

Transistores

Eletrônica para Ciência da Computação

PROFESSOR: RUBENS T. HOCK JR.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC

CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA - DEE

Transistores Introdução

Introdução

Entre os anos de 1904 e 1947, a válvula foi o dispositivo eletrônico de maior interesse e desenvolvimento.

As vantagens transistor de estado sólido e três terminais em relação à válvula:

- Menor e mais leve
- Não necessitava de aquecimento nem apresentava perda por aquecimento
- Tinha uma estrutura mais robusta e era mais eficiente porque absorvia menos potência
- Funcionava com tensões de operação mais baixas.

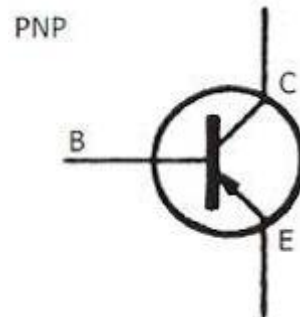
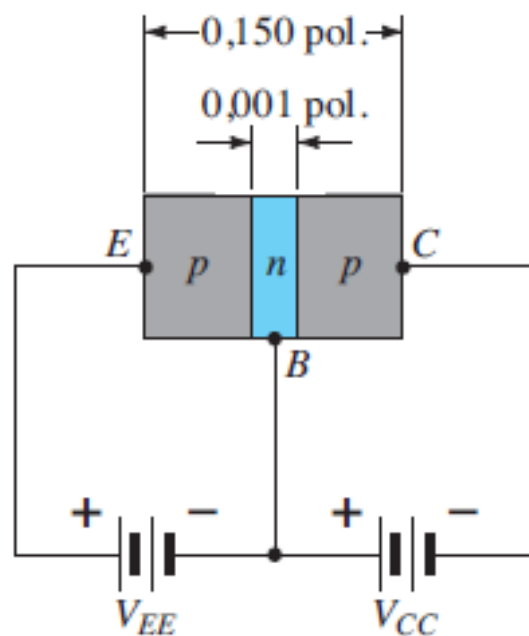
Os transistores possuem três terminais:

- Emissor (E)
- Base (B)
- Coletor (C)

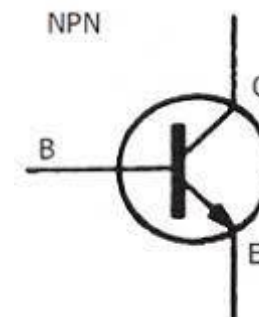
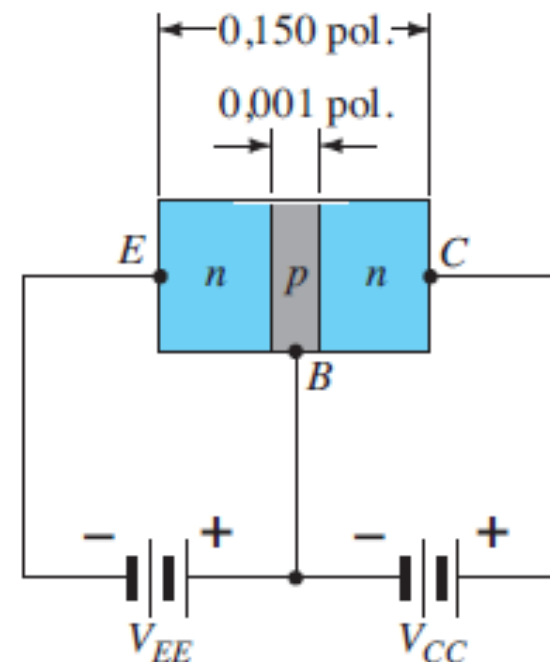
Introdução

Existem dois tipos de transistores bipolares

PNP



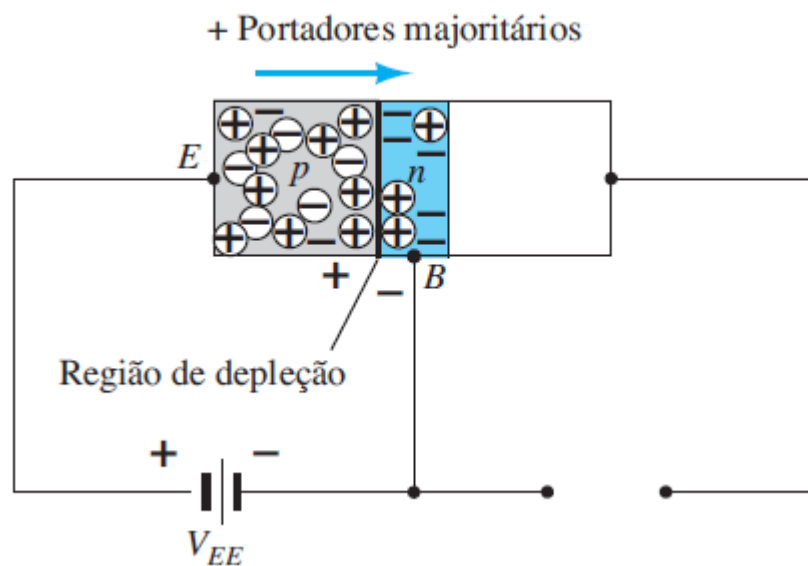
NPN



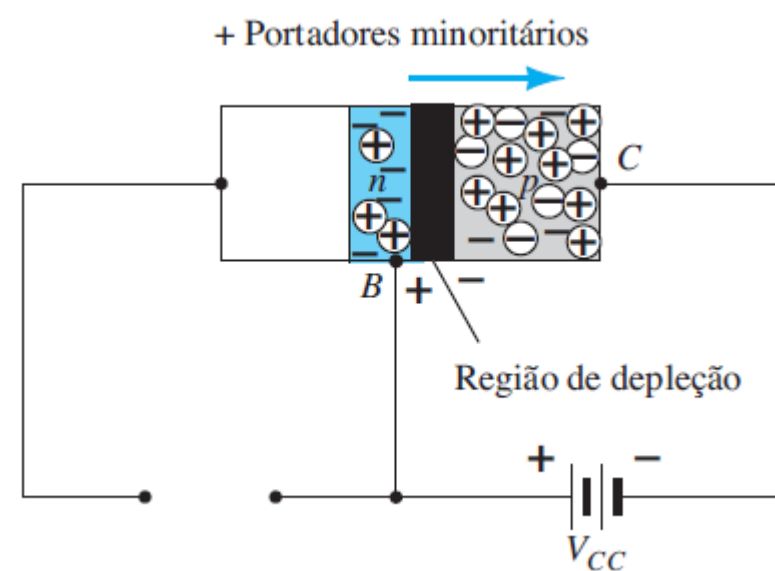
Introdução

Polarização da junção Emissor-Base

Emissor-Base

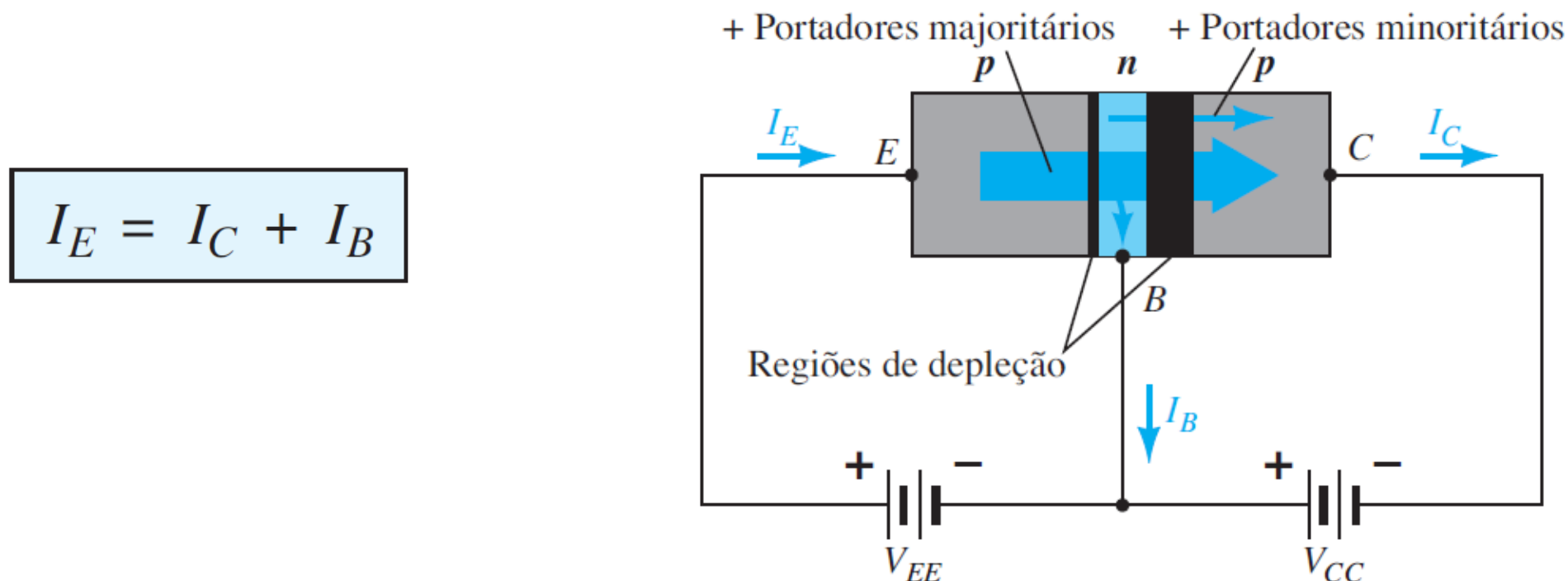


Base-Coletor



Introdução

O fluxo de elétrons se origina no emissor, há a contribuição da corrente de base (sinal depende se é NPN ou PNP) e são coletados pelo coletor

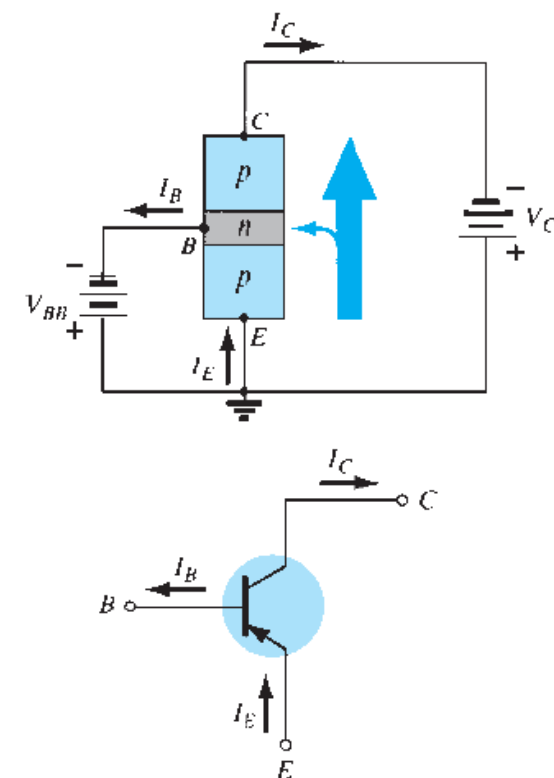
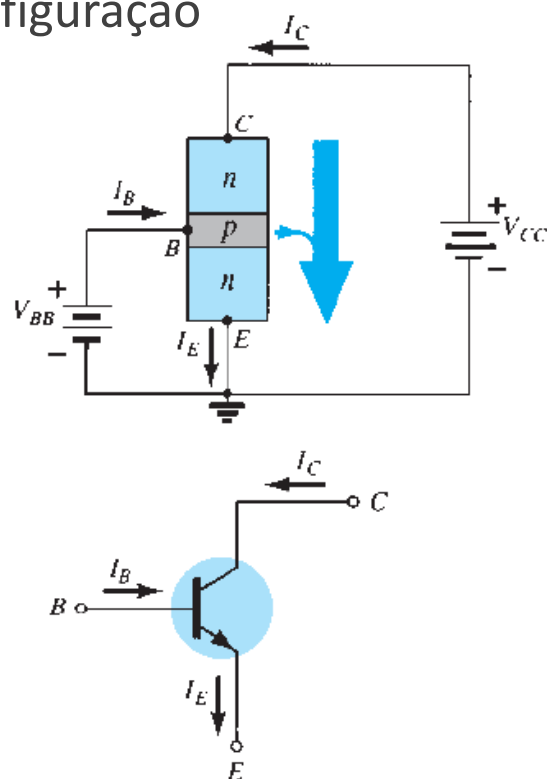


Transistores

Configuração Emissor Comum

Configuração Emissor Comum

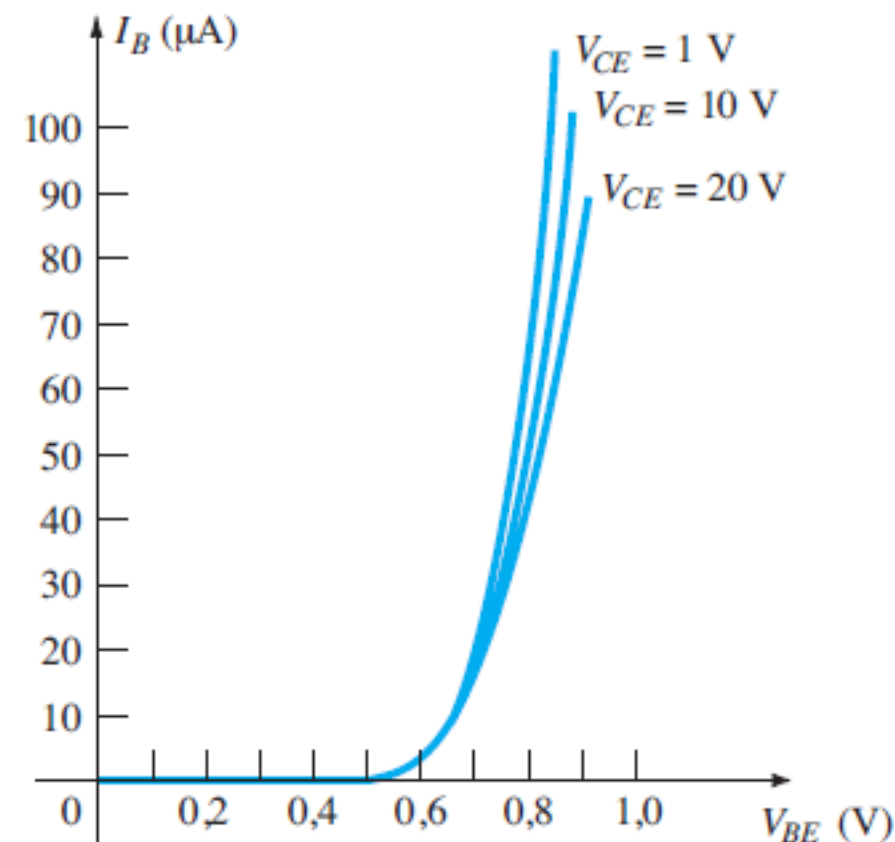
Essa terminologia emissor comum deriva do fato de o emissor ser comum tanto na entrada quanto na saída da configuração



Configuração Emissor Comum

Para descrever totalmente o comportamento de um transistor como os amplificador emissor comum são necessários dois conjuntos de curvas características

- Ponto de acionamento ou parâmetros de entrada
- Ponto de acionamento ou parâmetros de saída

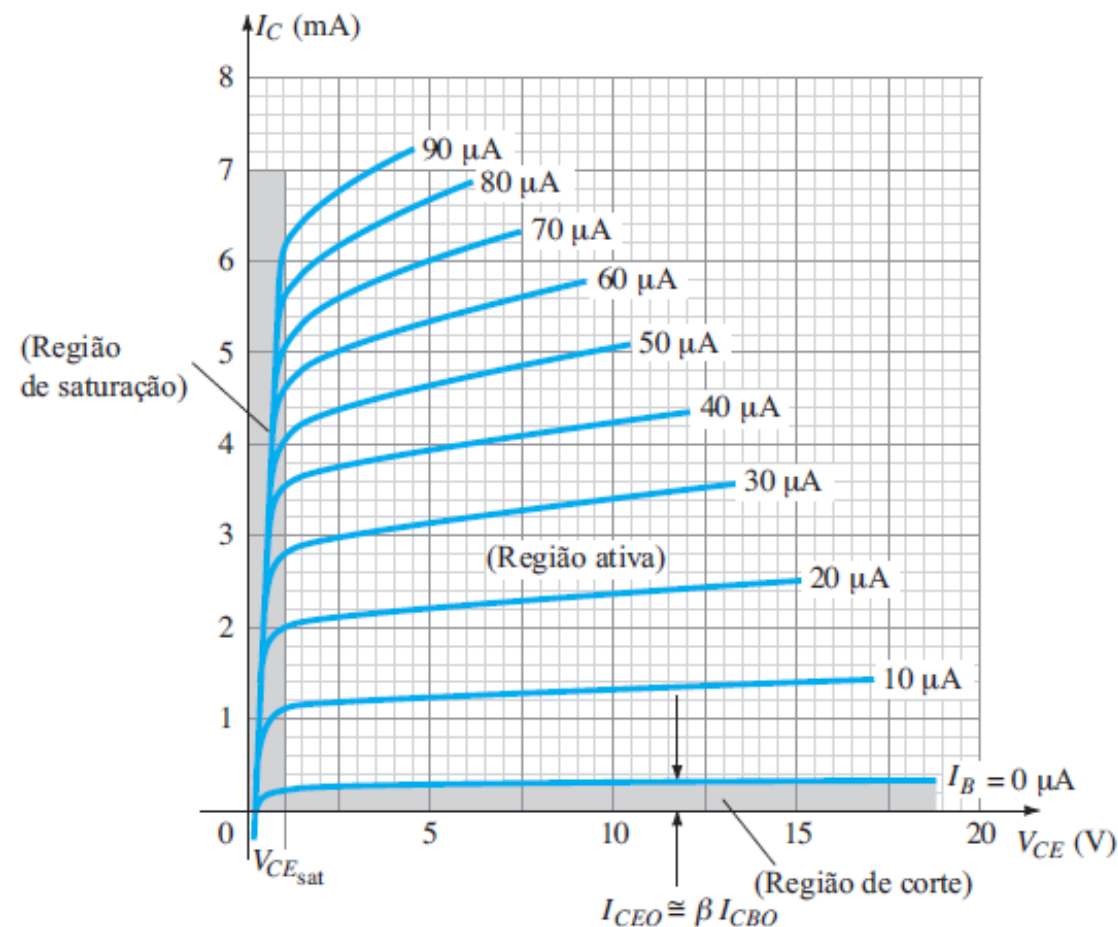


Configuração Emissor Comum

Na região ativa de um amplificador emissor-comum, a junção base-coletor é polarizada reversamente, enquanto a junção base-emissor é polarizada diretamente

Na região de corte, ambas as junções de um transistor estão polarizadas reversamente.

Na região de saturação, as junções base-emissor e base-coletor estão polarizadas diretamente.



Transistores

Transistor Real

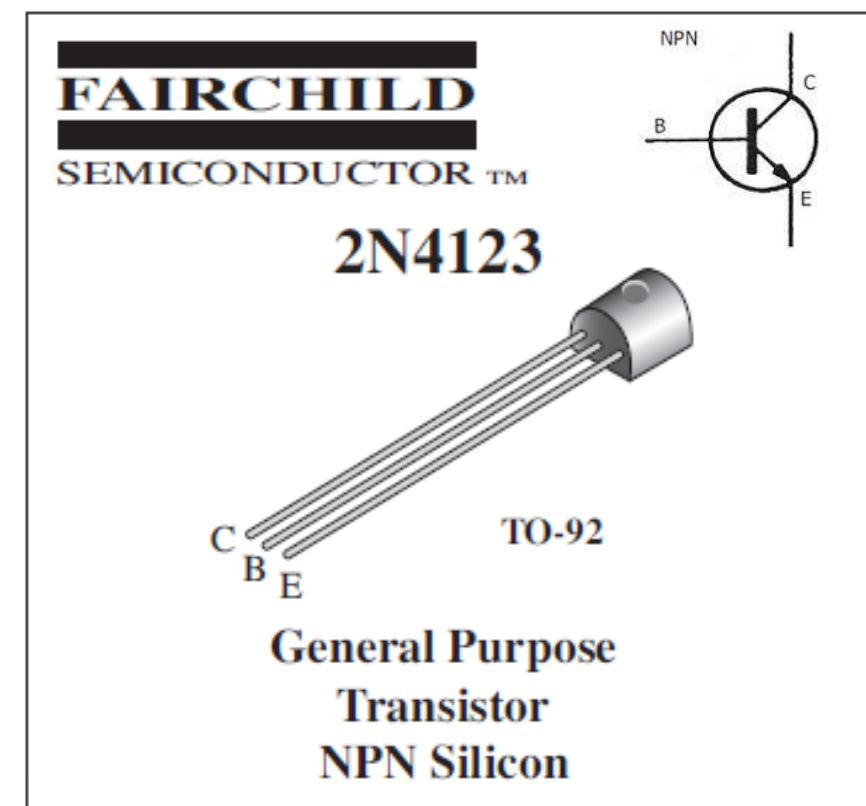
Transistor Real

ESPECIFICAÇÕES MÁXIMAS

Especificação	Símbolo	2N4123	Unidade
Tensão coletor-emissor	V_{CEO}	30	V_{CC}
Tensão coletor-base	V_{CBO}	40	V_{CC}
Tensão emissor-base	V_{EBO}	5,0	V_{CC}
Corrente de coletor — contínua	I_C	200	mA_{CC}
Dissipação total do dispositivo @ $T_A = 25^\circ C$ Redução acima de $25^\circ C$	P_D	625 5,0	mW mW $^\circ C$
Faixa de temperatura da junção para armazenamento e operação	T_j, T_{stg}	-55 a +150	$^\circ C$

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Característica	Símbolo	Máx.	Unidade
Resistência térmica entre junção e encapsulamento $R_{\theta JC}$		83,3	$^\circ C W$
Resistência térmica entre junção e ambiente $R_{\theta JA}$		200	$^\circ C W$



Transistor Real

CARACTERÍSTICAS NO ESTADO “DESLIGADO”

Tensão de ruptura coletor-emissor ($I_C = 1,0 \text{ mA}_{CC}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	30		V_{CC}
Tensão de ruptura coletor-base ($I_C = 10 \mu\text{A}_{CC}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	40		V_{CC}
Tensão de ruptura emissor-base ($I_E = 10 \mu\text{A}_{CC}$, $I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	5,0	–	V_{CC}
Corrente de corte do coletor ($V_{CB} = 20 V_{CC}$, $I_E = 0$)	I_{CBO}	–	50	nA_{CC}
Corrente de corte do emissor ($V_{BE} = 3,0 V_{CC}$, $I_C = 0$)	I_{EBO}	–	50	nA_{CC}

CARACTERÍSTICAS NO ESTADO “LIGADO”

Ganho de corrente CC (1) ($I_C = 2,0 \text{ mA}_{CC}$, $V_{CE} = 1,0 V_{CC}$) ($I_C = 50 \text{ mA}_{CC}$, $V_{CE} = 1,0 V_{CC}$)	h_{FE}	50 25	150 –	–
Tensão de saturação do coletor-emissor (1) ($I_C = 50 \text{ mA}_{CC}$, $I_B = 5,0 \text{ mA}_{CC}$)	$V_{CE(sat)}$	–	0,3	V_{CC}
Tensão de saturação base-emissor (1) ($I_C = 50 \text{ mA}_{CC}$, $I_B = 5,0 \text{ mA}_{CC}$)	$V_{BE(sat)}$	–	0,95	V_{CC}

Transistor Real

CARACTERÍSTICAS DE PEQUENO SINAL

Produto ganho de corrente — largura de banda ($I_C = 10 \text{ mA}_{CC}$, $V_{CE} = 20 \text{ V}_{CC}$, $f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	250		MHz
Capacitância de saída ($V_{CB} = 5,0 \text{ V}_{CC}$, $I_E = 0$, $f = 100 \text{ MHz}$)	C_{obo}	—	4,0	pF
Capacitância de entrada ($V_{BE} = 0,5 \text{ V}_{CC}$, $I_C = 0$, $f = 100 \text{ kHz}$)	C_{ibo}	—	8,0	pF
Capacitância coletor-base ($I_E = 0$, $V_{CB} = 5,0 \text{ V}$, $f = 100 \text{ kHz}$)	C_{cb}	—	4,0	pF
Ganho de corrente para pequenos sinais ($I_C = 2,0 \text{ mA}_{CC}$, $V_{CE} = 10 \text{ V}_{CC}$, $f = 1,0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	50	200	—
Ganho de corrente — alta frequência ($I_C = 10 \text{ mA}_{CC}$, $V_{CE} = 20 \text{ V}_{CC}$, $f = 100 \text{ MHz}$) ($I_C = 2,0 \text{ mA}_{CC}$, $V_{CE} = 10 \text{ V}$, $f = 1,0 \text{ kHz}$)	h_{fe}	2,5 50	— 200	—
Figura de ruído ($I_C = 100 \text{ } \mu\text{A}_{CC}$, $V_{CE} = 5,0 \text{ V}_{CC}$, $R_S = 1,0 \text{ k ohm}$, $f = 1,0 \text{ kHz}$)	NF	—	6,0	dB

Transistores

Polarização do Transistor

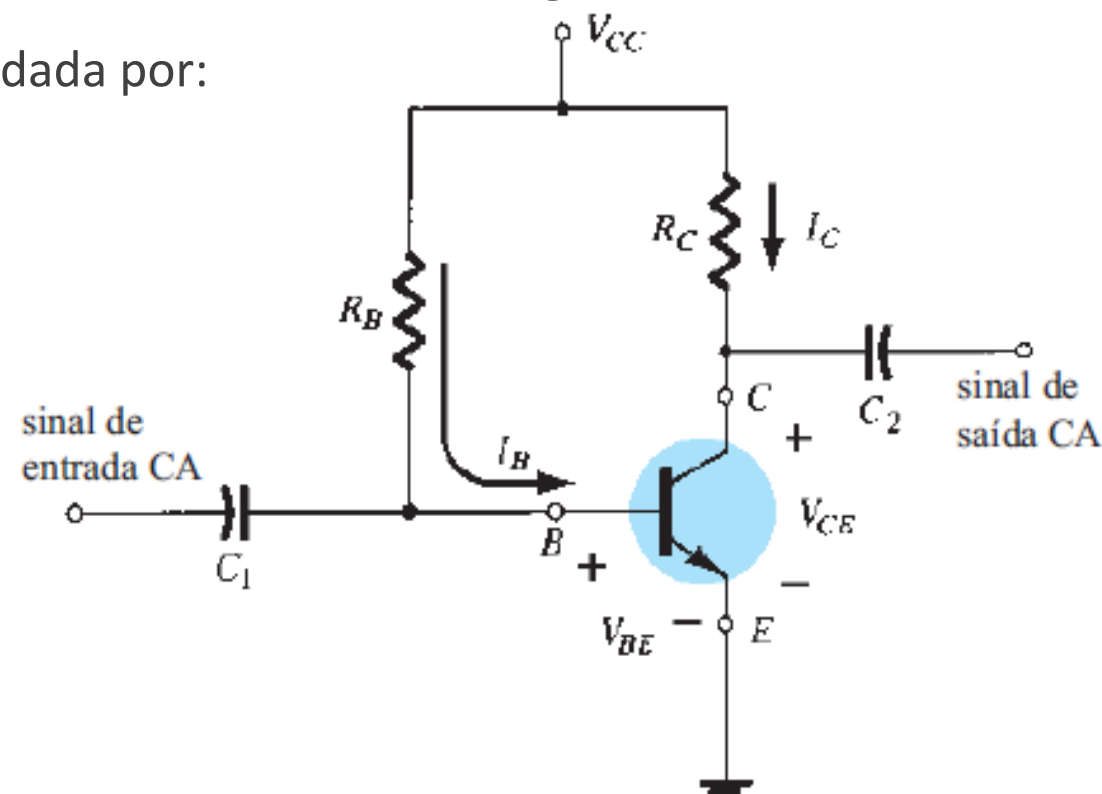
Polarização Fixa

A configuração mais utilizada é a configuração emissor comum, como na figura abaixo.

A relação entre a corrente de coletor e de base é dada por:

$$I_C = \beta I_B$$

Onde β é o ganho de corrente do transistor.



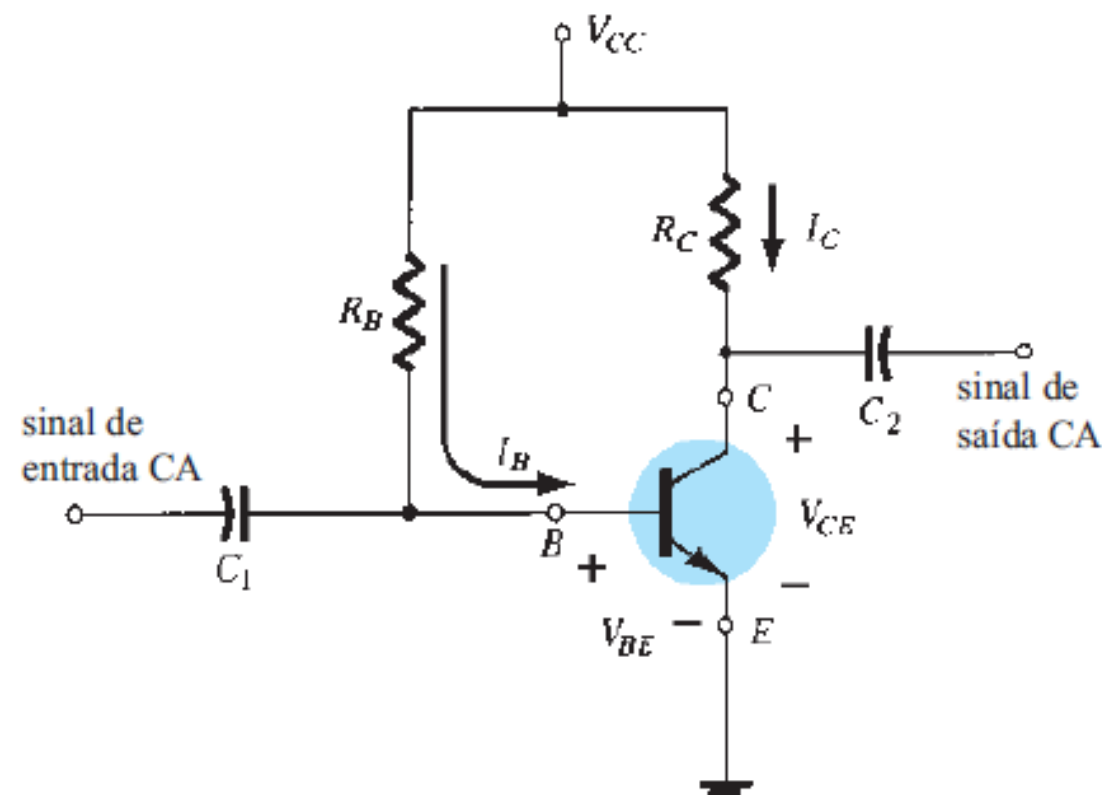
Polarização Fixa

A polarização direta da base é calculada através de:

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

A equação que rege o coletor é:

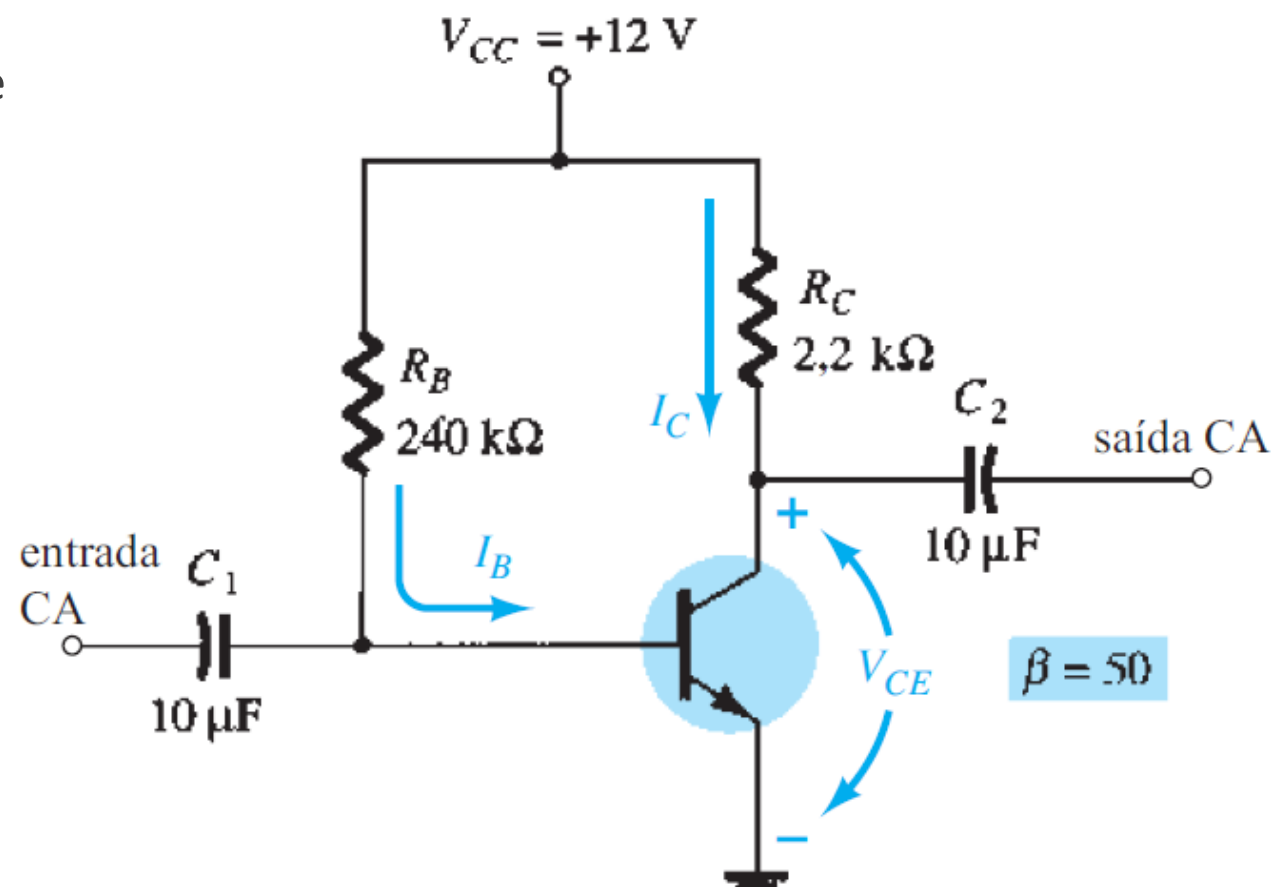
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$



Polarização Fixa

Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}



Polarização Fixa

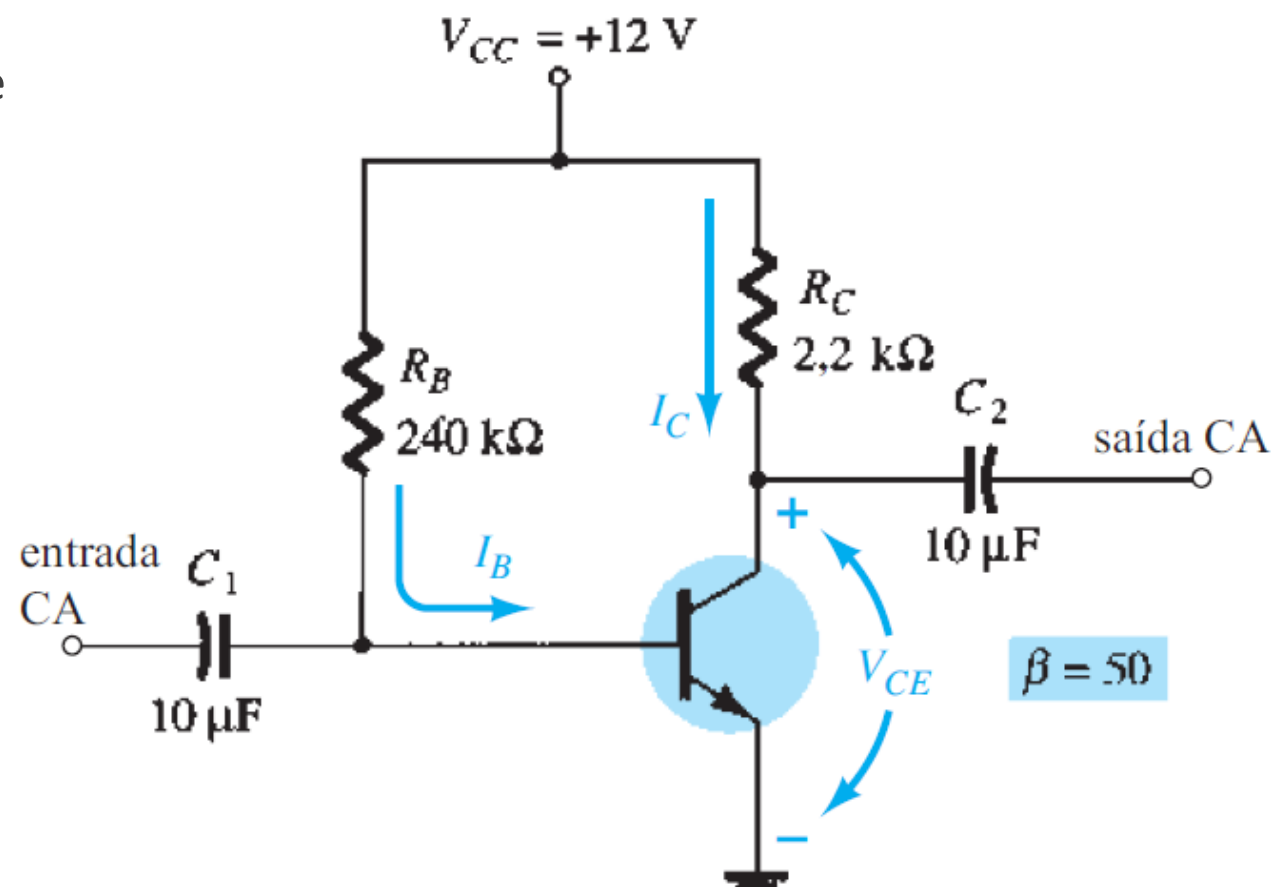
Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}

$$I_B = (V_{CC} - V_{BE}) / R_B$$

$$I_B = (12 - 0,7) / 240 \text{ k} = 47,08 \text{ } \mu\text{A}$$

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



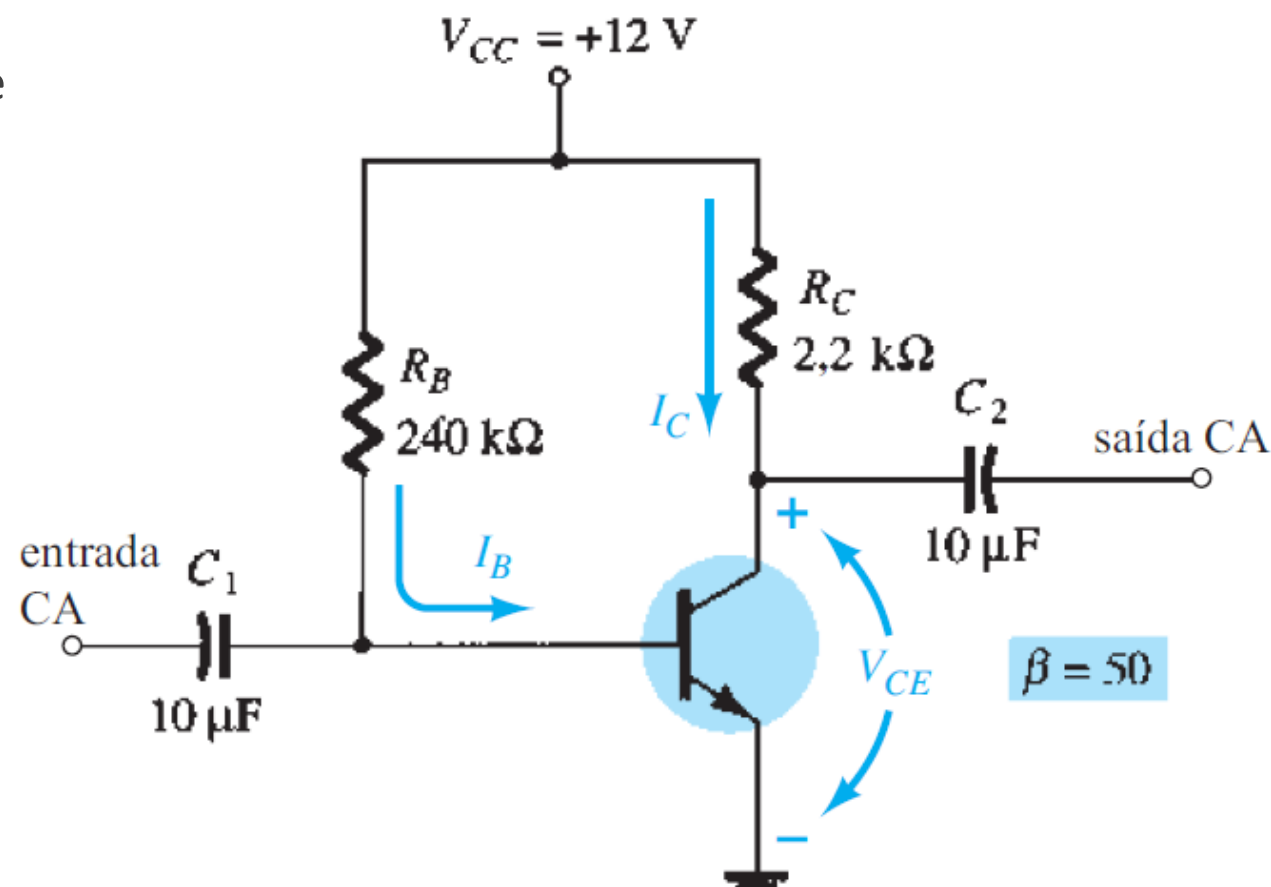
Polarização Fixa

Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}

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

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



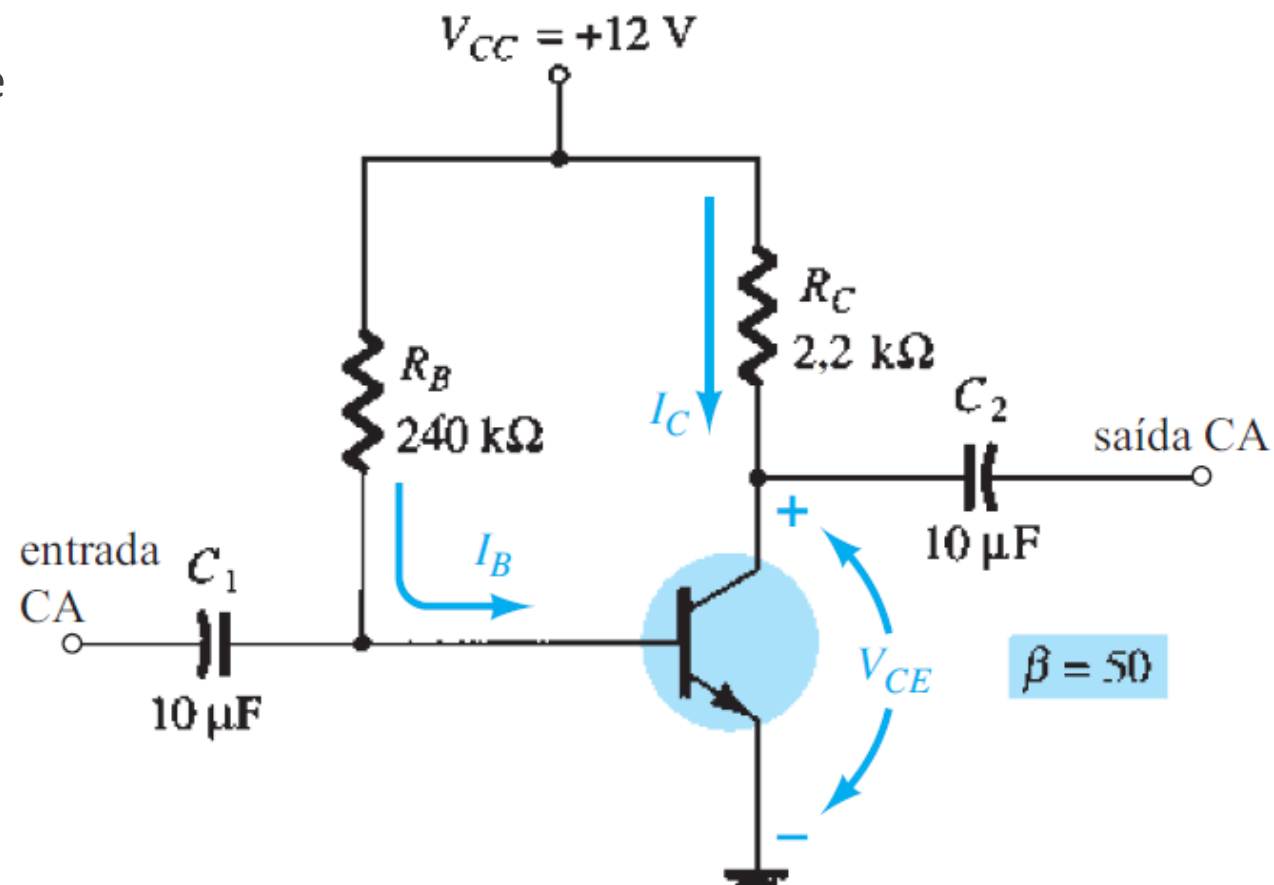
Polarização Fixa

Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}

$$V_{BC} = V_B - V_C$$

$$V_{BC} = 0,7 - 6,83 = -6,13 \text{ V}$$



Polarização do Emissor

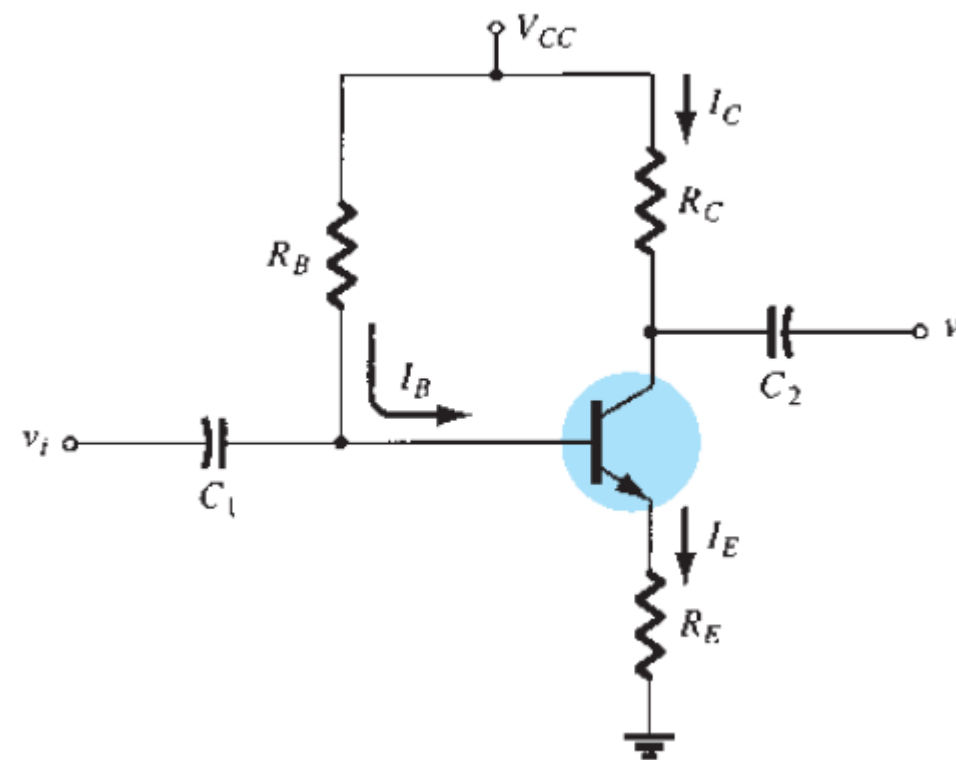
A inserção de um resistor de emissor permite melhorar o nível de estabilidade da configuração com polarização fixa.

A polarização direta da base é calculada através de:

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

A equação que rege o coletor é:

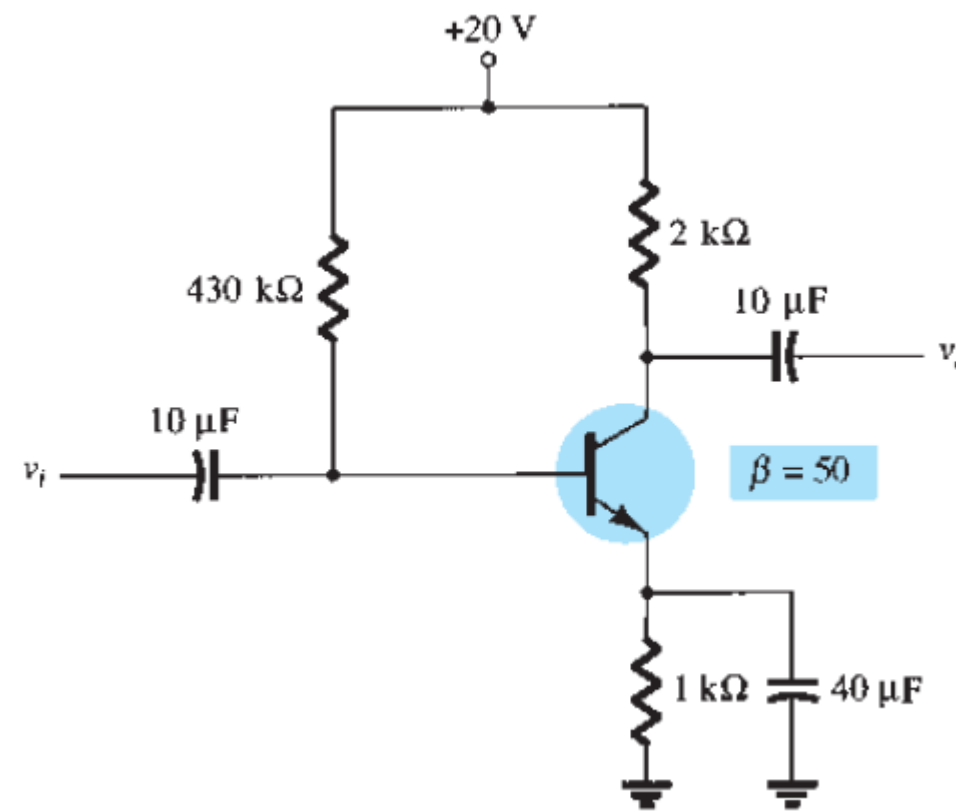
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$



Polarização do Emissor

Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}



Polarização do Emissor

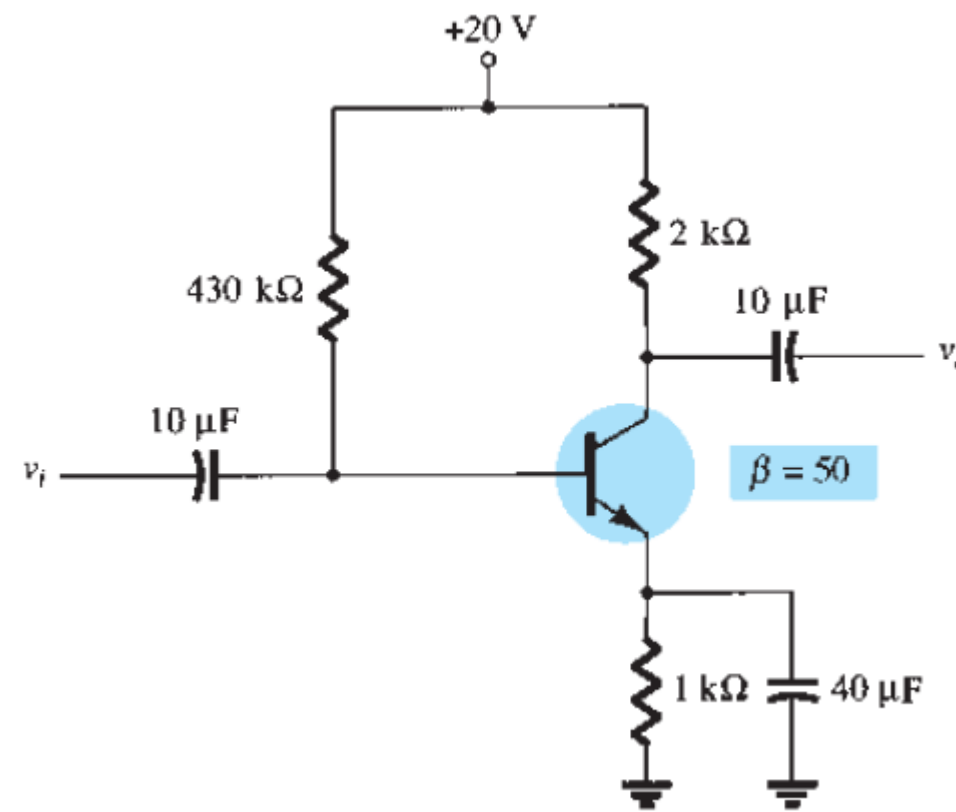
Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}

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

$$I_B = (20 - 0,7) / (430k + 51 \cdot 1k) = 40,12 \mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 50 \cdot 40,1 \mu = 2,01 \text{ mA}$$



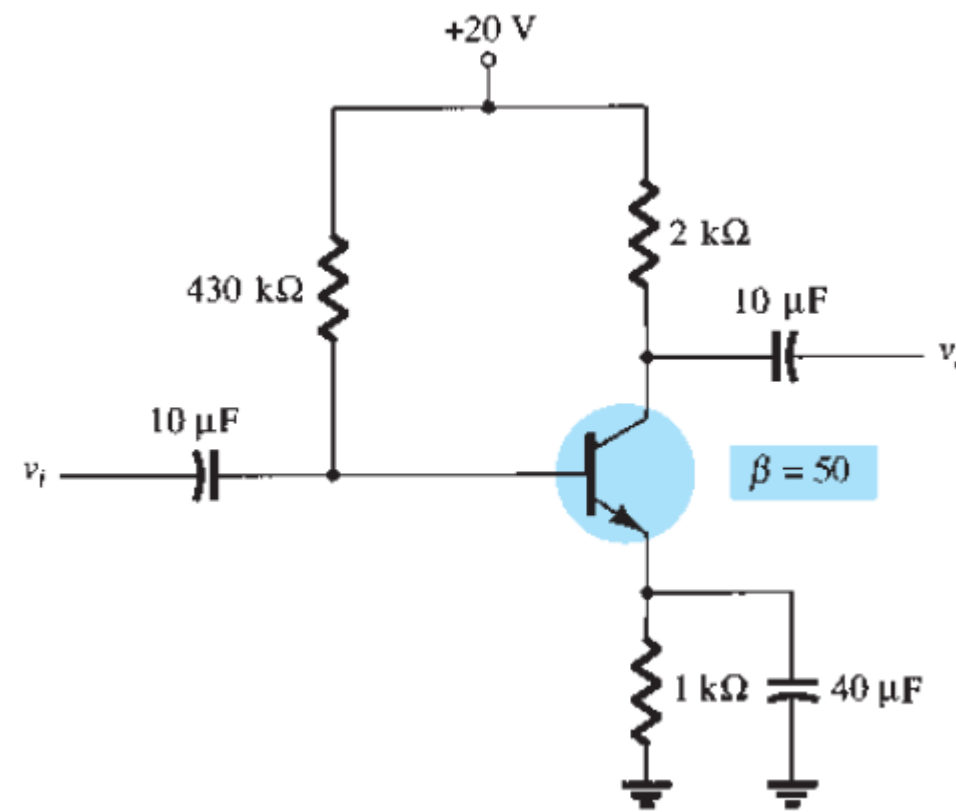
Polarização do Emissor

Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$$

$$V_{CE} = 20 - 2,01\text{m} (2\text{k} + 1\text{k}) = 13,97\text{ V}$$



Polarização do Emissor

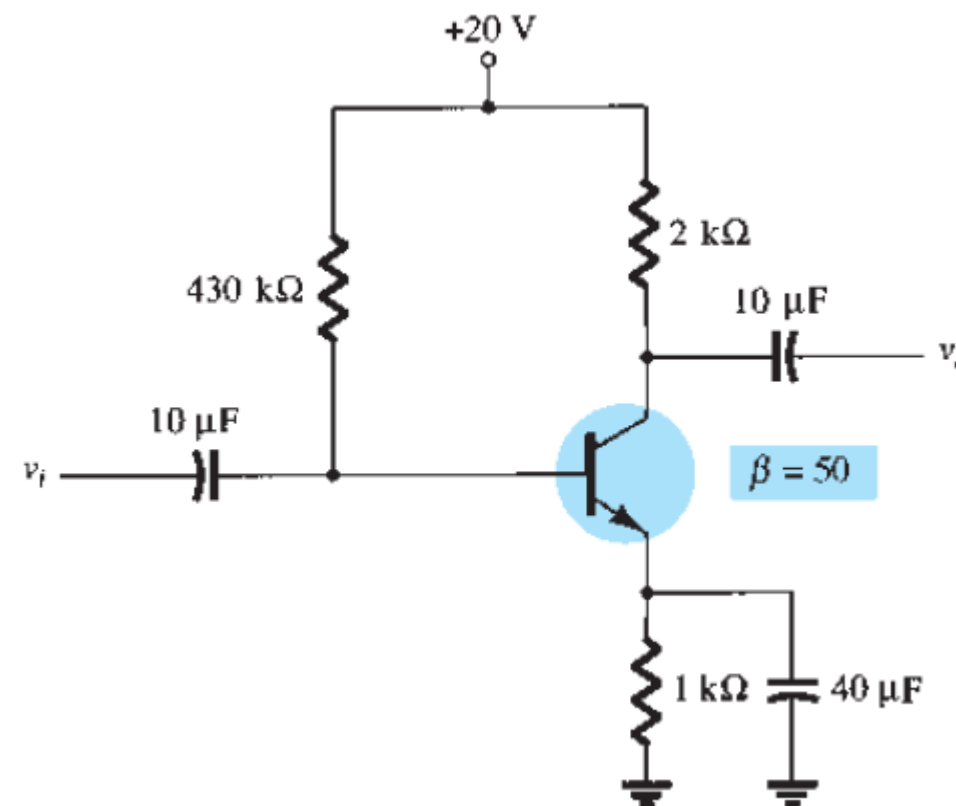
Exemplo: Para a configuração de polarização fixa determine:

- I_B e I_C
- V_{CE}
- V_{BC}

$$V_{BC} = V_{BE} + I_E \cdot R_E + R_C \cdot I_C - V_{CC}$$

$$V_{BC} = 0,7 + 2,01\text{m} \cdot 1\text{k} + 2,01\text{m} \cdot 2\text{k} - 20$$

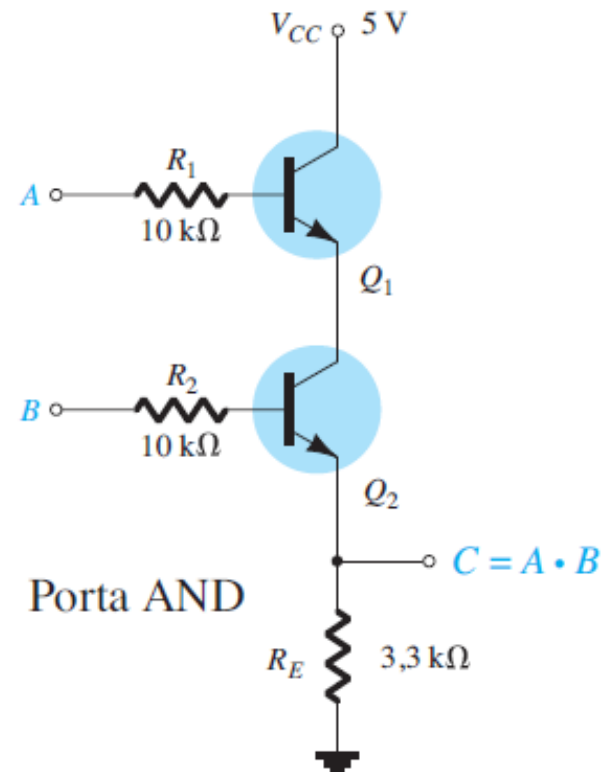
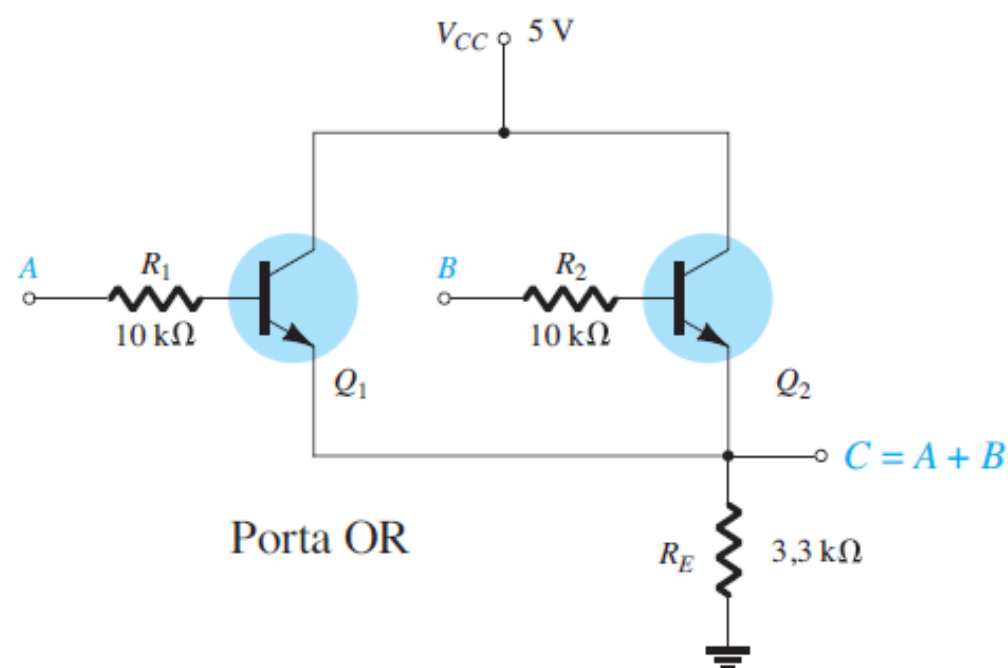
$$V_{BC} = -13,27 \text{ V}$$



Transistores Portas Lógicas

Portas Lógicas

Para implementar as portas lógicas, os transistores trabalham nas regiões de corte ($I_C = 0$ A) ou saturação ($V_{CE} = 0$ V).



Bibliografia

BOYLESTAD, R. L. Introdução à Análise de Circuitos. Prentice-Hall. São Paulo, 2004.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. 6ª edição, Prentice Hall do Brasil, 1998.

CIPELLI, Antonio Marco Vicari; MARKUS, Otavio; SANDRINI, Waldir João. Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos. 18 ed. São Paulo: Livros Erica, 2001. 445 p. ISBN 8571947597.