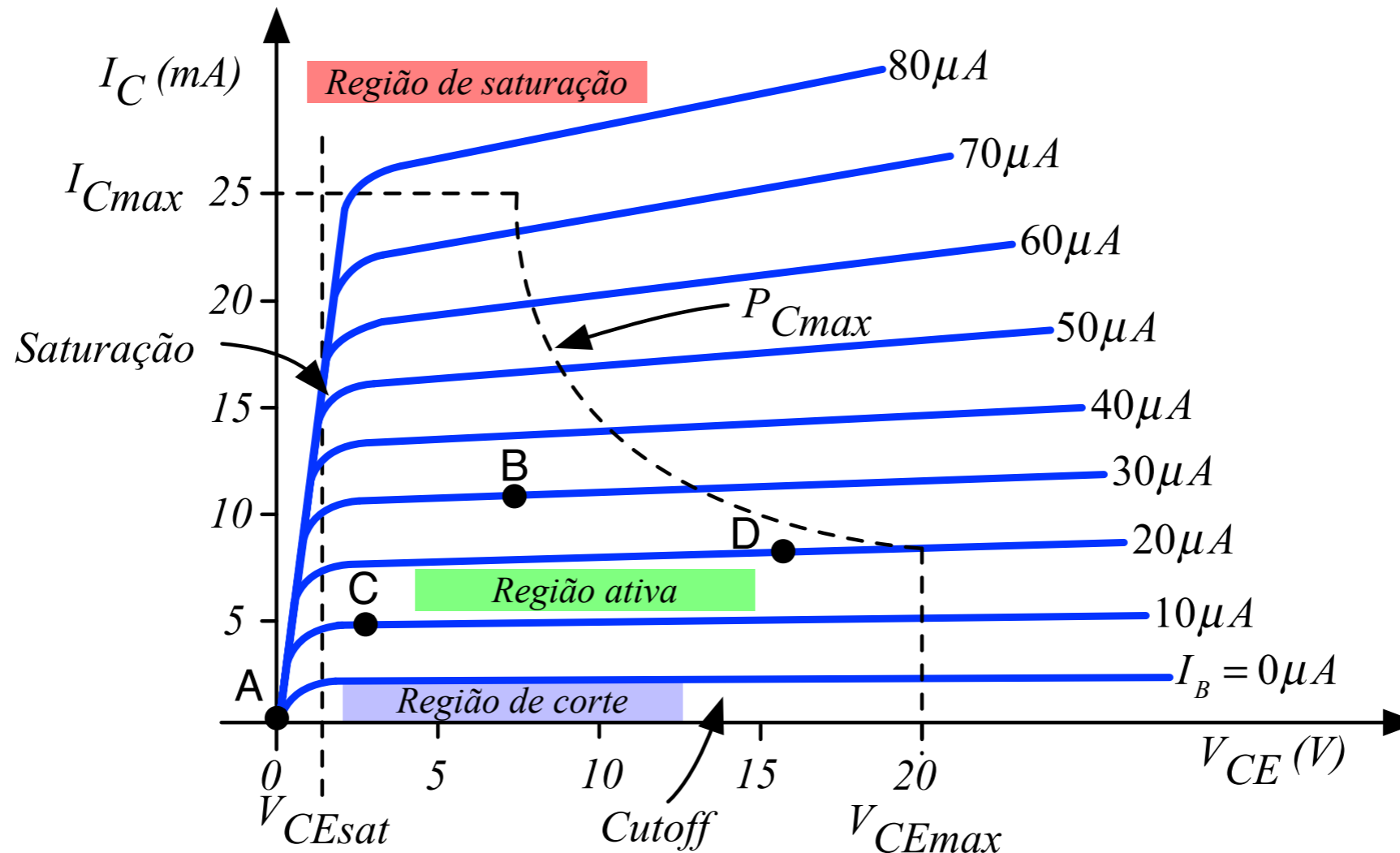
$$I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$$

$$V_{BE} \cong 0,7V$$

# Ponto de operação

## Ponto de operação do transistor:

- Ponto A - transistor não polarizado (corte);
- Ponto B - região ativa (operação linear);
- Ponto C - região ativa, mas próximo do corte;
- Ponto D - região ativa, mas próximo do limite de operação segura.



# Ponto de operação

## Regiões de operação de um transistor:

- Operação na região de corte:
  - Junção base-emissor polarizada reversamente;
  - Junção base-coletor polarizada reversamente.
- Operação na região linear (ativa):
  - Junção base-emissor polarizada diretamente;
  - Junção base-coletor polarizada reversamente.
- Operação na região de saturação:
  - Junção base-emissor polarizada diretamente;
  - Junção base-coletor polarizada diretamente.

Off

### Corte:

- $I_C = 0 \text{ A}$ ;
- $V_{CE} \gg 0 \text{ V}$ , próximo a  $V_{CC}$ .

On

### Ativa:

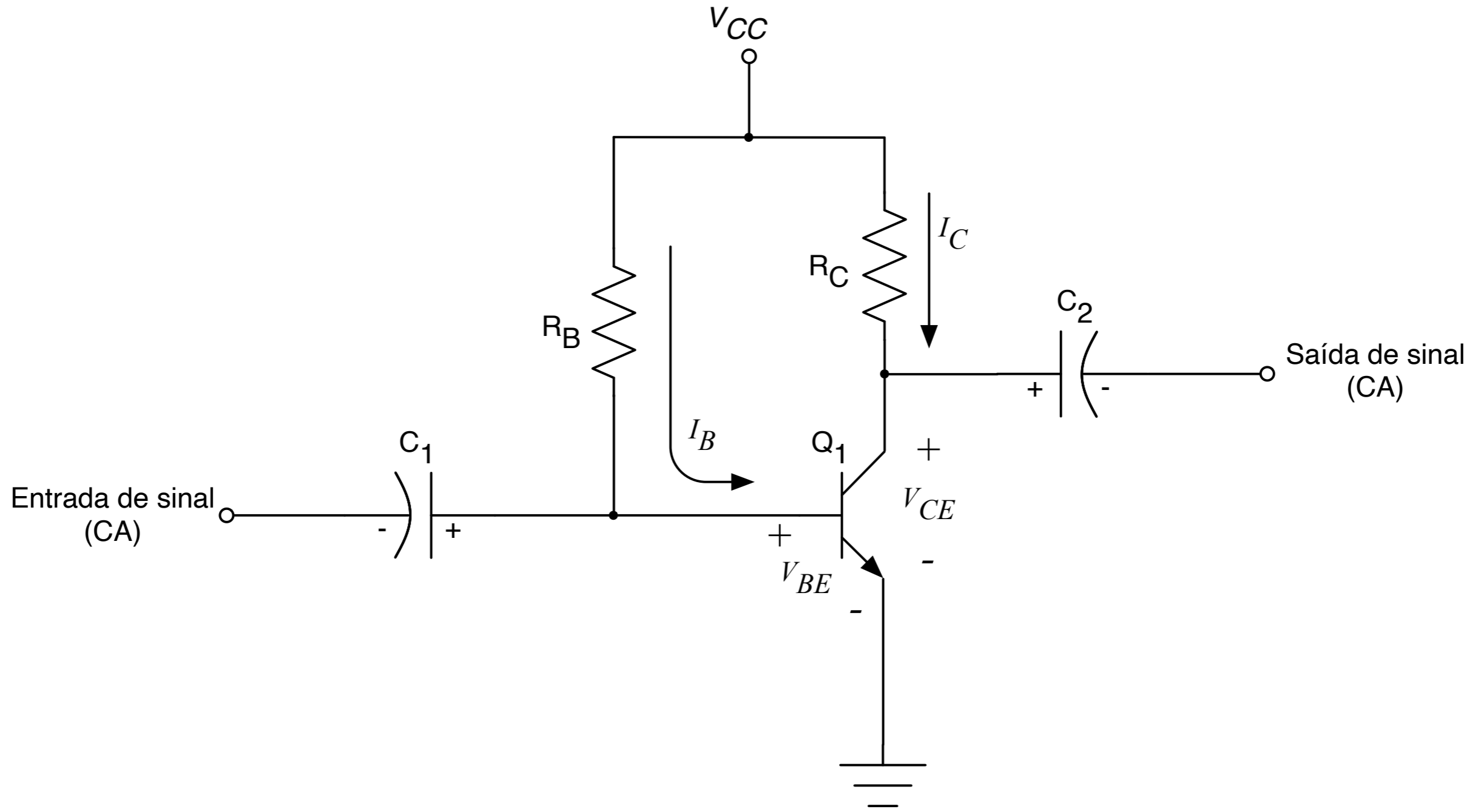
- $I_C > 0 \text{ A}$ ;
- $V_{CE} > 0 \text{ V}$ .

On

### Saturação:

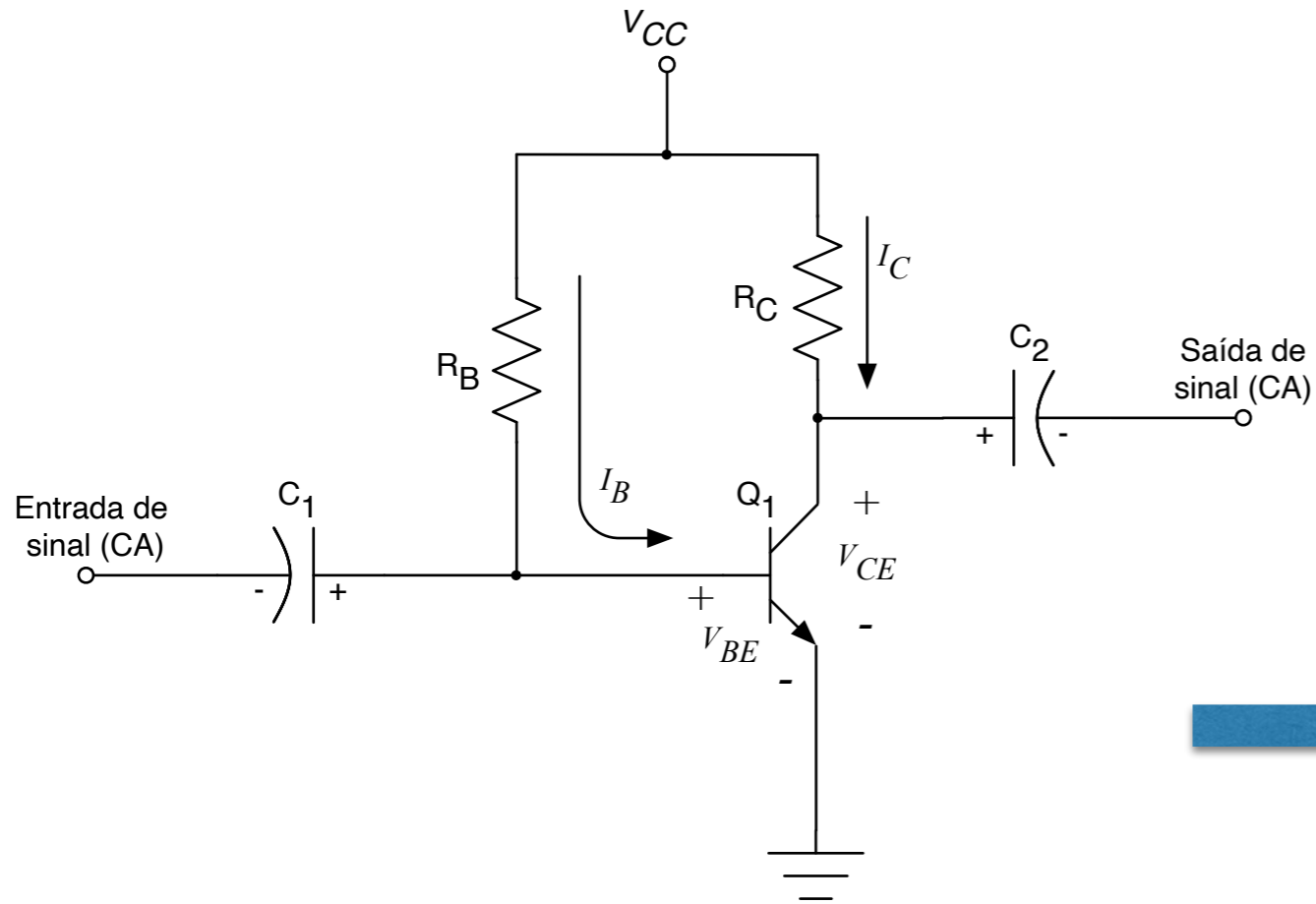
- $I_C = I_{C(\text{sat})} \text{ A}$ ;
- $V_{CE} = V_{CE(\text{sat})} \cong 0 \text{ V}$ .

# Circuito com polarização fixa

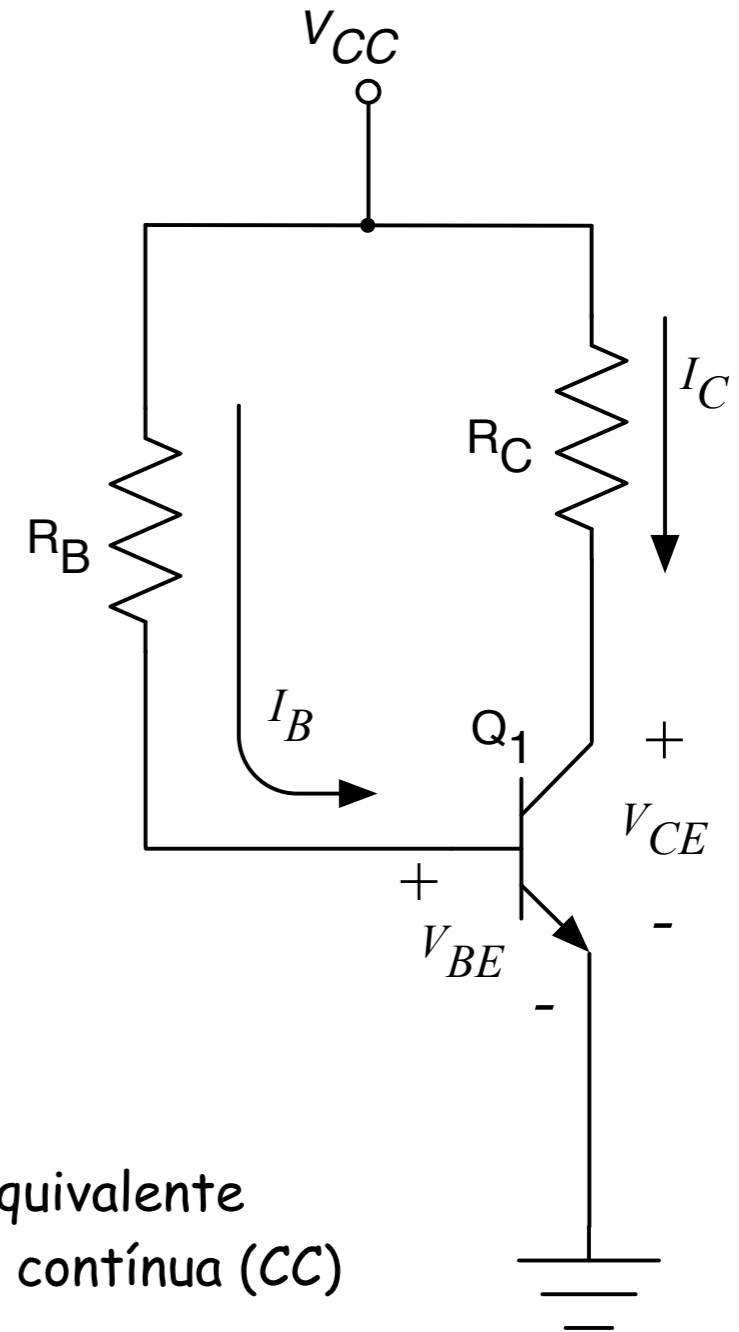
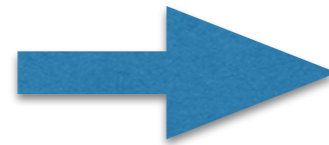


Exemplo de um amplificador transistorizado com polarização fixa

# Circuito com polarização fixa



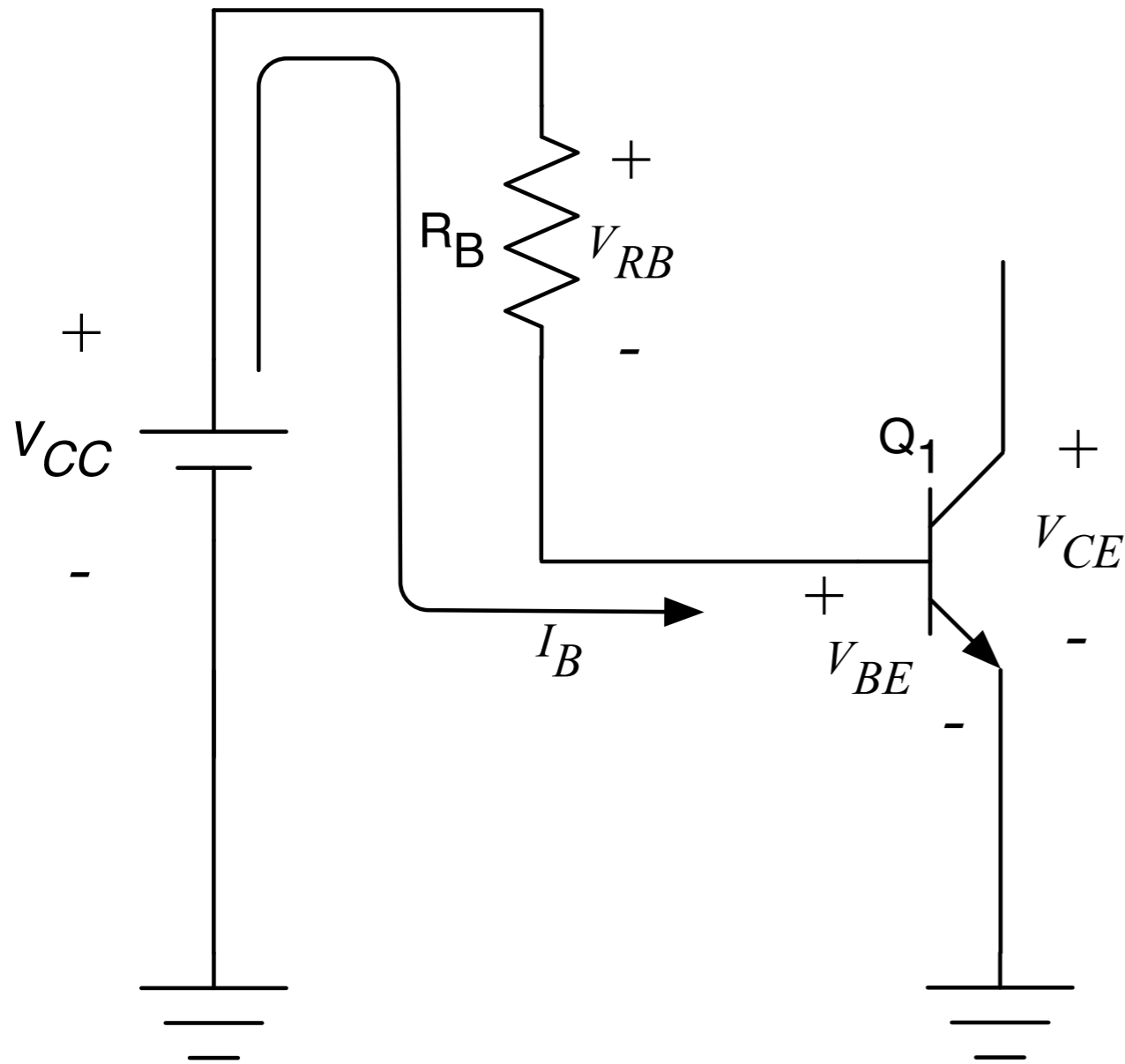
Circuito completo (CC + CA)



Circuito equivalente  
para corrente contínua (CC)

# Circuito com polarização fixa

Polarização direta da junção base-emissor:

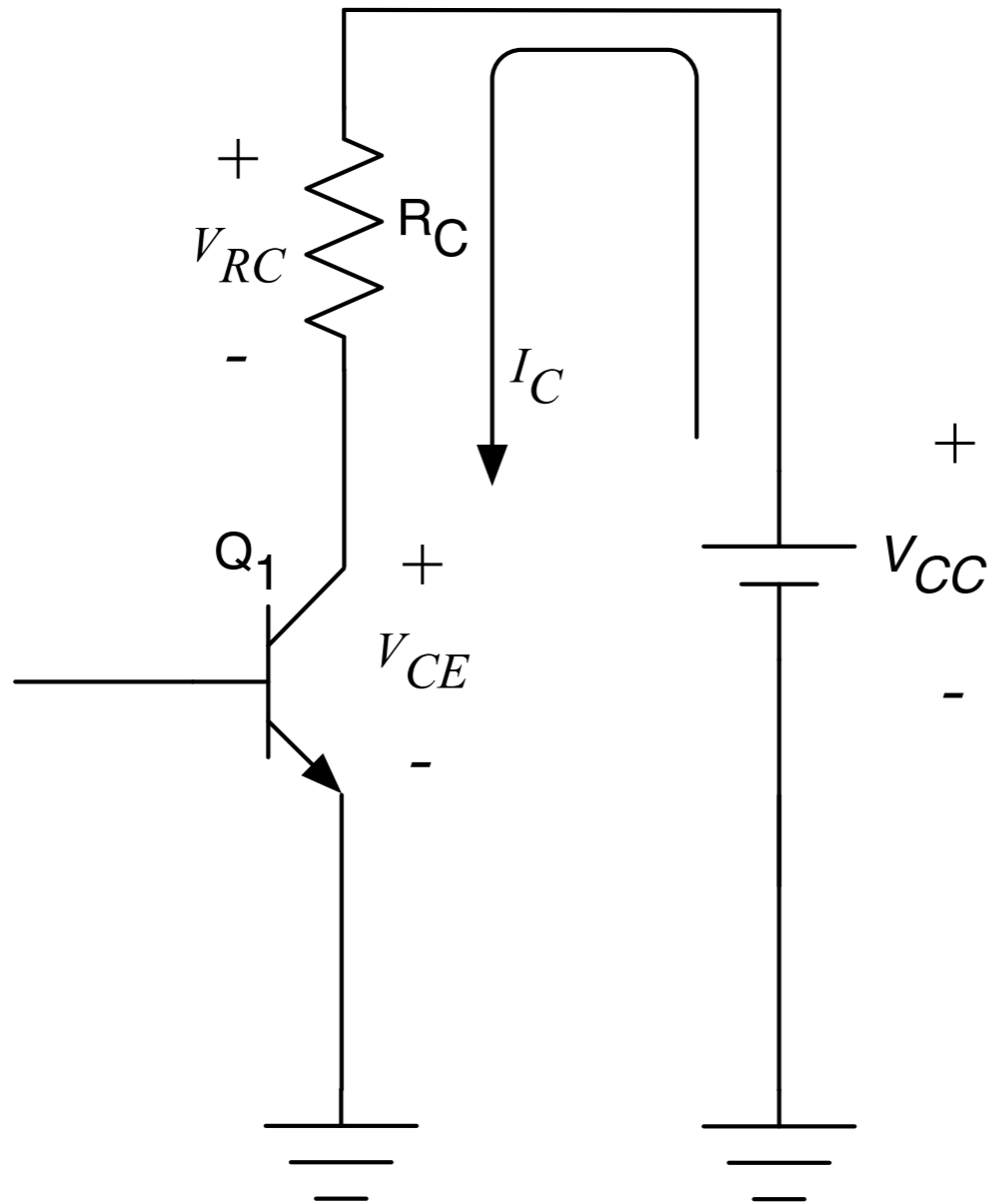


$$+V_{CC} - R_B \cdot I_B - V_{BE} = 0$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

# Circuito com polarização fixa

Malha coletor-emissor:



$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$V_{CE} + R_C \cdot I_C - V_{CC} = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C$$

# Circuito com polarização fixa

## Exemplo (exercício):

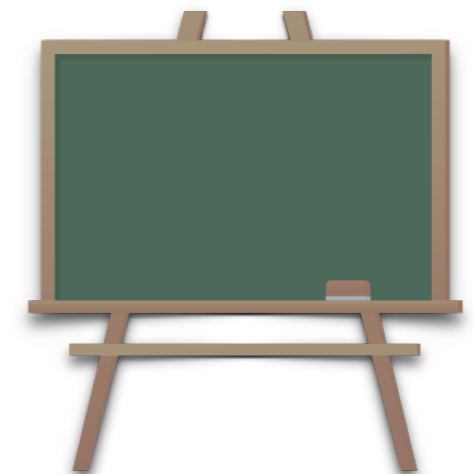
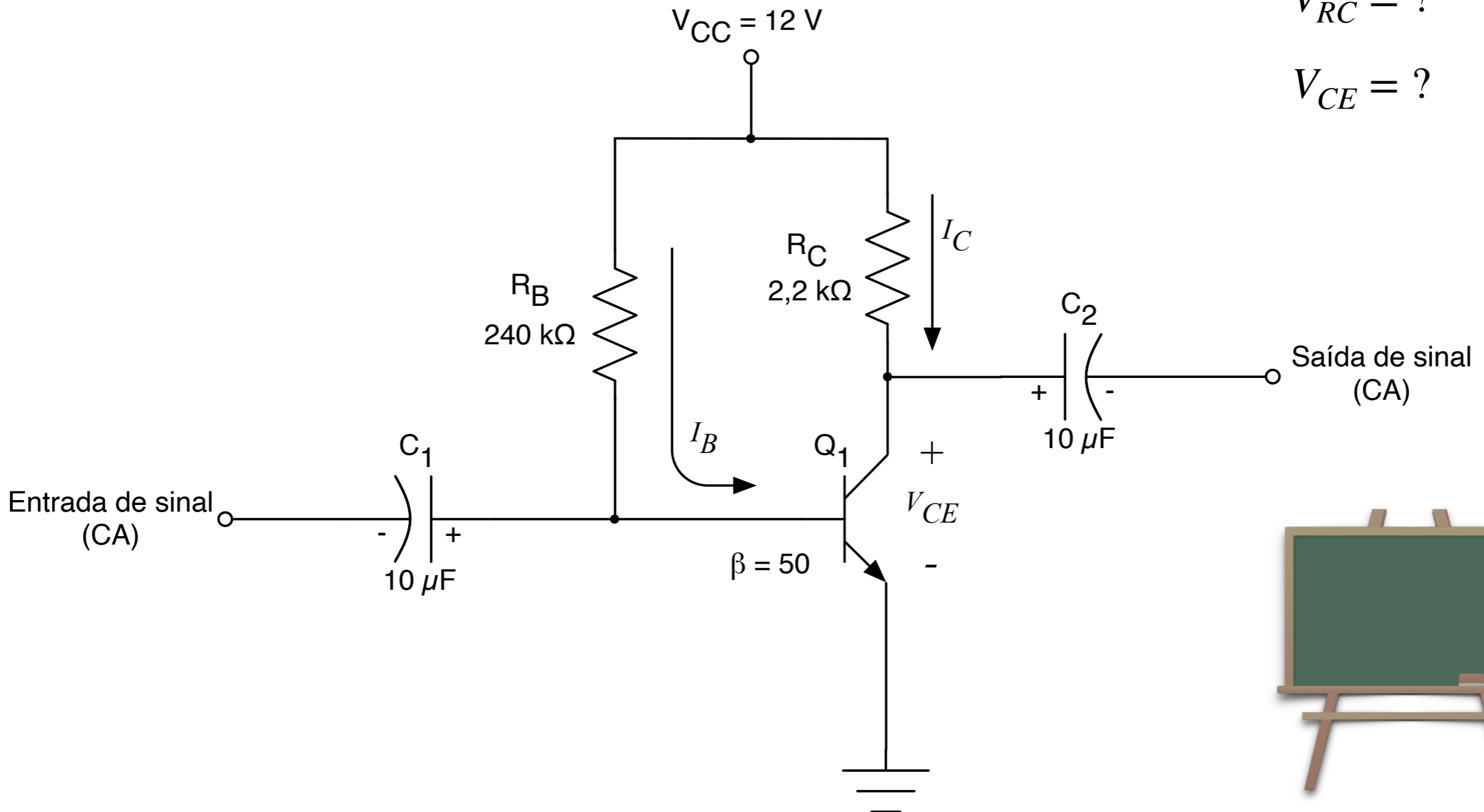
- Calcule as principais grandezas para o circuito;
- Determine a região de operação do transistor.

$$I_B = ?$$

$$I_C = ?$$

$$V_{RC} = ?$$

$$V_{CE} = ?$$



## Circuito com polarização fixa

Exemplo (exercício, gabarito):

$$V_{BE} \cong 0,7V$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = I_B = \frac{12 - 0,7}{240k} = 47,08\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 47,08\mu = 2,35mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C = 12 - 2,2k \cdot 2,35m = 6,83V$$

Como:

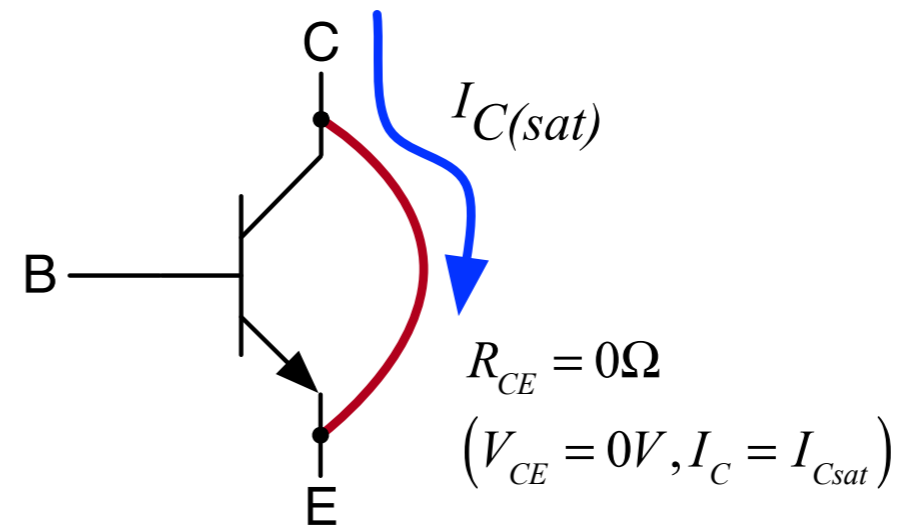
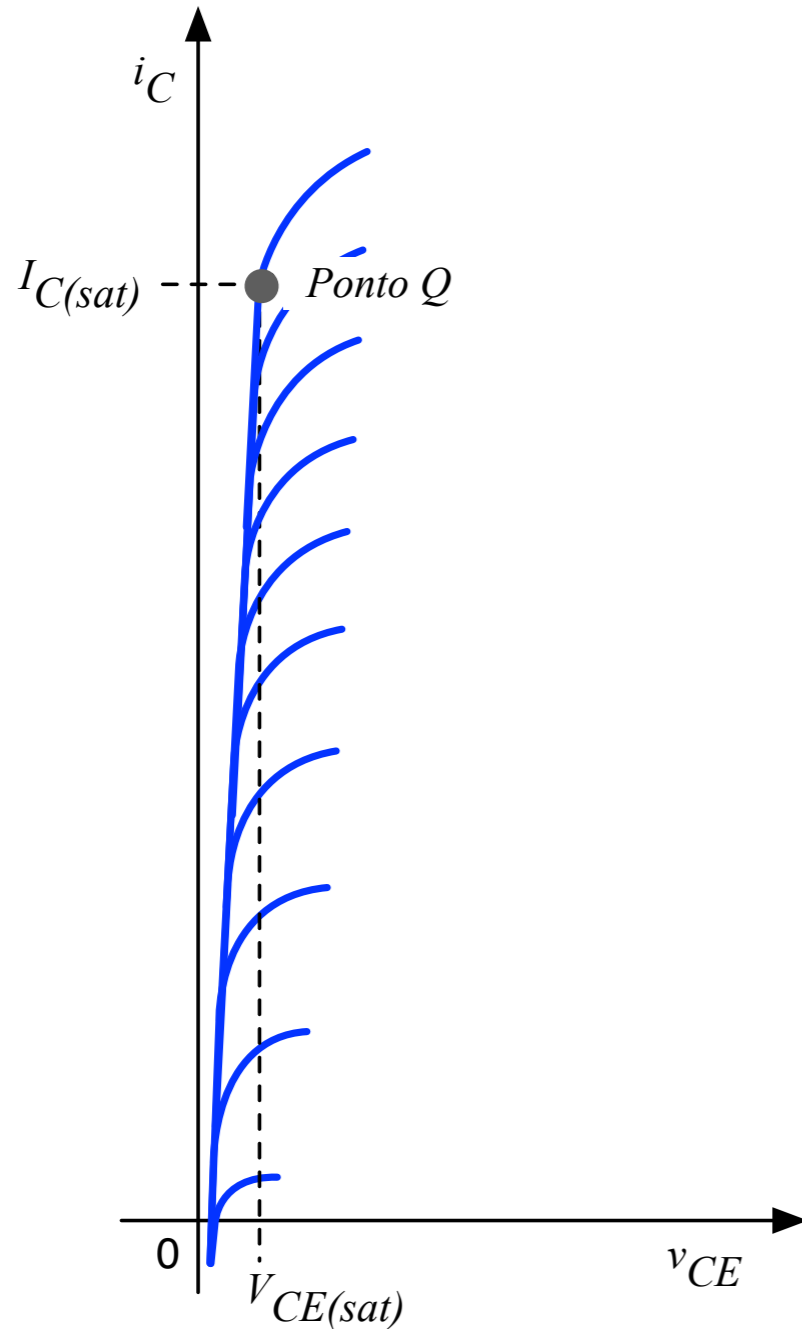
$$0 \leq V_{CE} \leq V_{CC}$$

$$0V \leq 6,83V \leq 12V$$

O transistor está na região ativa.

# Circuito com polarização fixa

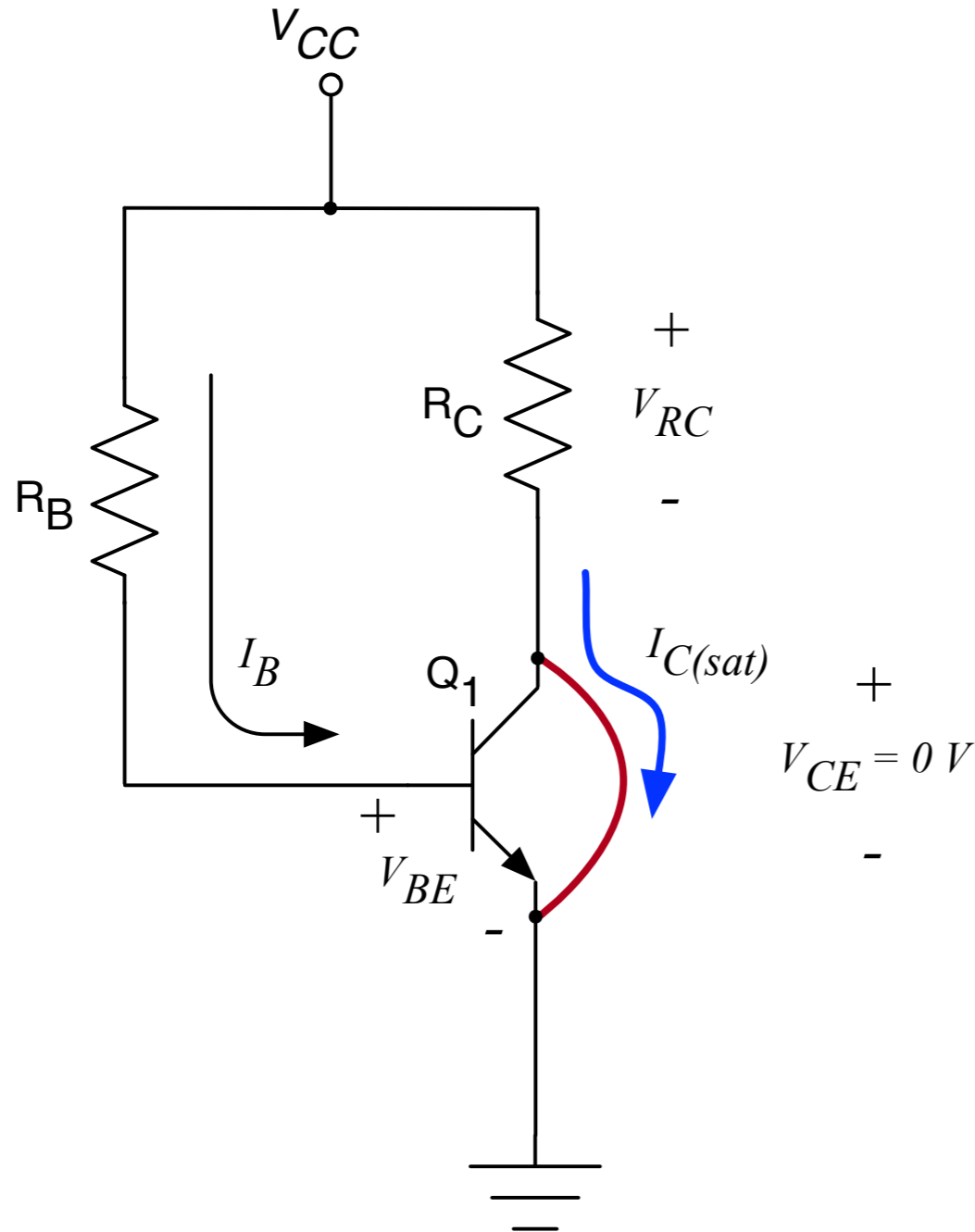
Saturação do transistor:



$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

# Circuito com polarização fixa

Saturação do transistor (exemplo):

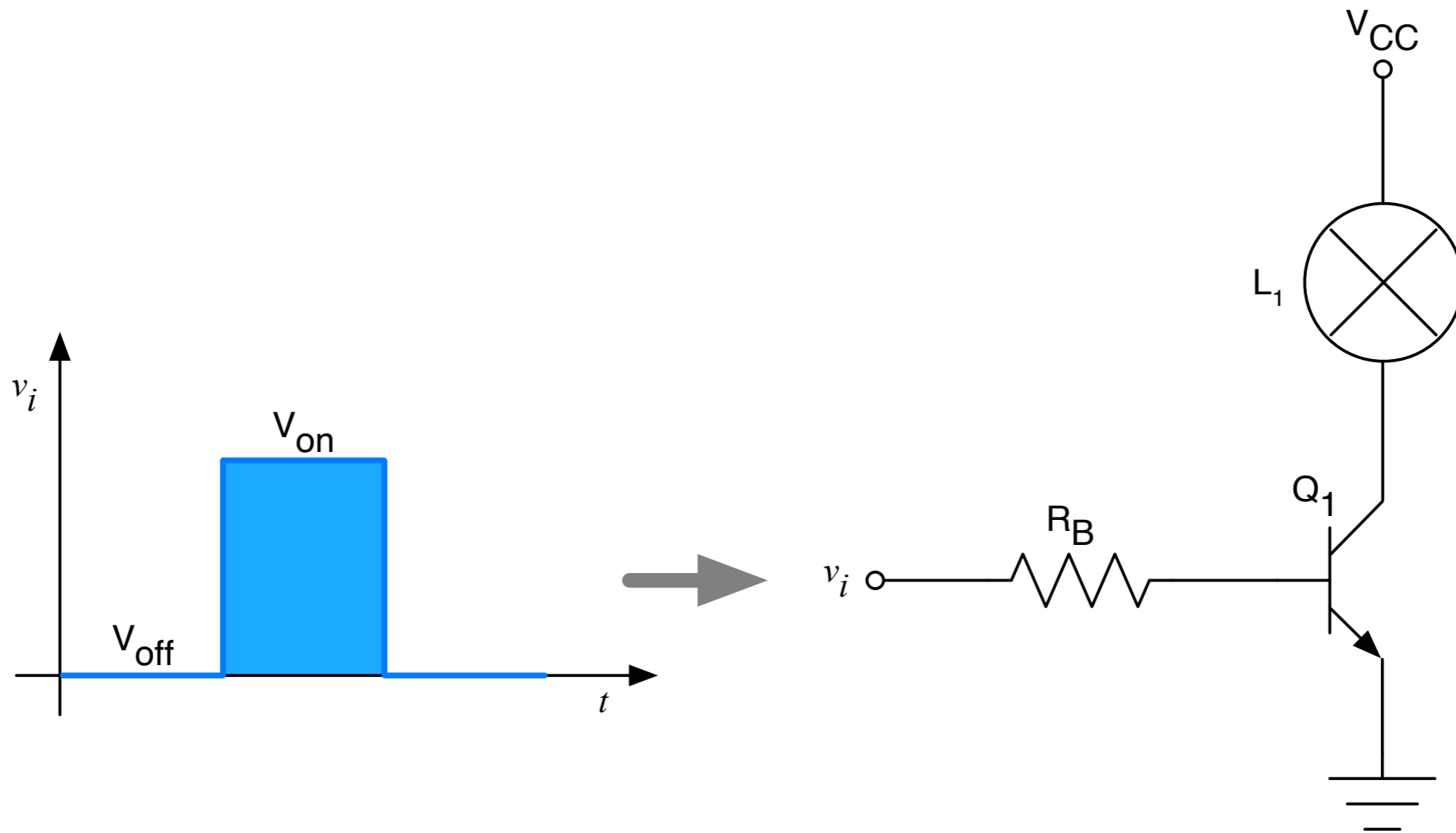


$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_{C(sat)} = \frac{12}{2,2k} = 5,45mA$$

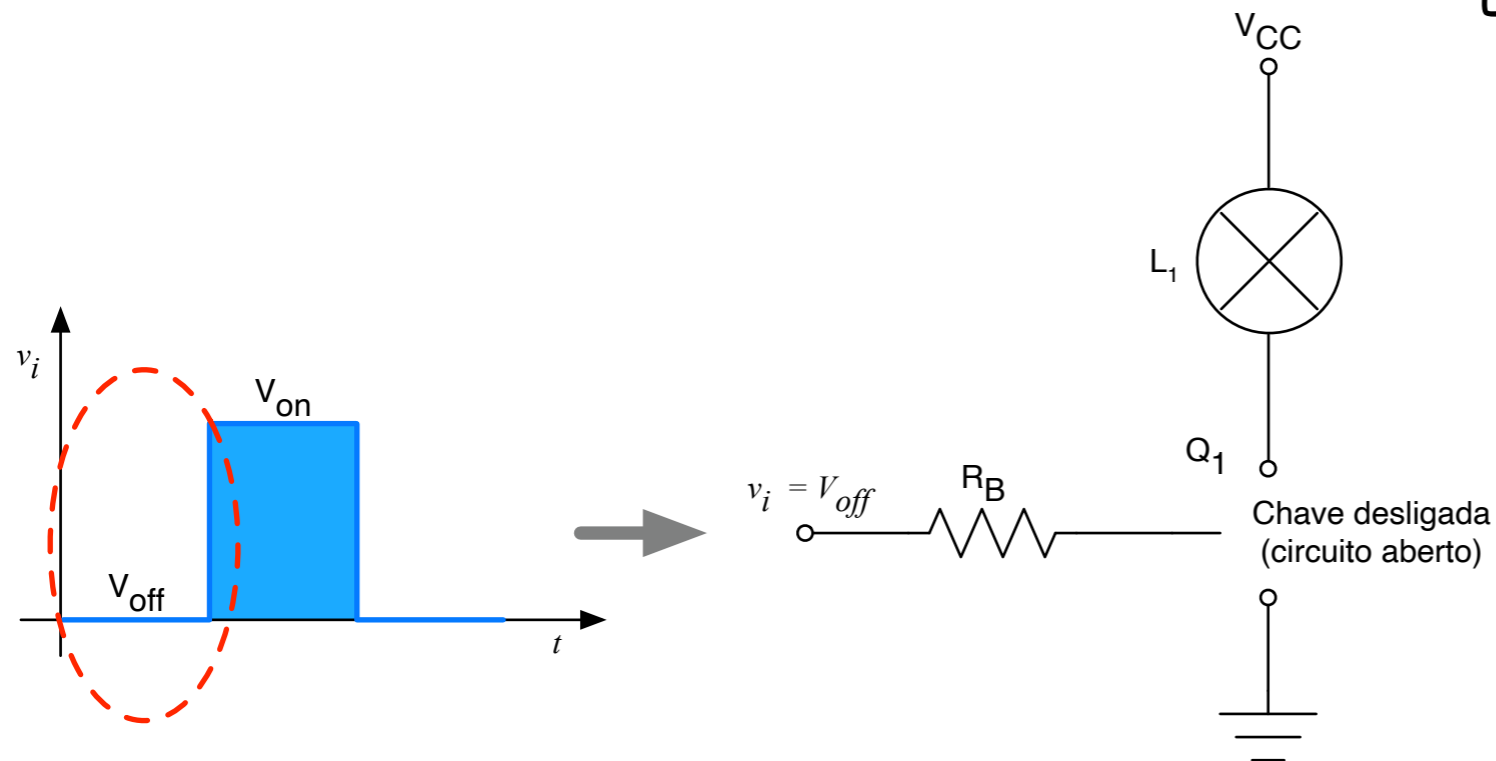
# Aplicações dos transistores

Transistor operando como chave:



# Aplicações dos transistores

Transistor operando como chave:

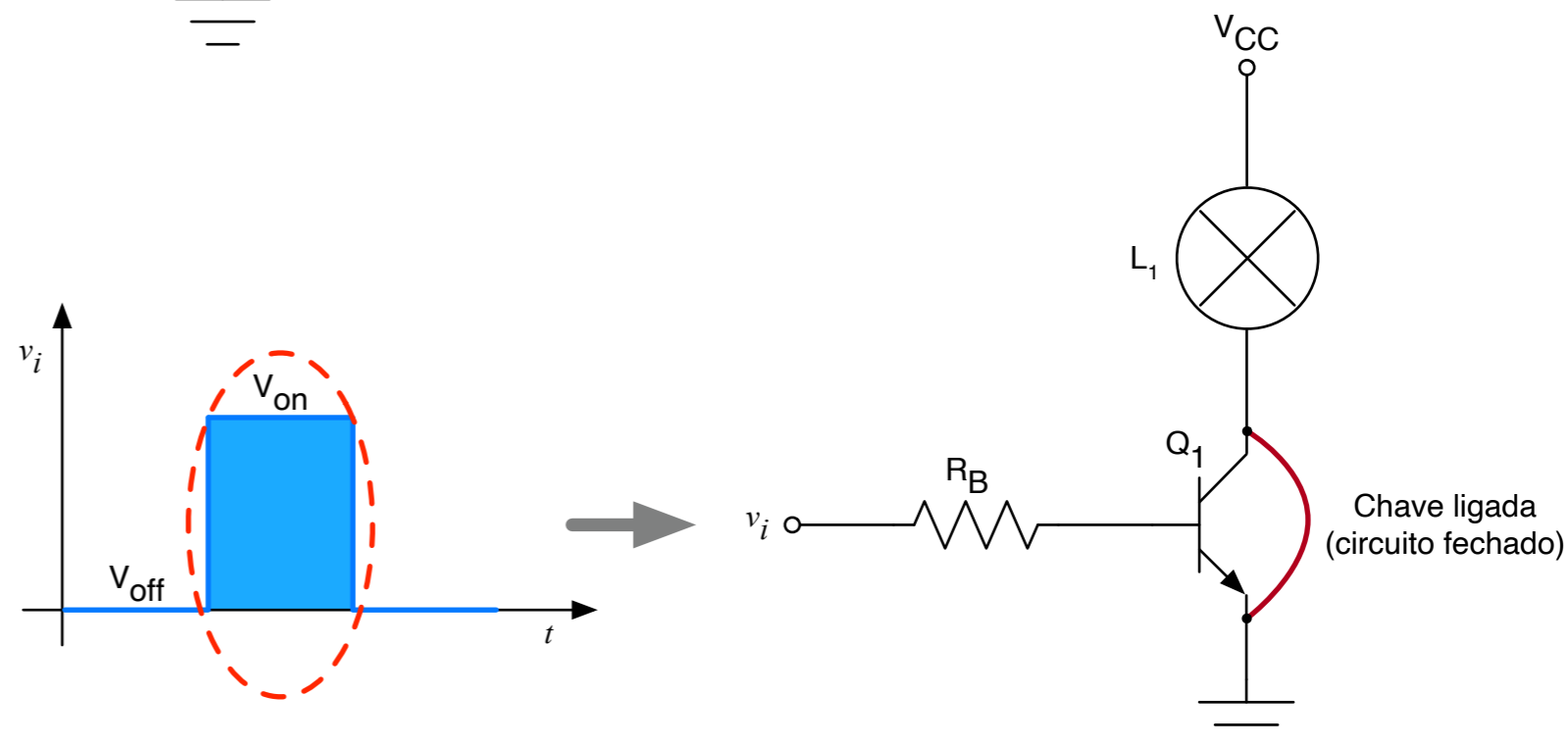


Entrada:

- 0 V = transistor não está conduzindo;
- Chave desligada, circuito aberto;
- Lâmpada desligada.

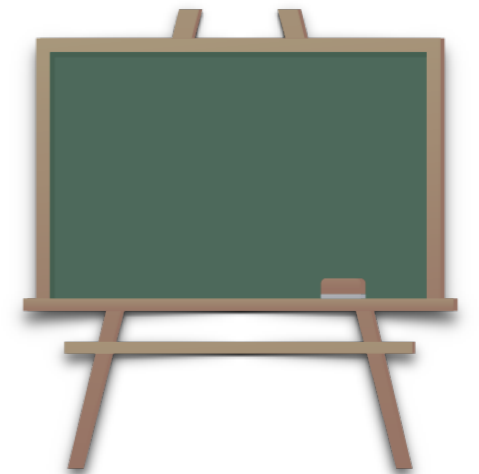
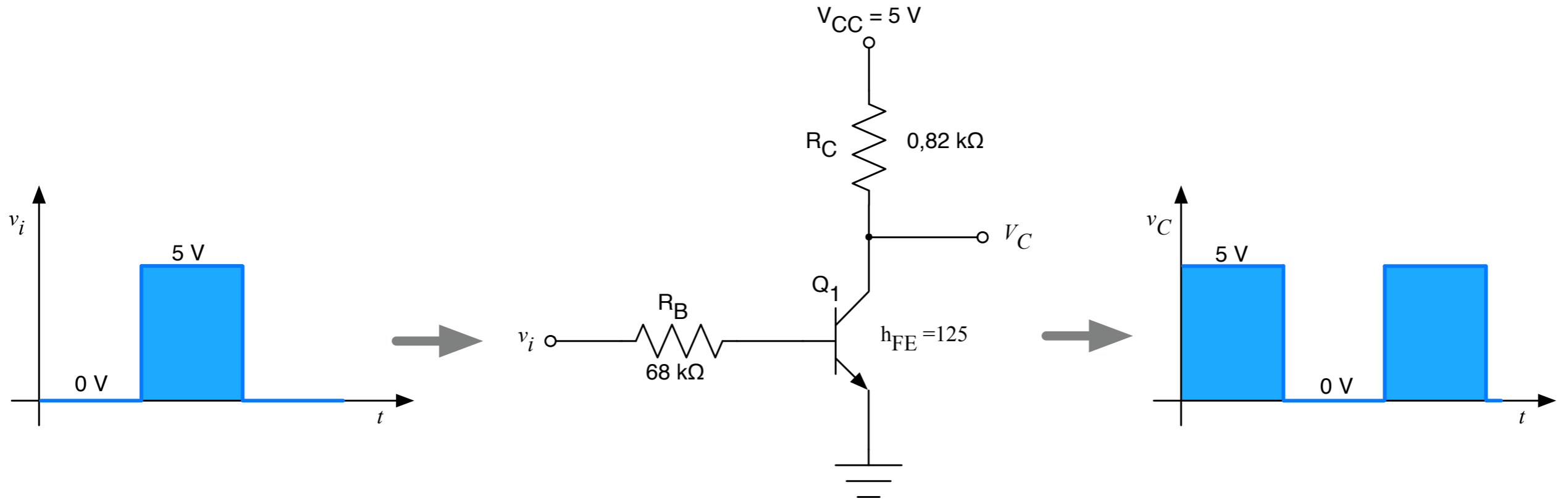
Entrada:

- 5 V = transistor conduzindo;
- Chave ligada, circuito fechado;
- Lâmpada ligada.



# Aplicações dos transistores

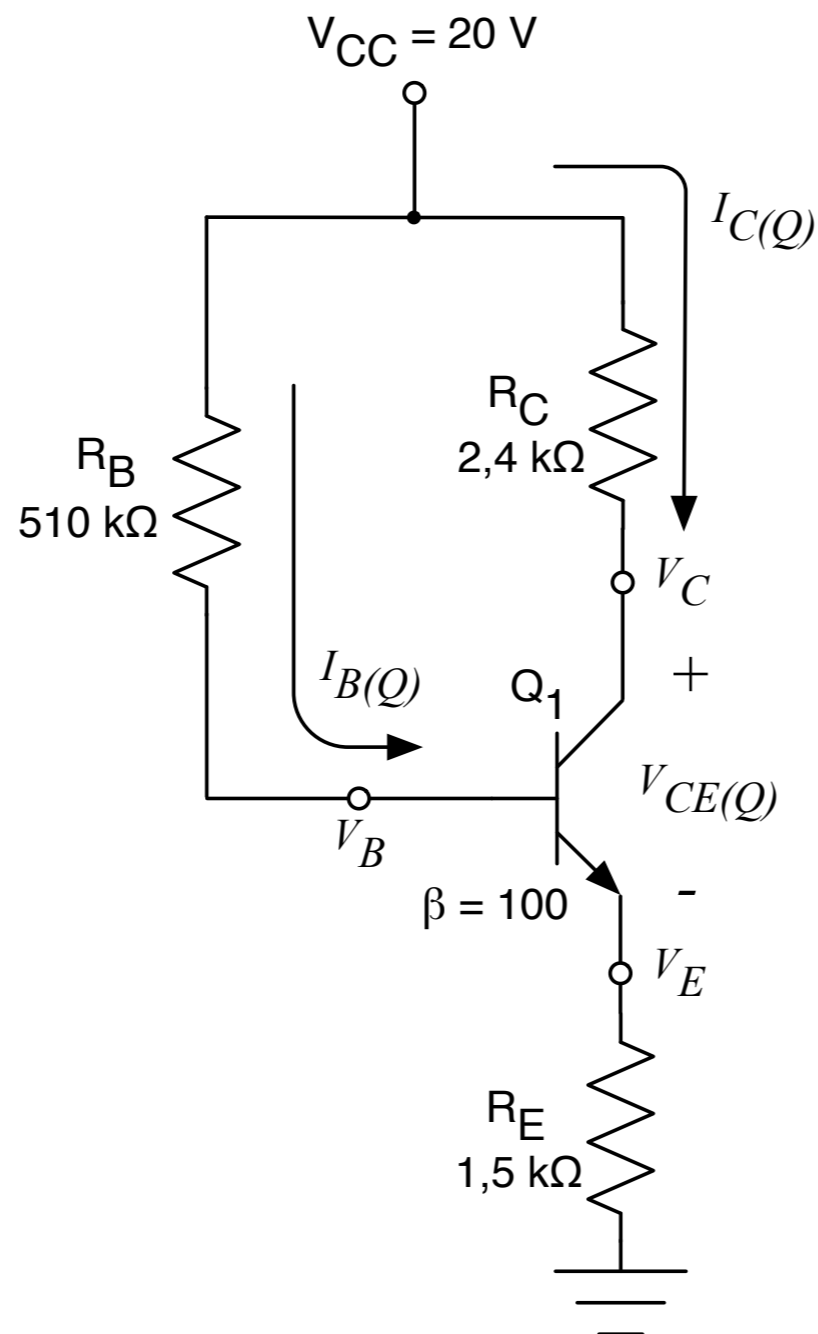
Porta lógica inversora:



# Circuito com polarização fixa

## Saturação do transistor (exercício):

- Calcule as principais grandezas para o circuito;
- Determine a região de operação do transistor.



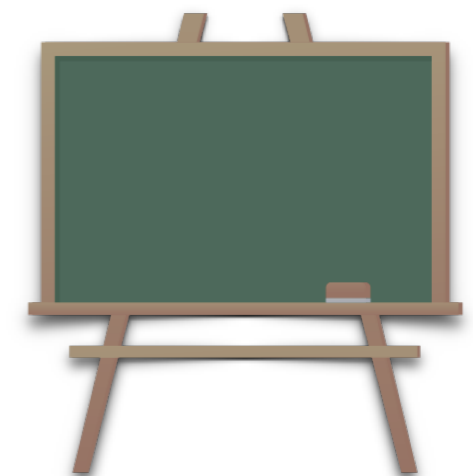
$$I_B = ?$$

$$I_C = ?$$

$$V_{RC} = ?$$

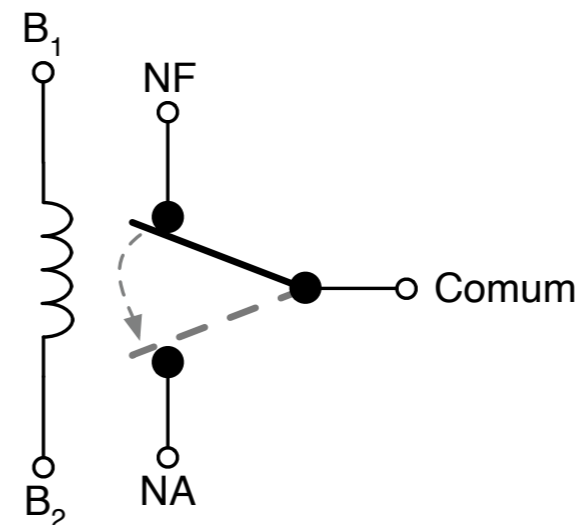
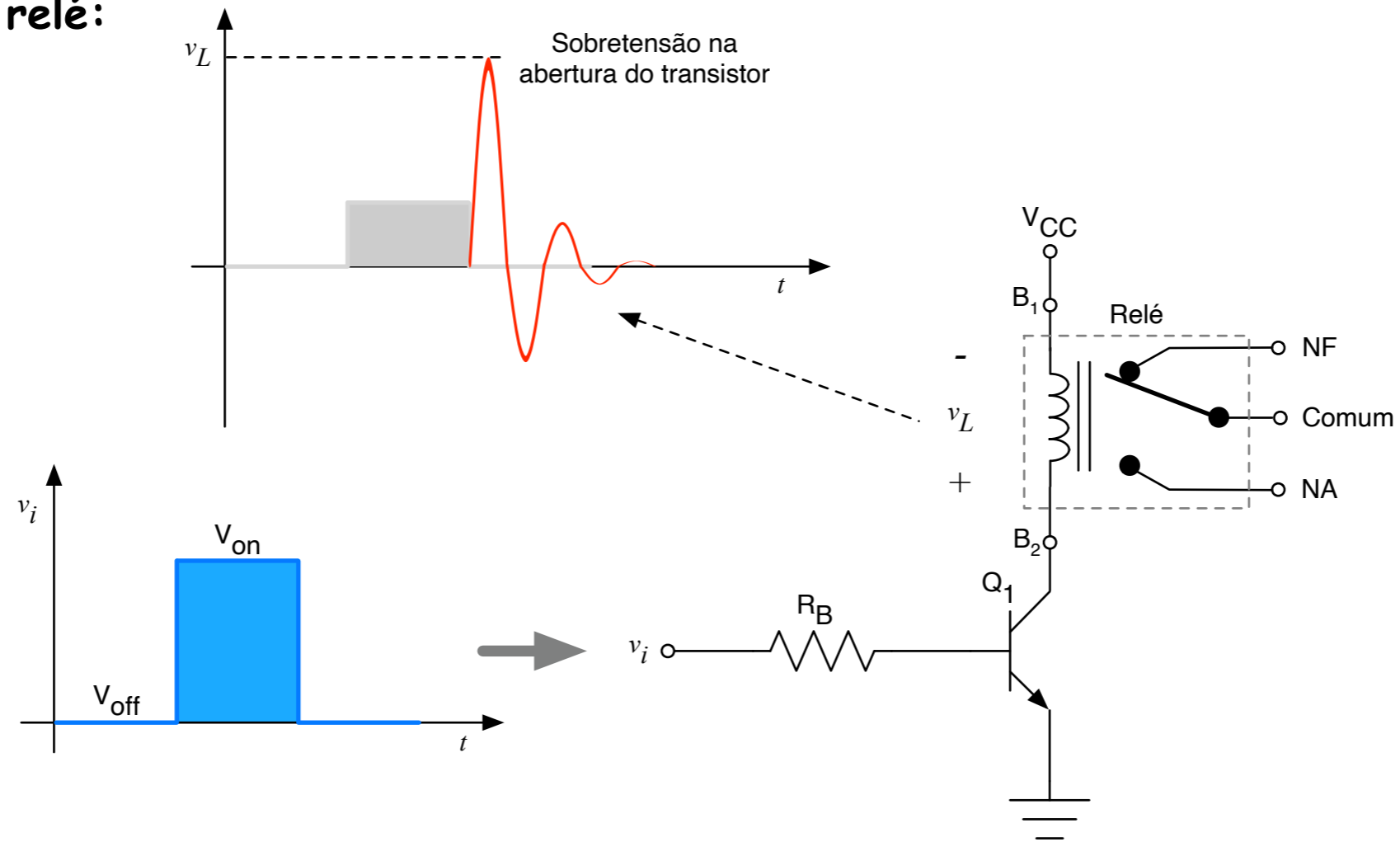
$$V_{RE} = ?$$

$$V_{CE} = ?$$



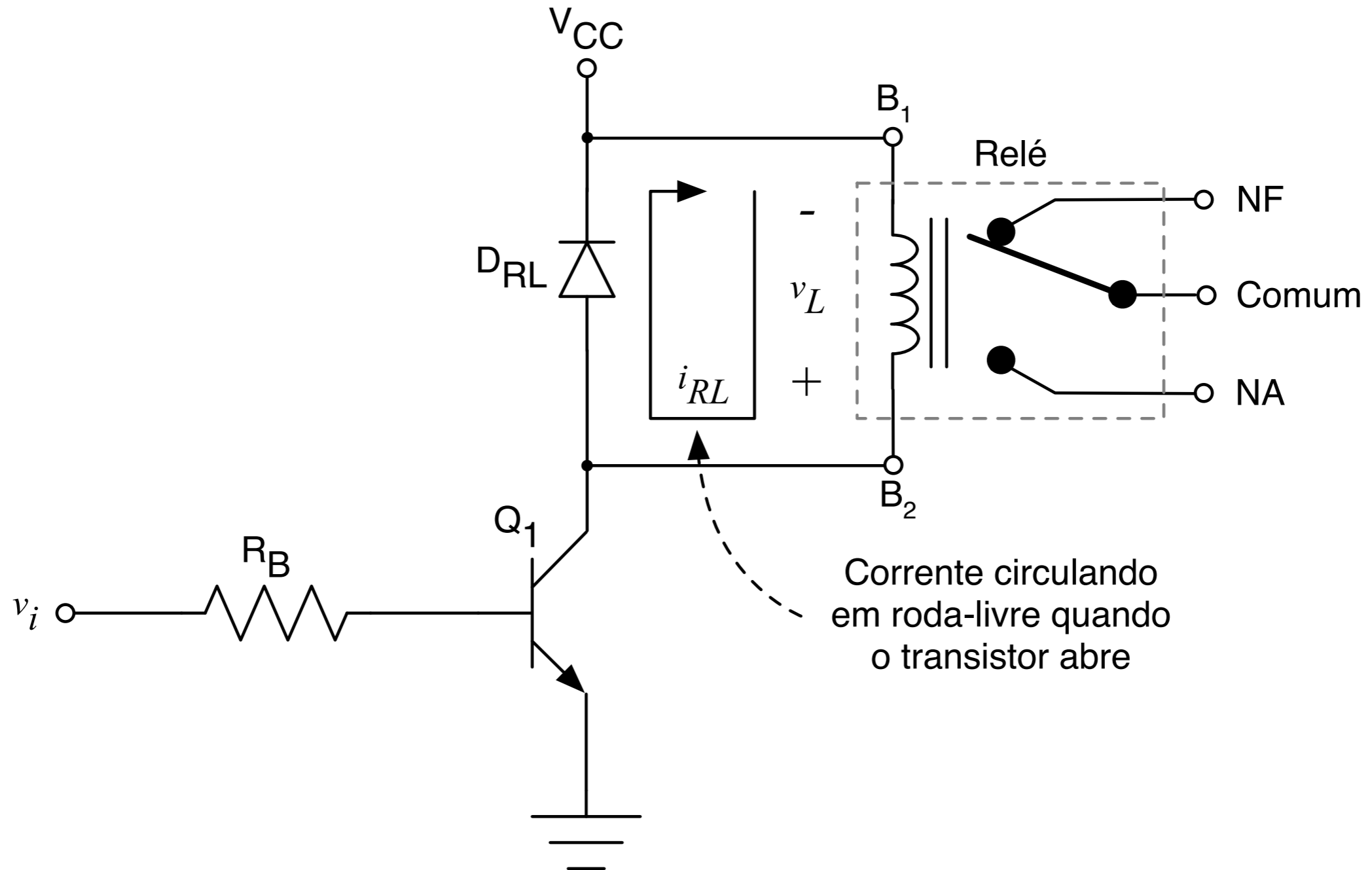
# Aplicações dos transistores

## Acionamento de relé:



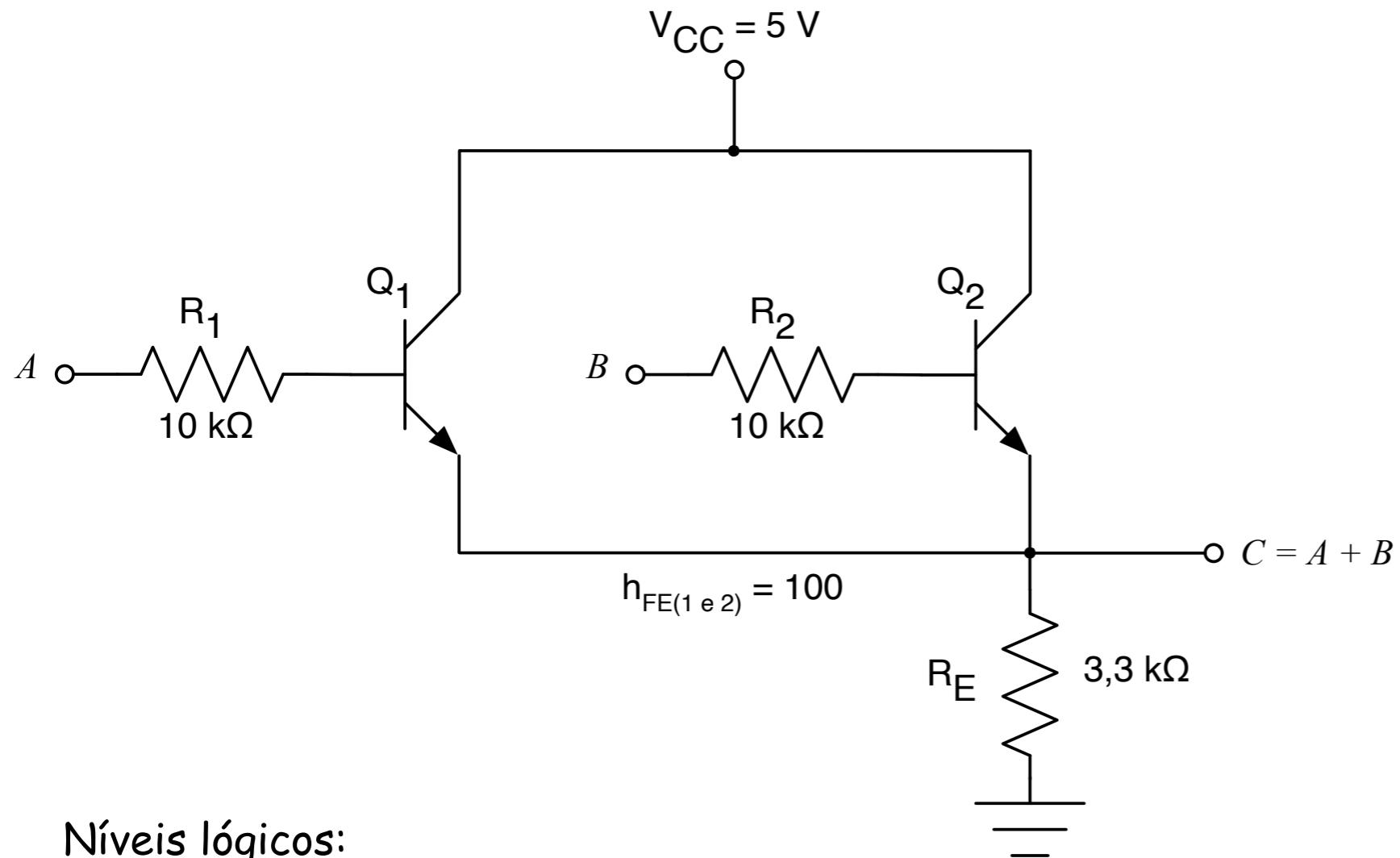
# Aplicações dos transistores

Acionamento de relé:



# Aplicações dos transistores

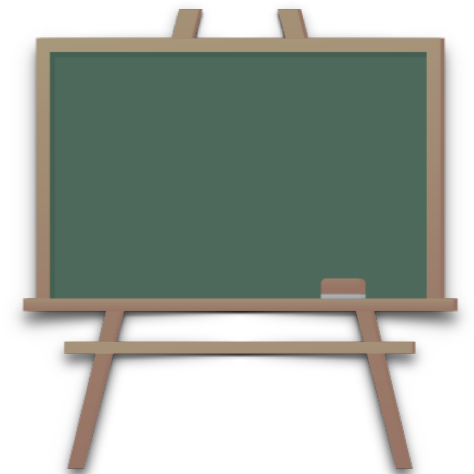
Porta lógica OU:



Níveis lógicos:

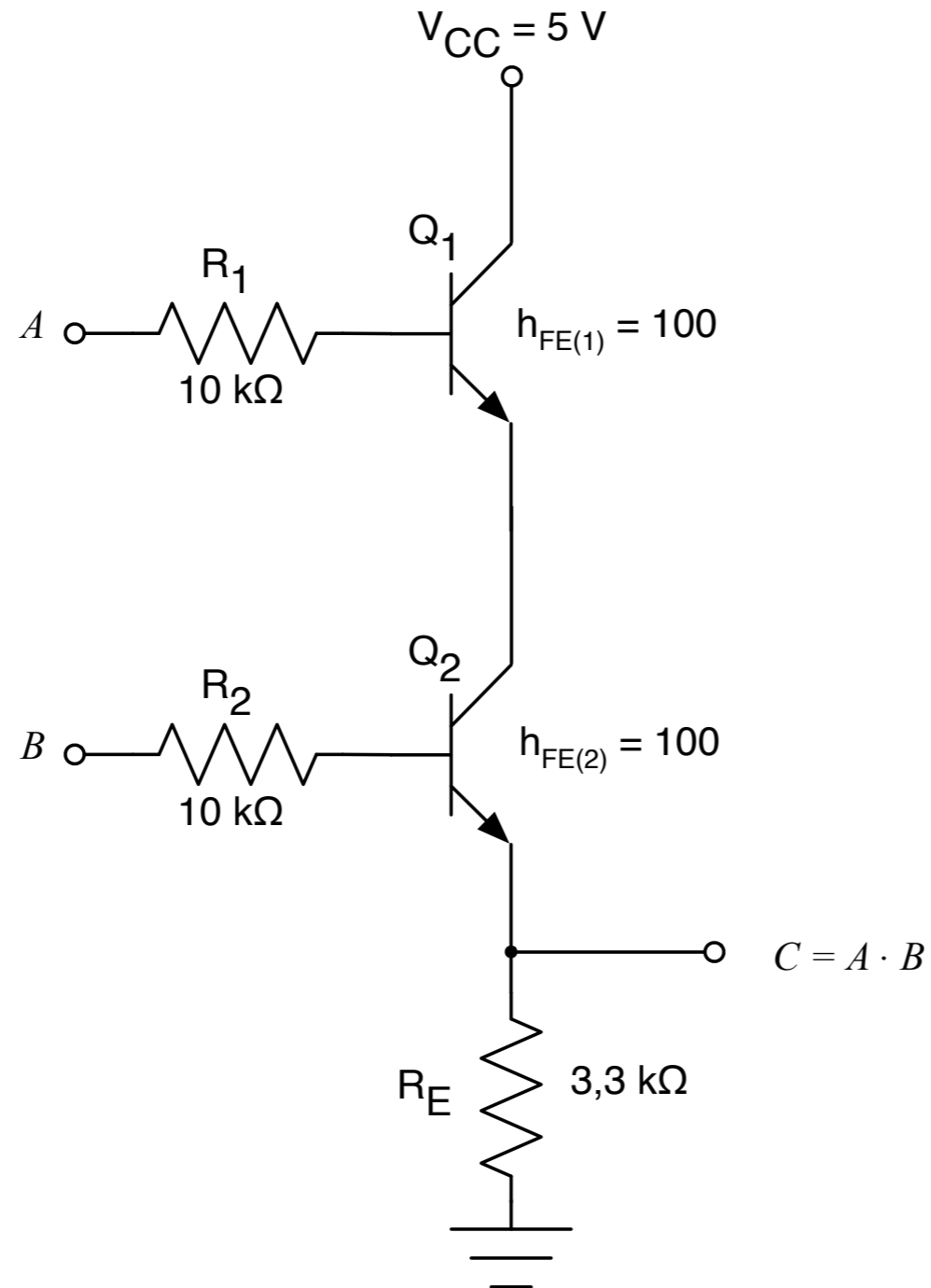
- 0 = baixo, 0 V;
- 1 = alto, 5 V.

A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

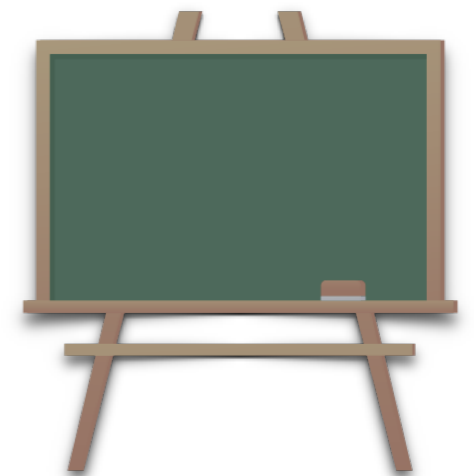


# Aplicações dos transistores

Porta lógica E:

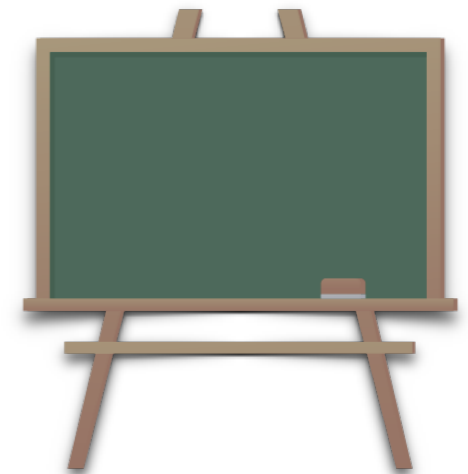
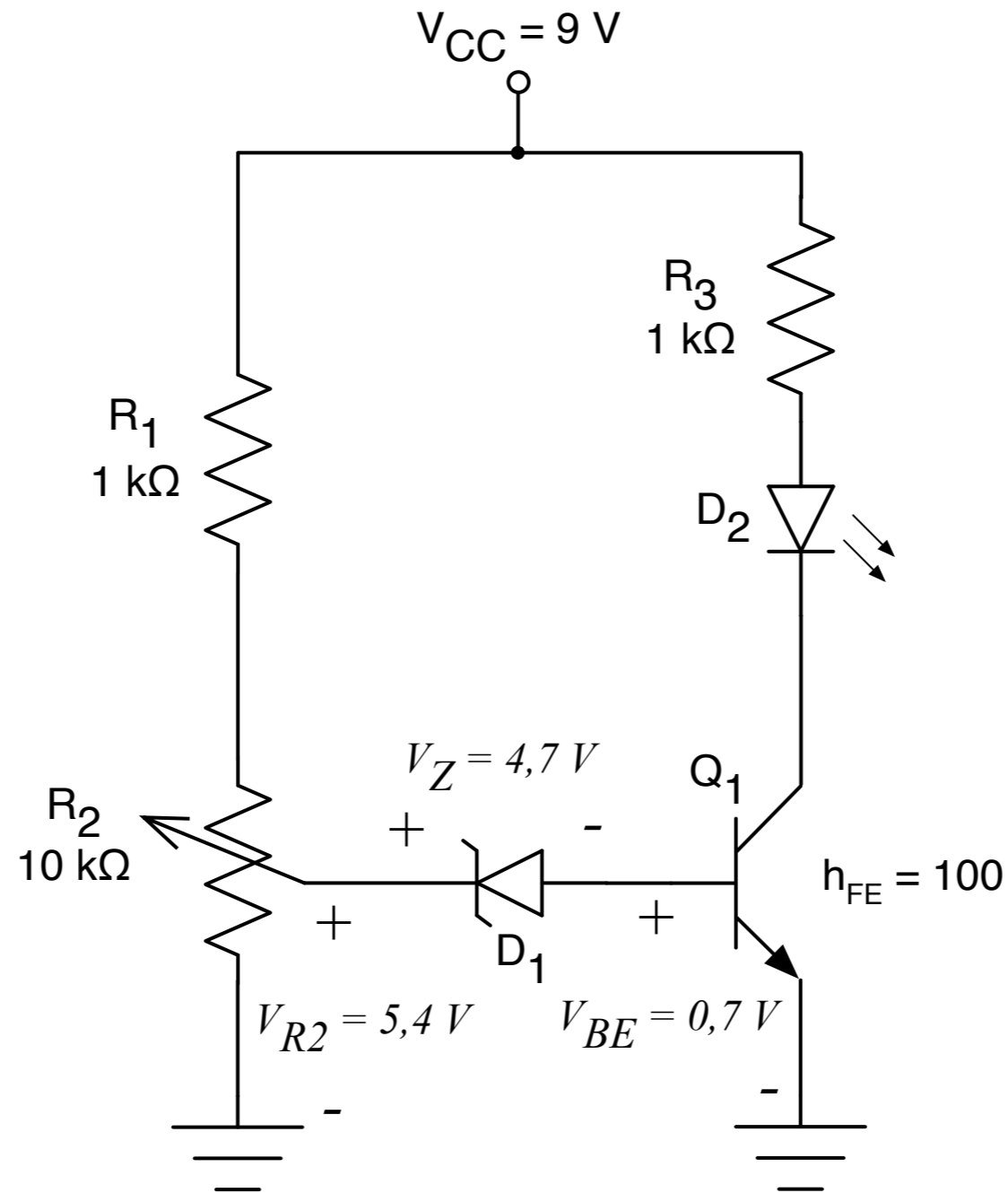


A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



# Aplicações dos transistores

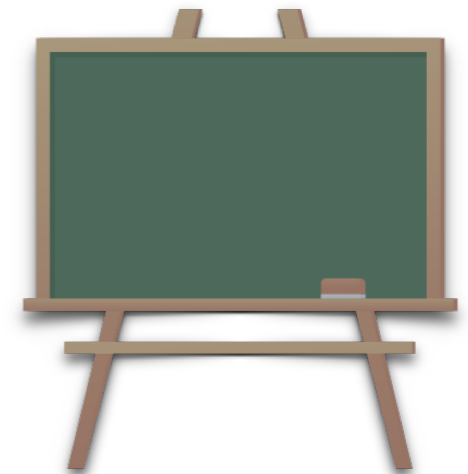
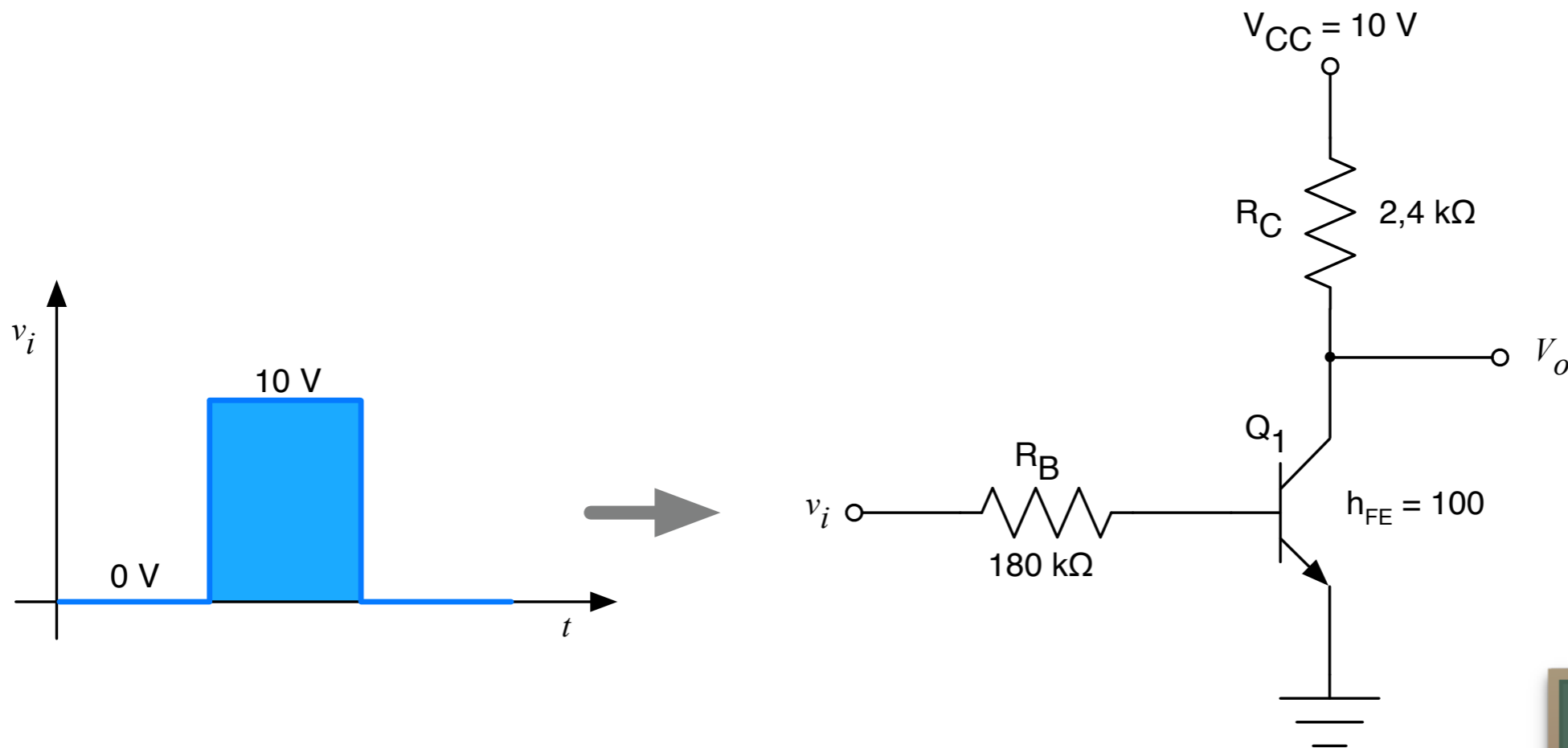
Indicador de nível de tensão:



# Aplicações dos transistores

## Exercícios:

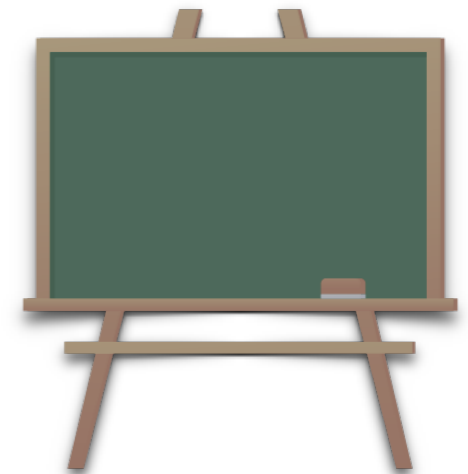
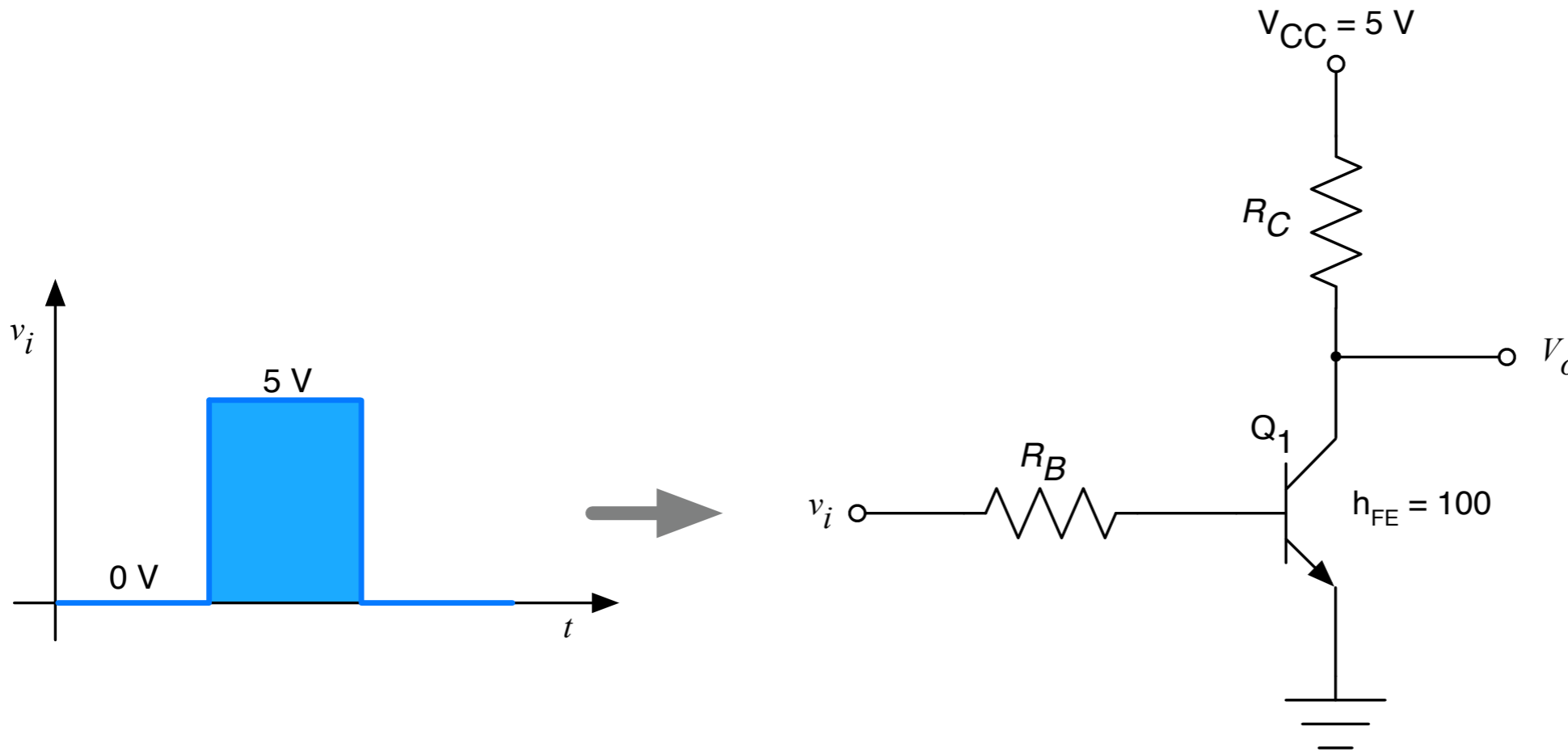
- Verificar os estados de operação do transistor e desenhar a forma de onda de  $V_o$ .



# Aplicações dos transistores

## Exercícios:

- Determinar os resistores  $R_B$  e  $R_C$  para o circuito operar com porta lógica inversora.

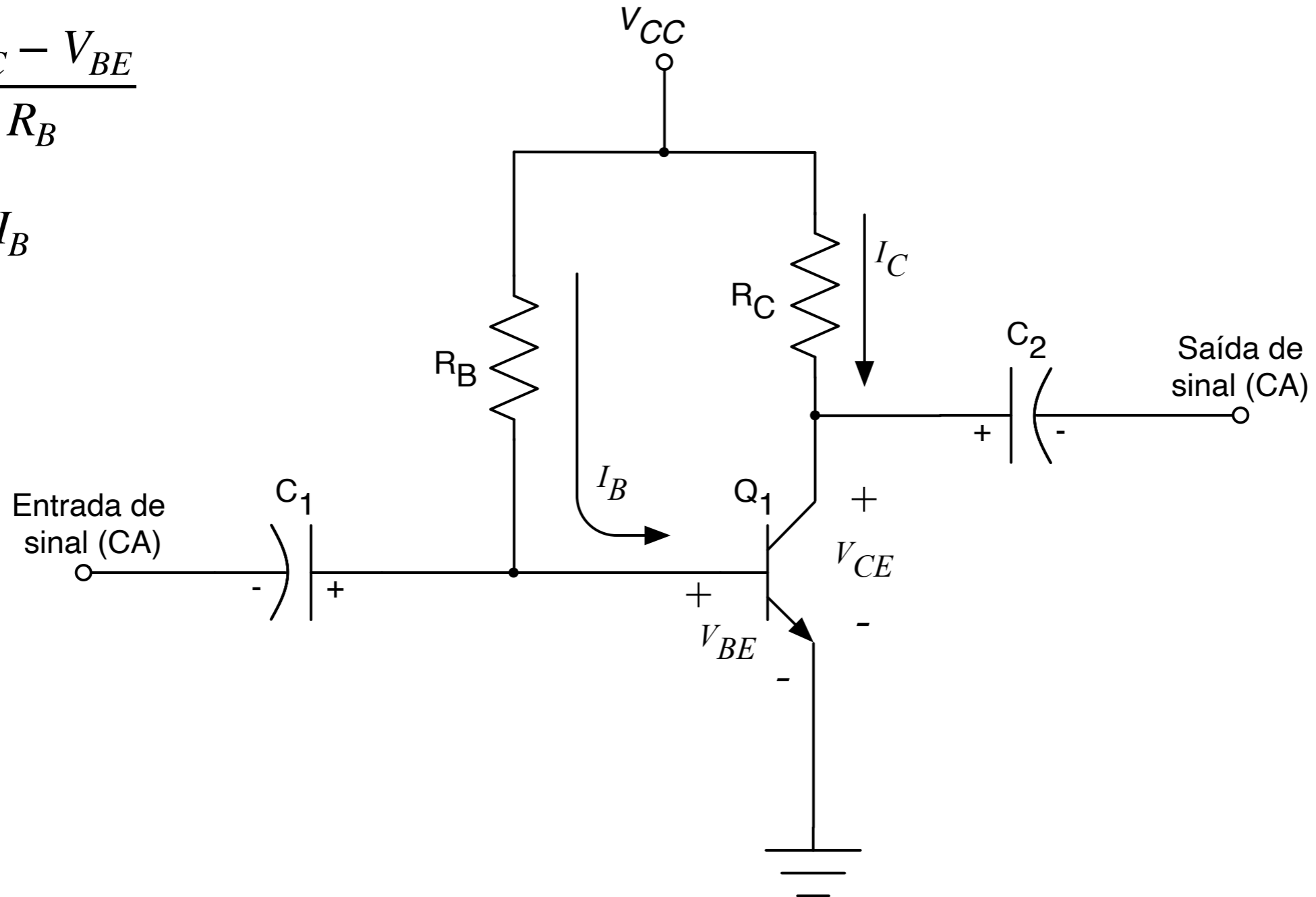


# Amplificador com polarização fixa

Dependente do ganho ( $\beta$ ):

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$



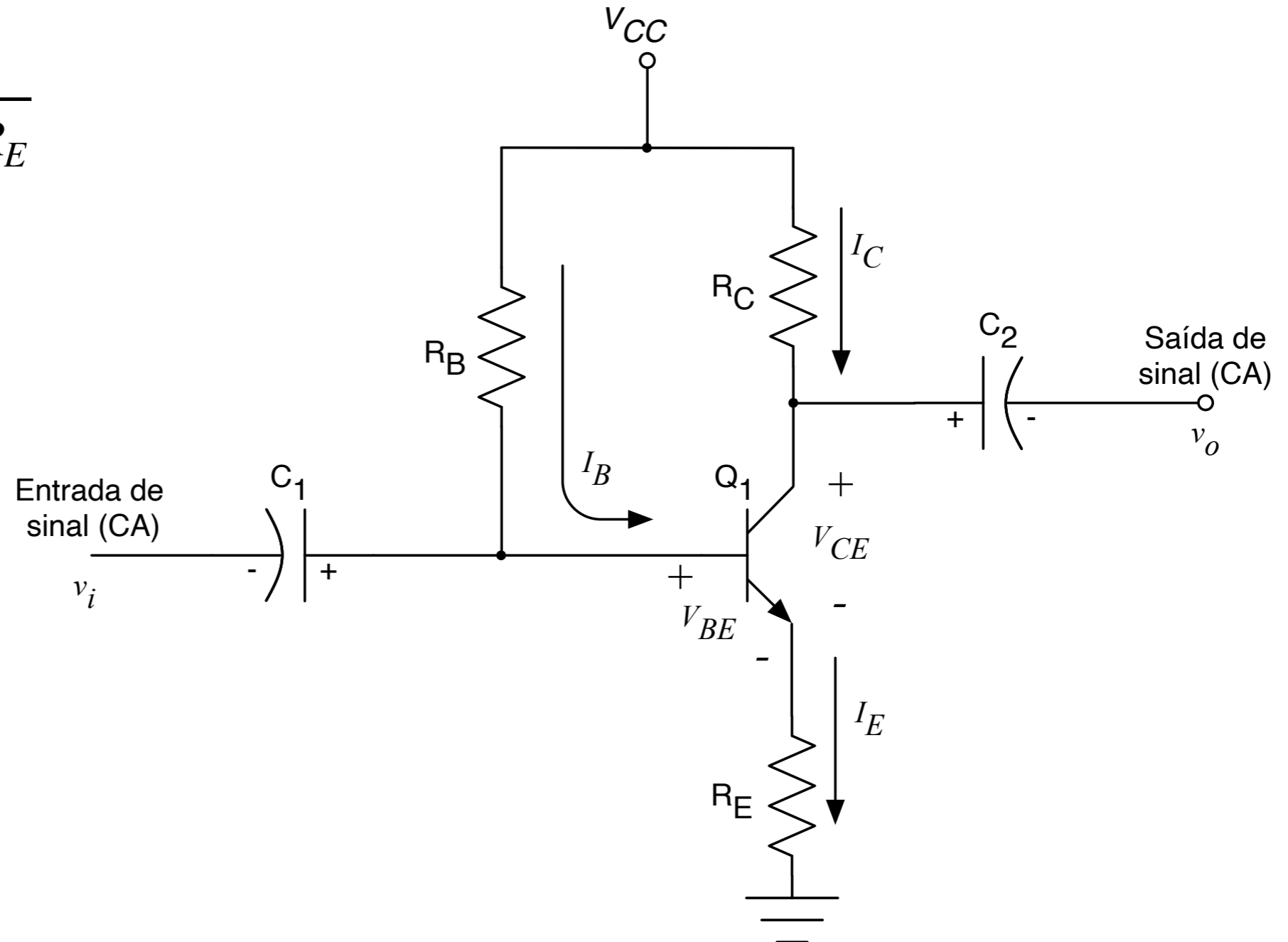
# Amplificador com resistor de emissor

Melhora da estabilidade do emissor:

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) \cdot R_E}$$

$$R_i = (\beta + 1) \cdot R_E$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$



# Amplificador polarização por divisor de tensão

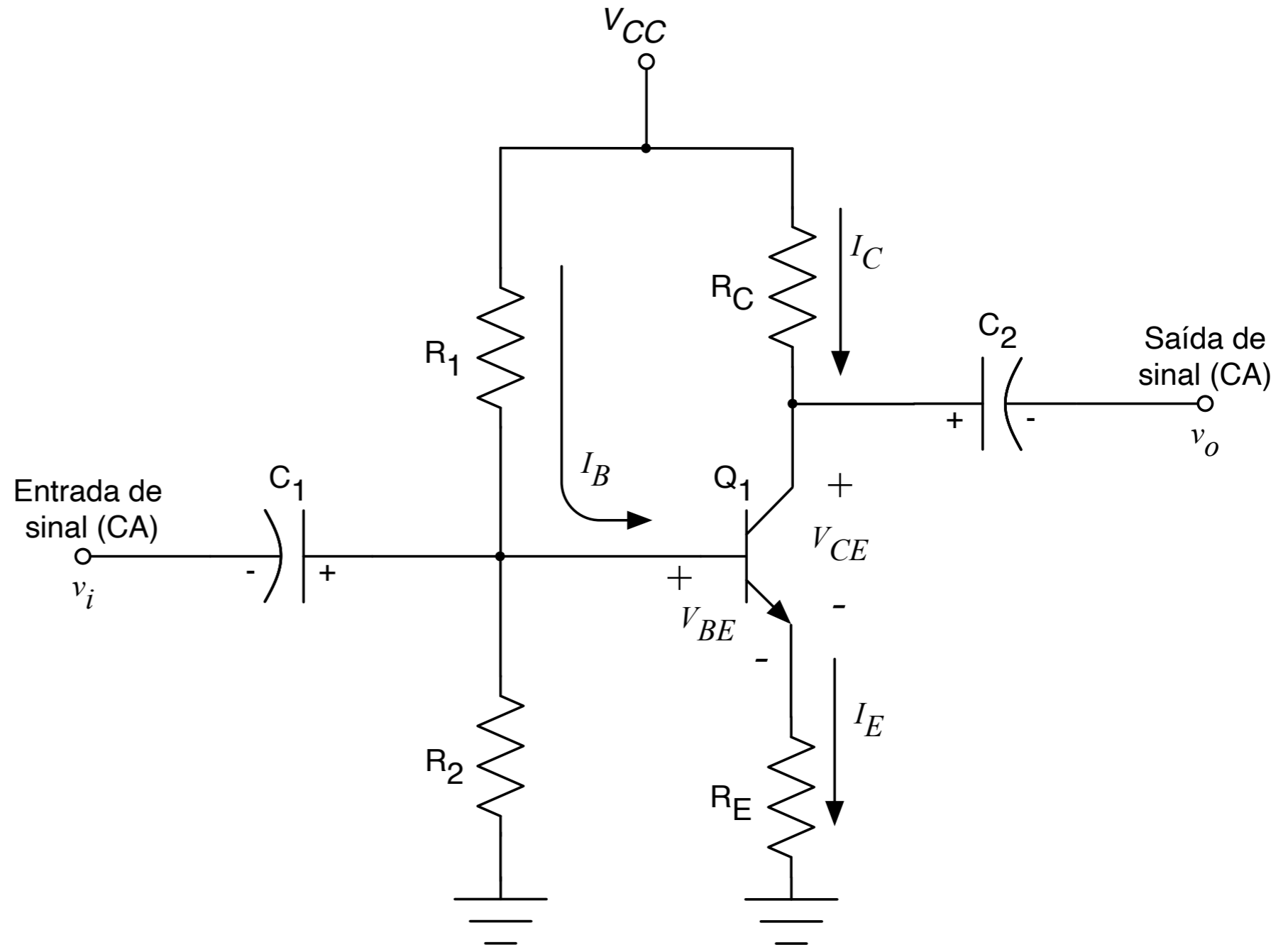
Independente do ganho ( $\beta$ ):

$$I_B = \frac{E_{TH} - V_{BE}}{R_{TH} + (\beta + 1) \cdot R_E}$$

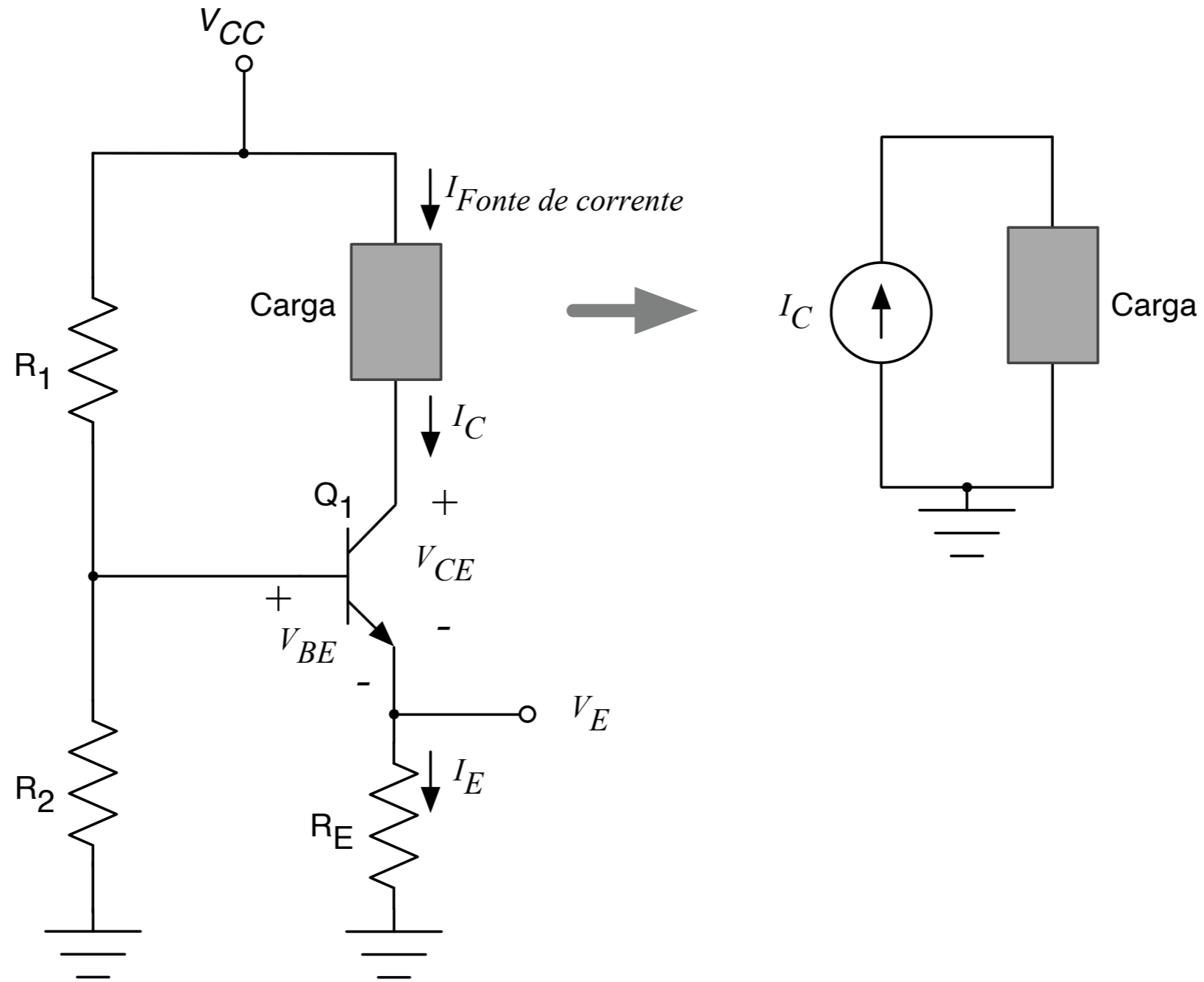
$$E_{TH} = \frac{R_2 \cdot V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

Tensão na base

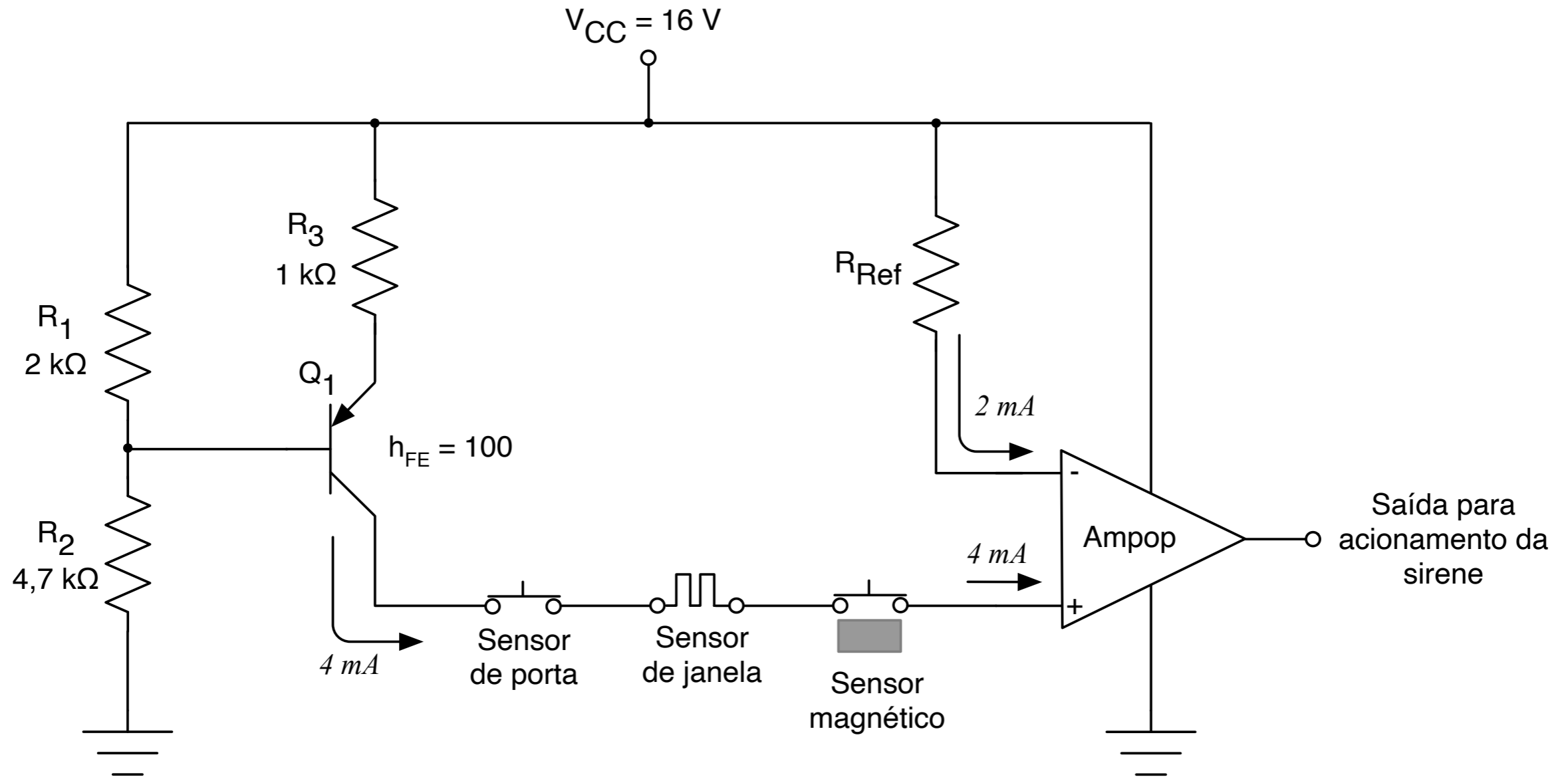
$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



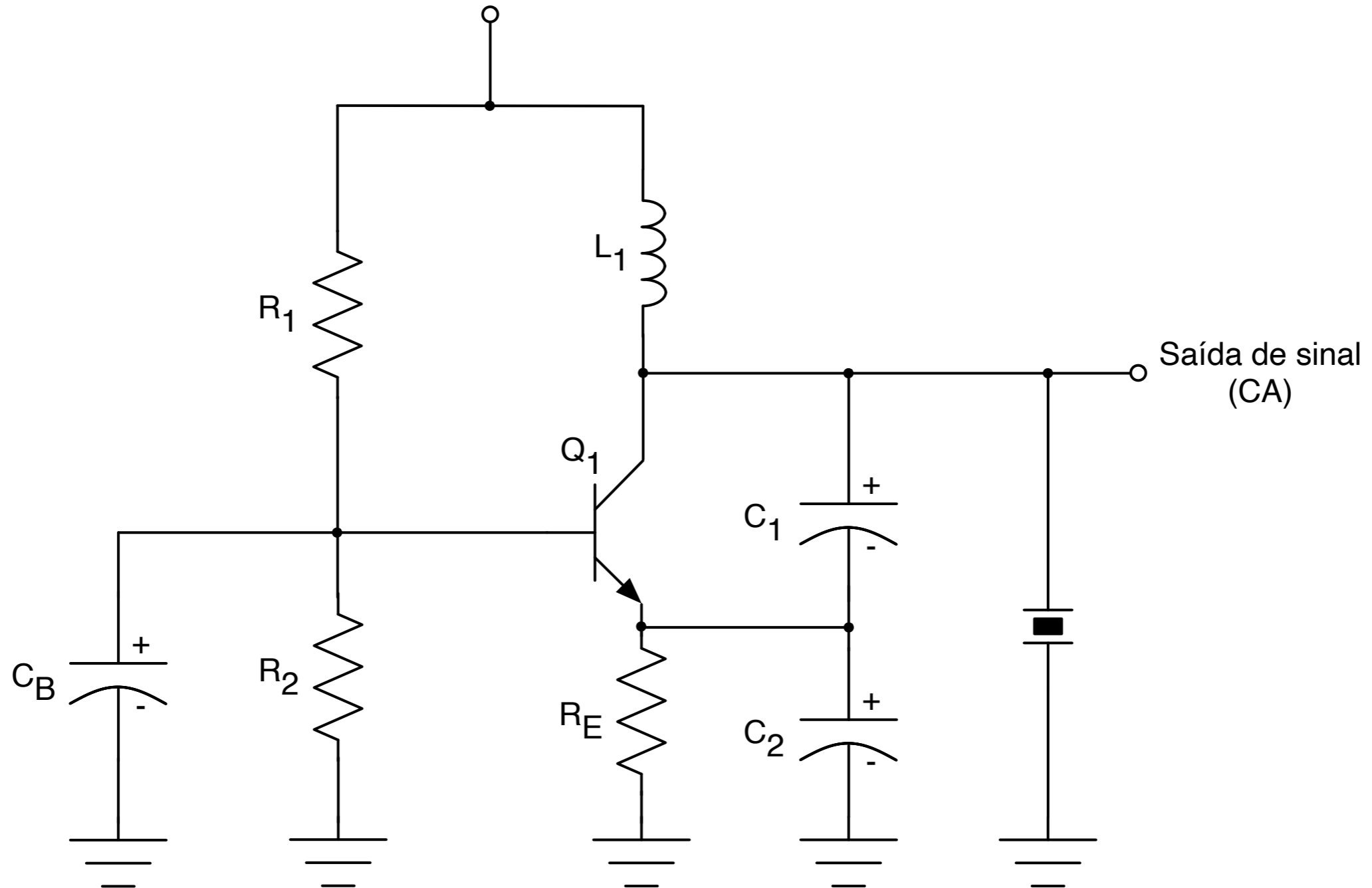
# Fonte de corrente constante

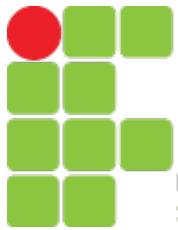


# Sistema de alarme

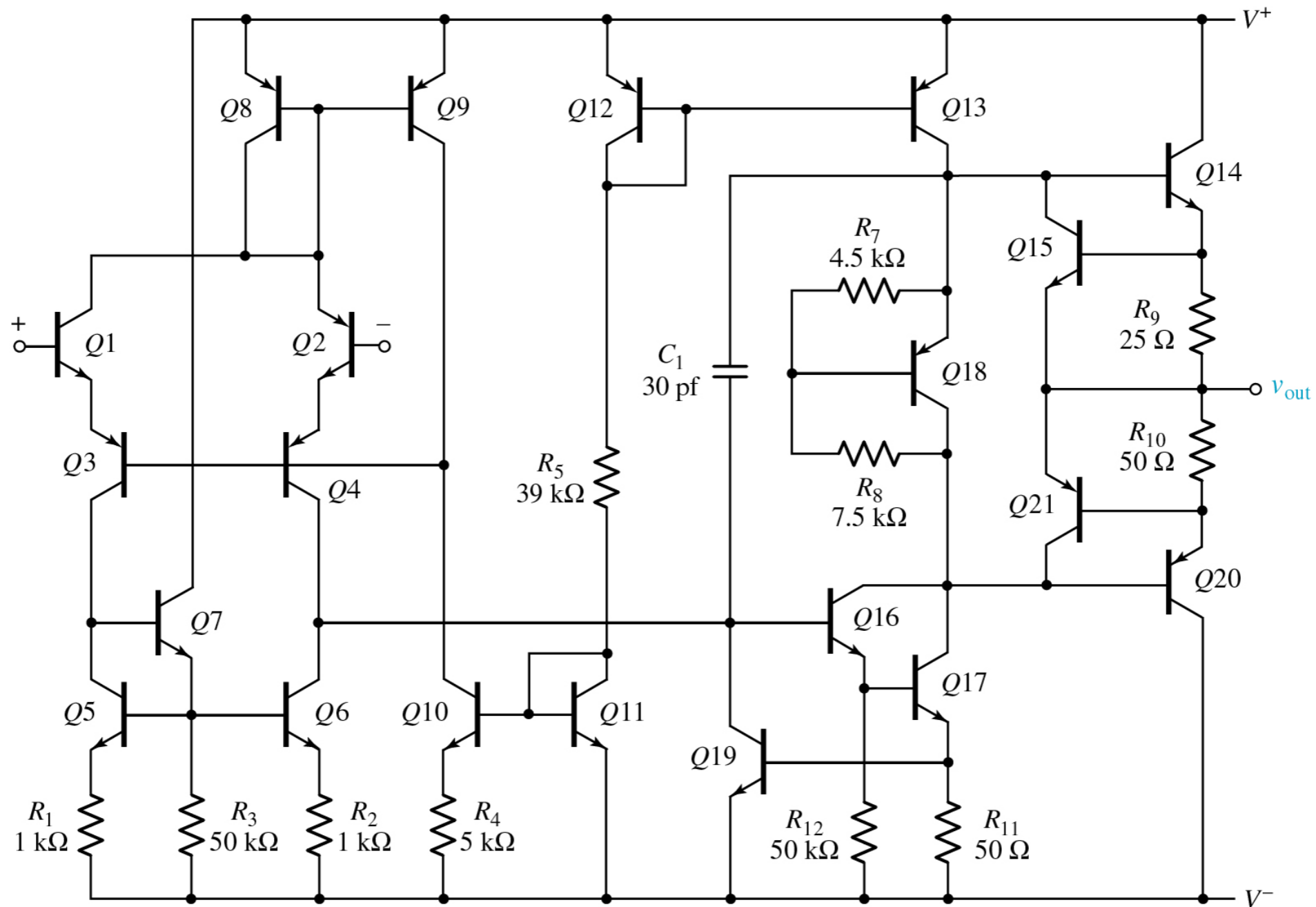


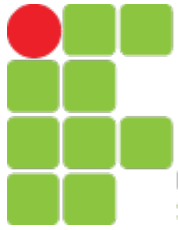
# Oscilador controlado a cristal





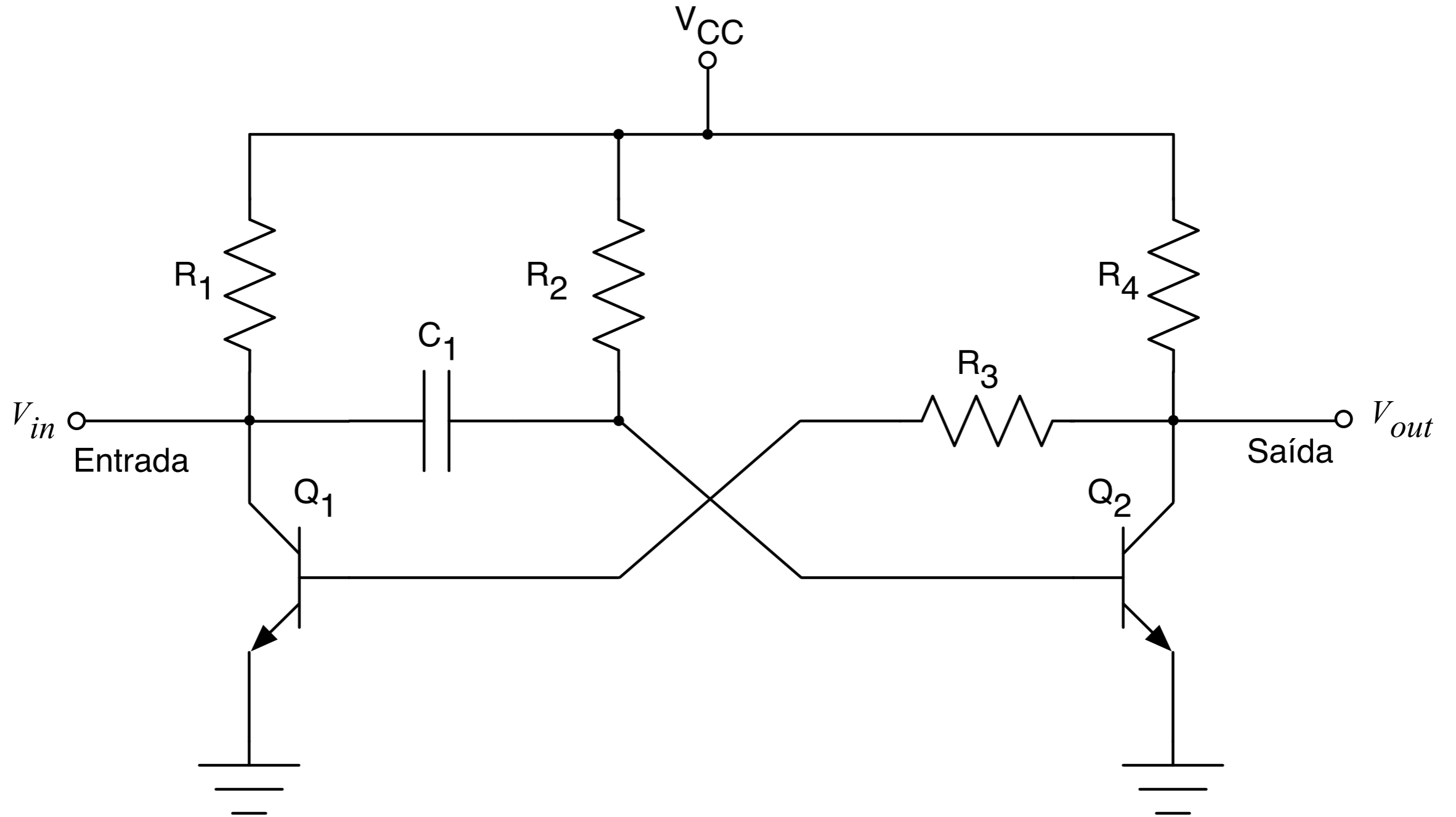
# Amplificador operacional 741



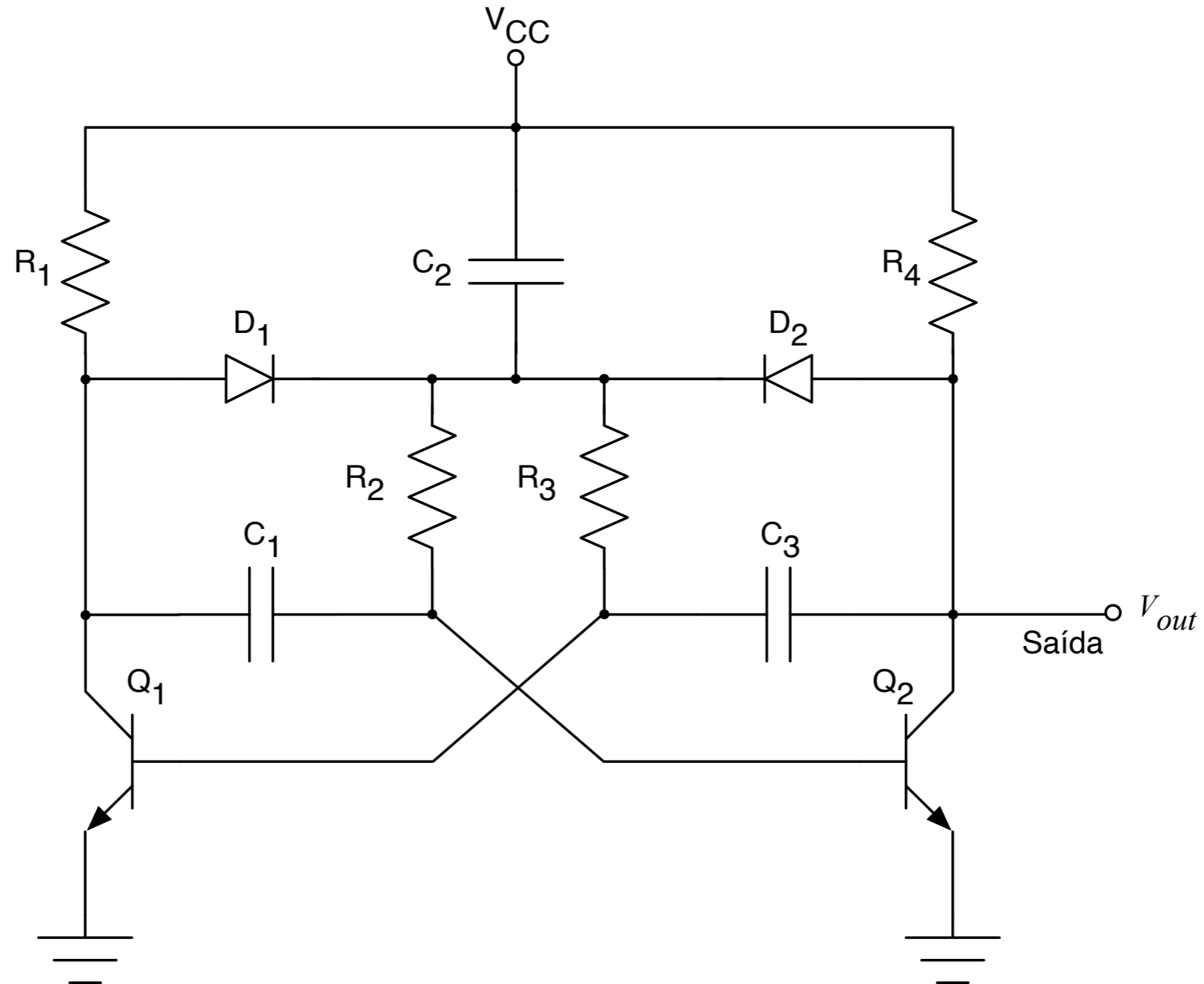


INSTITUTO FEDERAL  
SANTA CATARINA

# Multivibrador monoestável



# Multivibrador astável



# Próxima Aula

## Reguladores de tensão lineares

