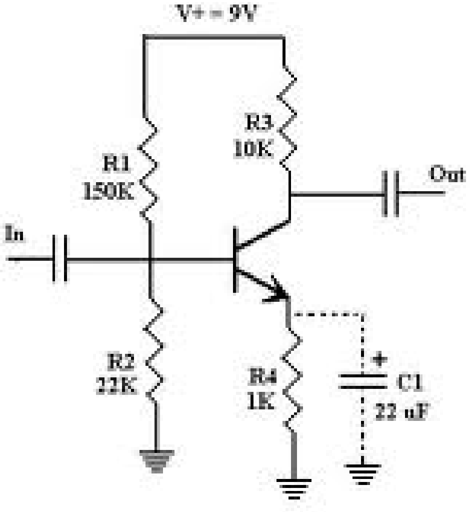
TBJ – Transistor Bipolar de Junção



Conteúdo

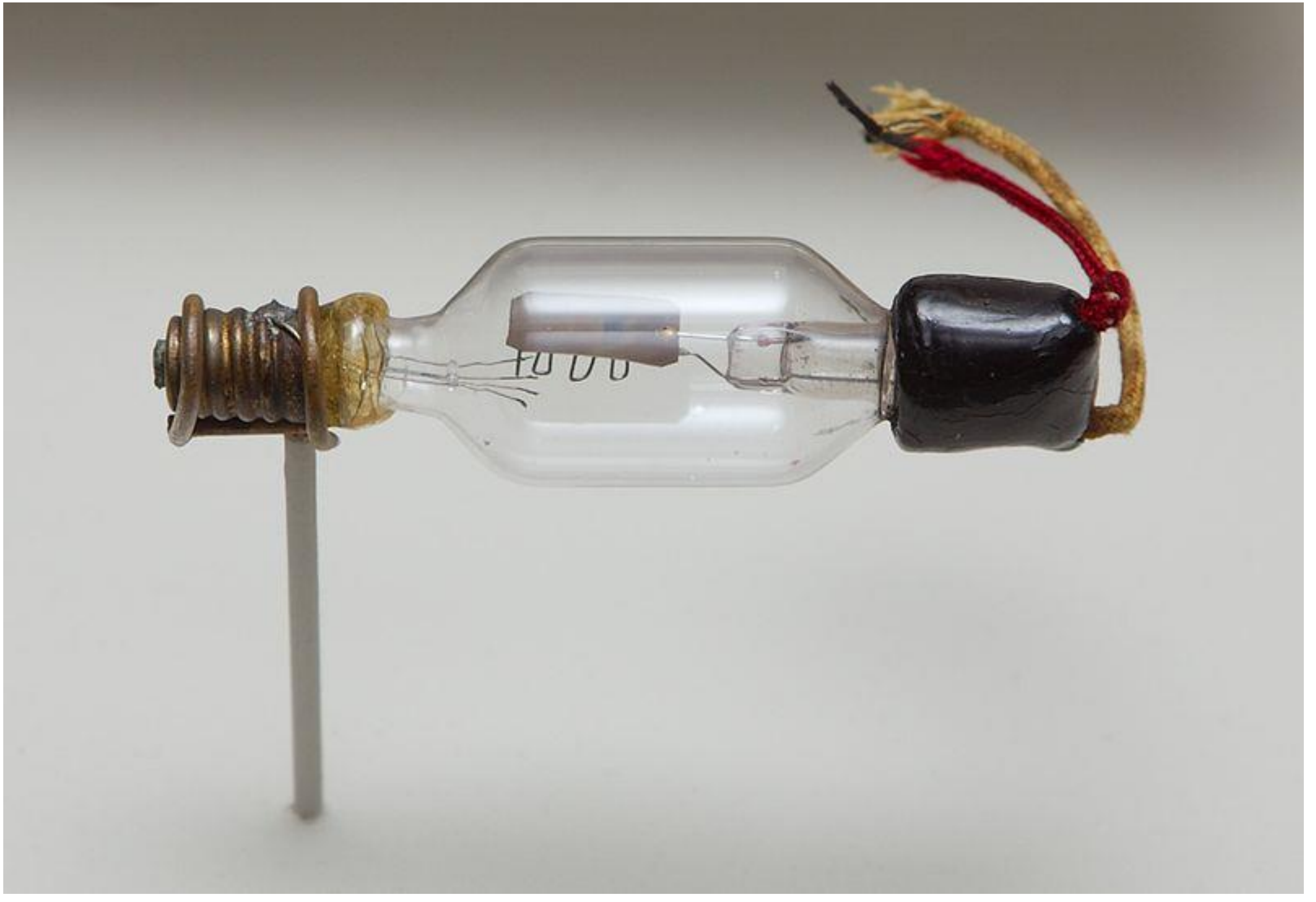
- Válvulas
- O primeiro Transistor
- Estrutura do TBJ
- Operação do TBJ
  - Polarização
  - Configurações

Antes do TBJ

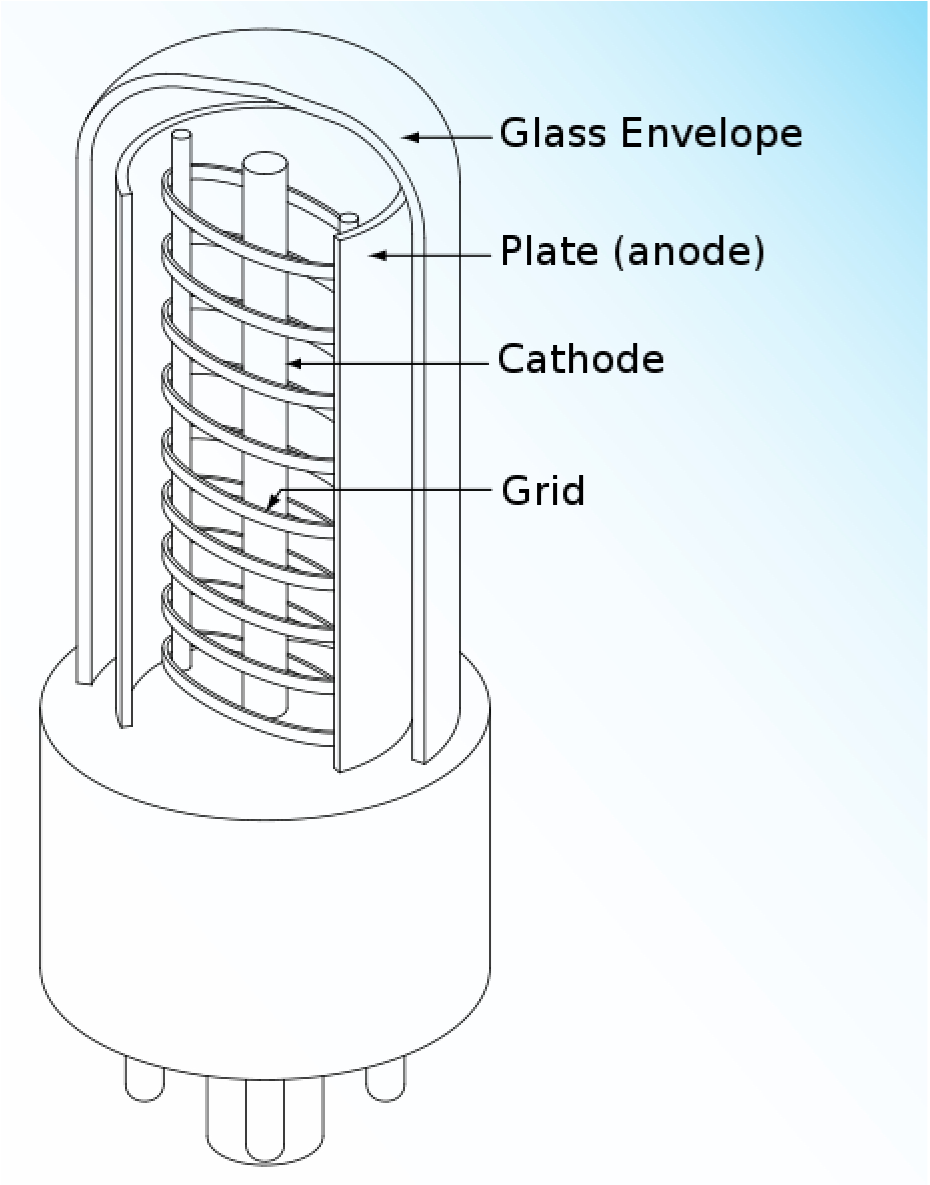
- 1904 – 1947: Válvula
- Primeiro Triodo
- Amplificação de sinais
- Muito grande
- Precisava aquecer para funcionar
- Esquentava (baixa eficiência energética)
- Altas tensões

Válvula

1908 - Lee De Forest



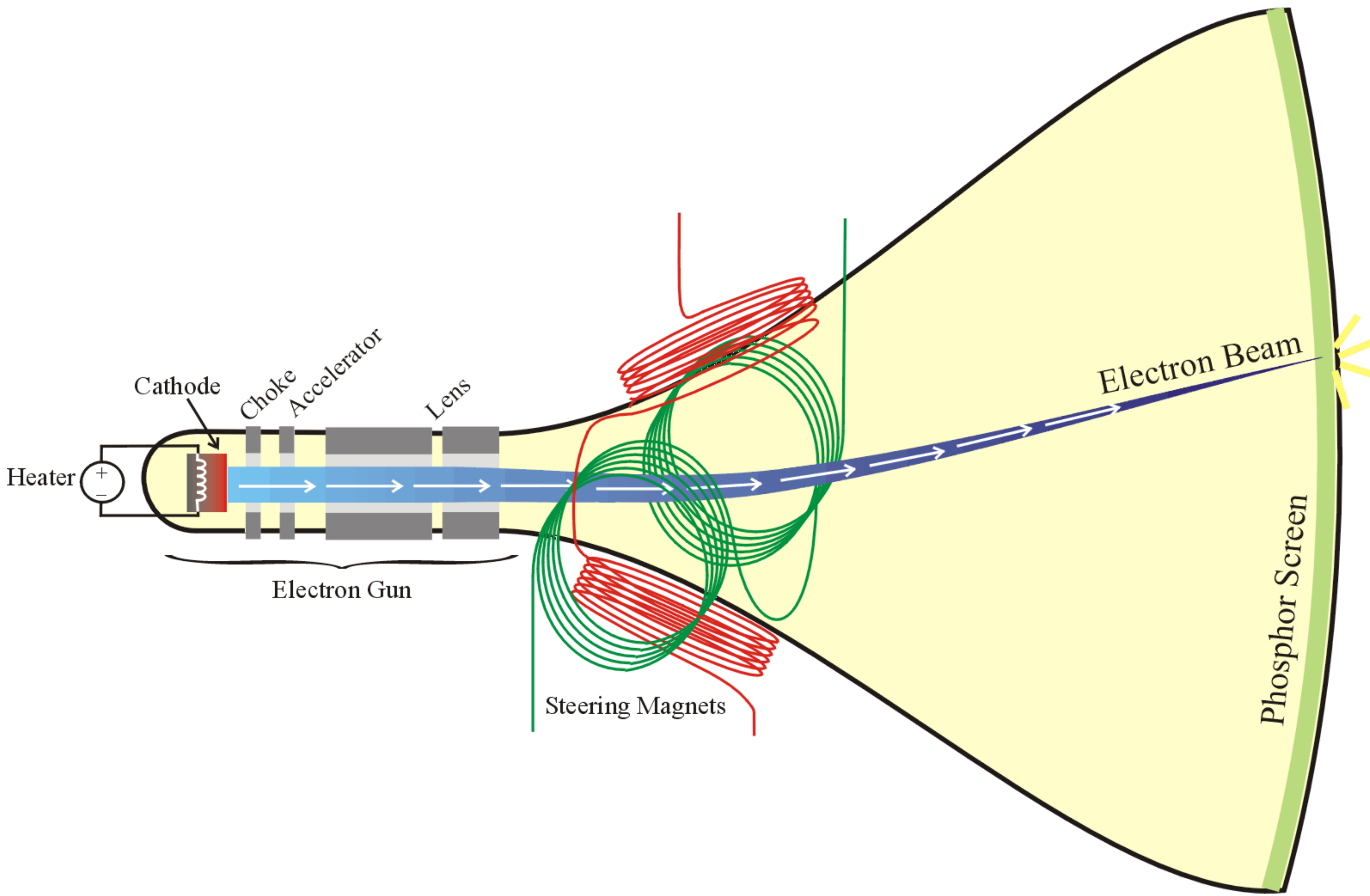
Válvula



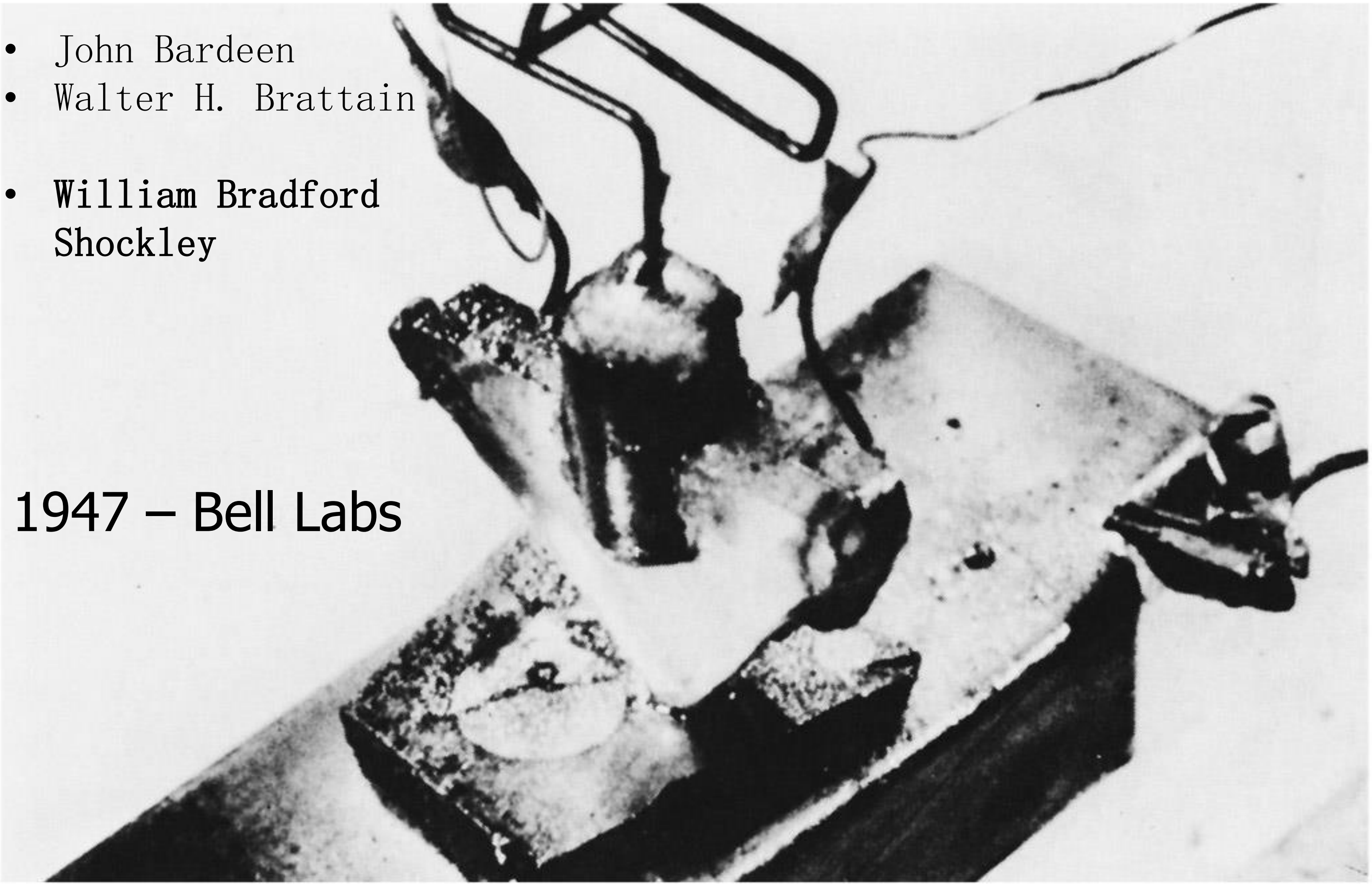
WARNING!: RISK OF HAZARDOUS ENERGY
AVIS!: ENERGIE ELECTRIQUE DANGEREUSE!
EFFECTS LOOP
BYPASS
ACTIVE
LEVEL
BYPASS
RETURN
SEND
SPEAKERS
CONNECT SPEAKERS BEFORE USE
OUTPUT: 50 WATTS RMS
SELECTOR
4Ω
8Ω
16Ω
OUTPUT
SELECTOR
110V
220V
230V
MAINS
MAINS INPUT
110V ~ 60Hz
175 Watts
MAINS FUSE
T2A 230V
T4A 110V
H.T. FUSE
T500mA
MADE IN ENGLAND BY MARSHALL AMPLIFICATION PLC
BLETCHLEY, MILTON KEYNES, ENGLAND

CRT

CRT


Cathode
Choke
Accelerator
Lens
Heater
Electron Gun
Steering Magnets
Electron Beam
Phosphor Screen

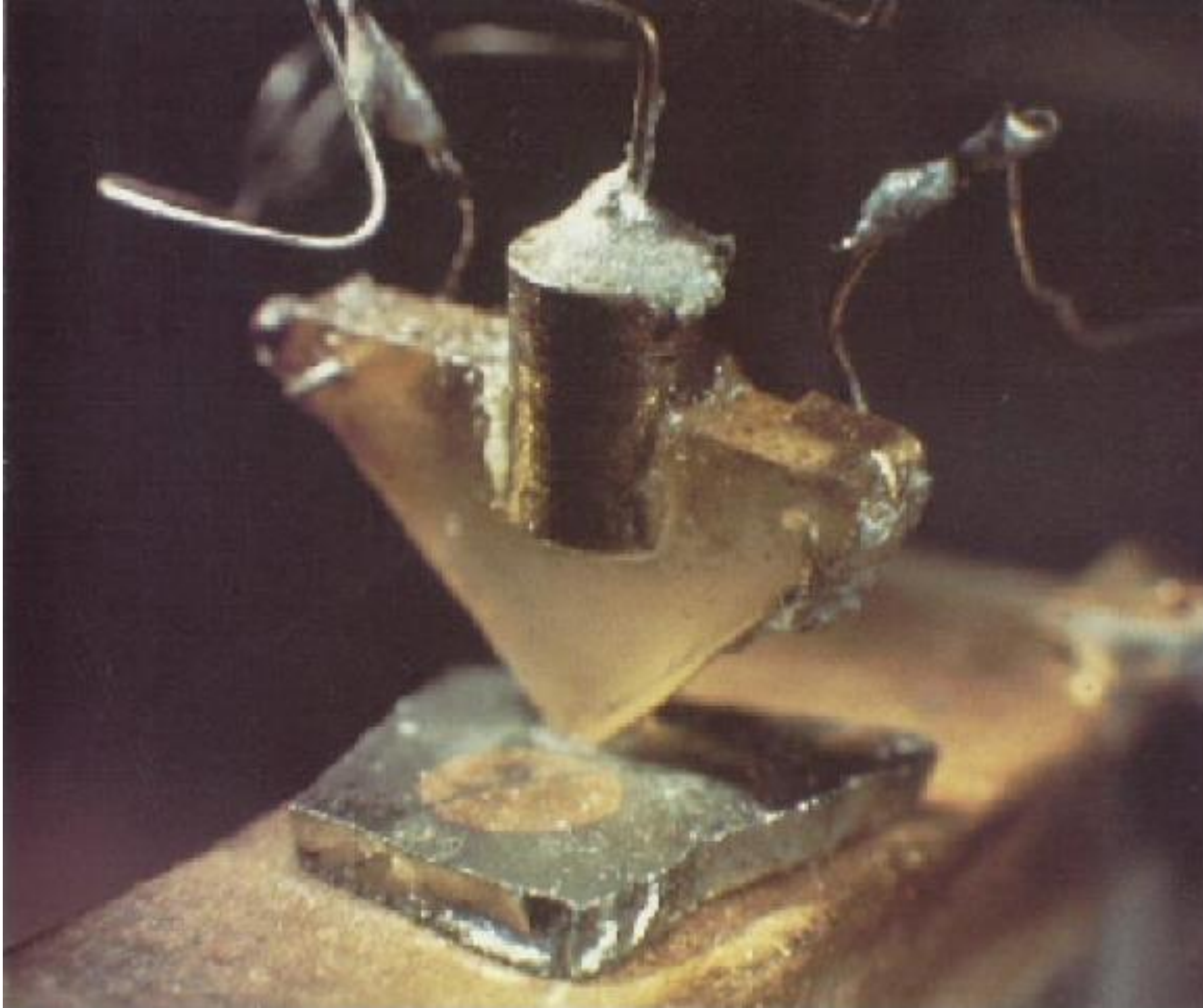
Primeiro Transistor (*Point-Contact Transistor*)

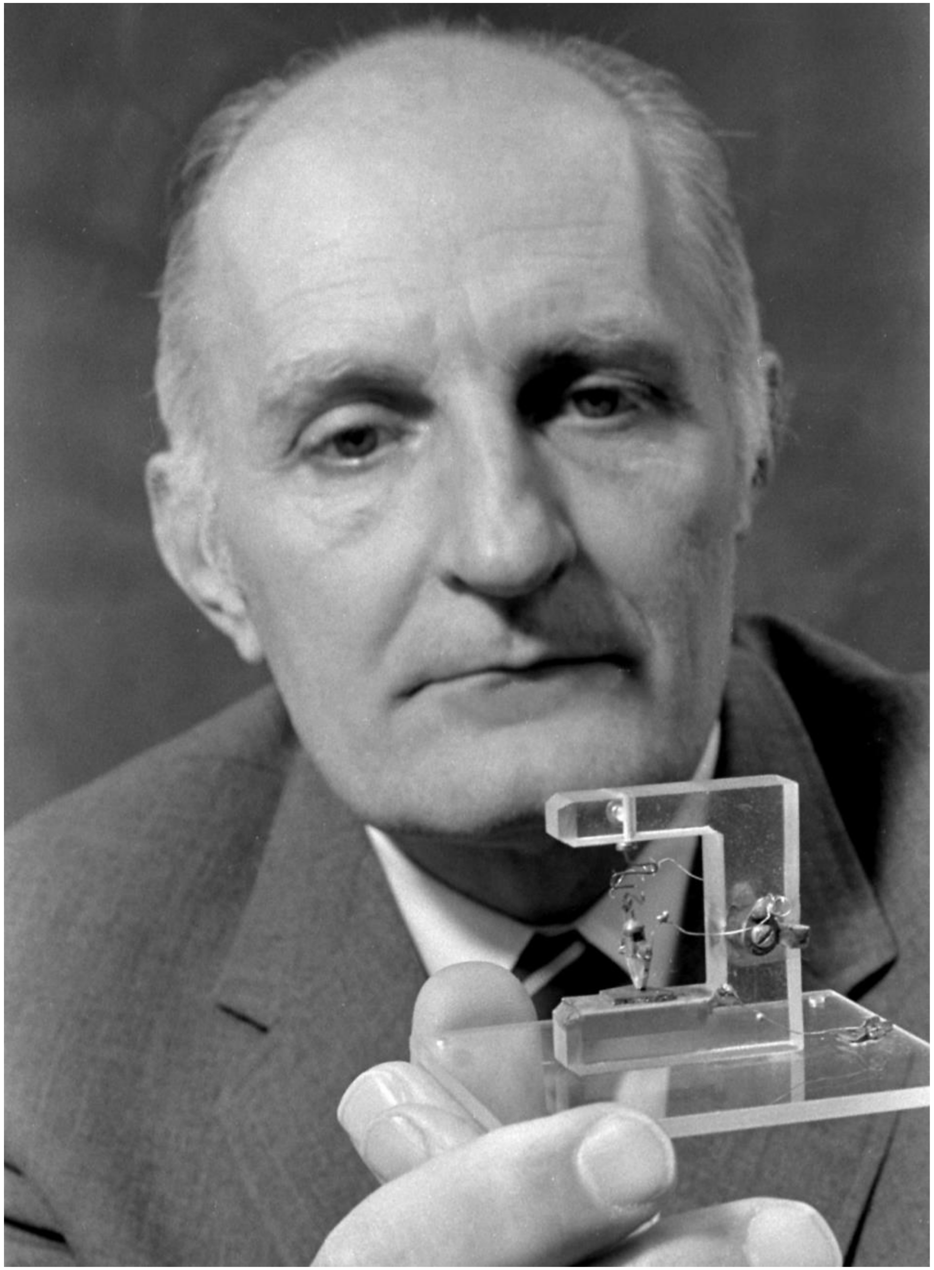


- John Bardeen
- Walter H. Brattain

- **William Bradford Shockley**

1947 – Bell Labs



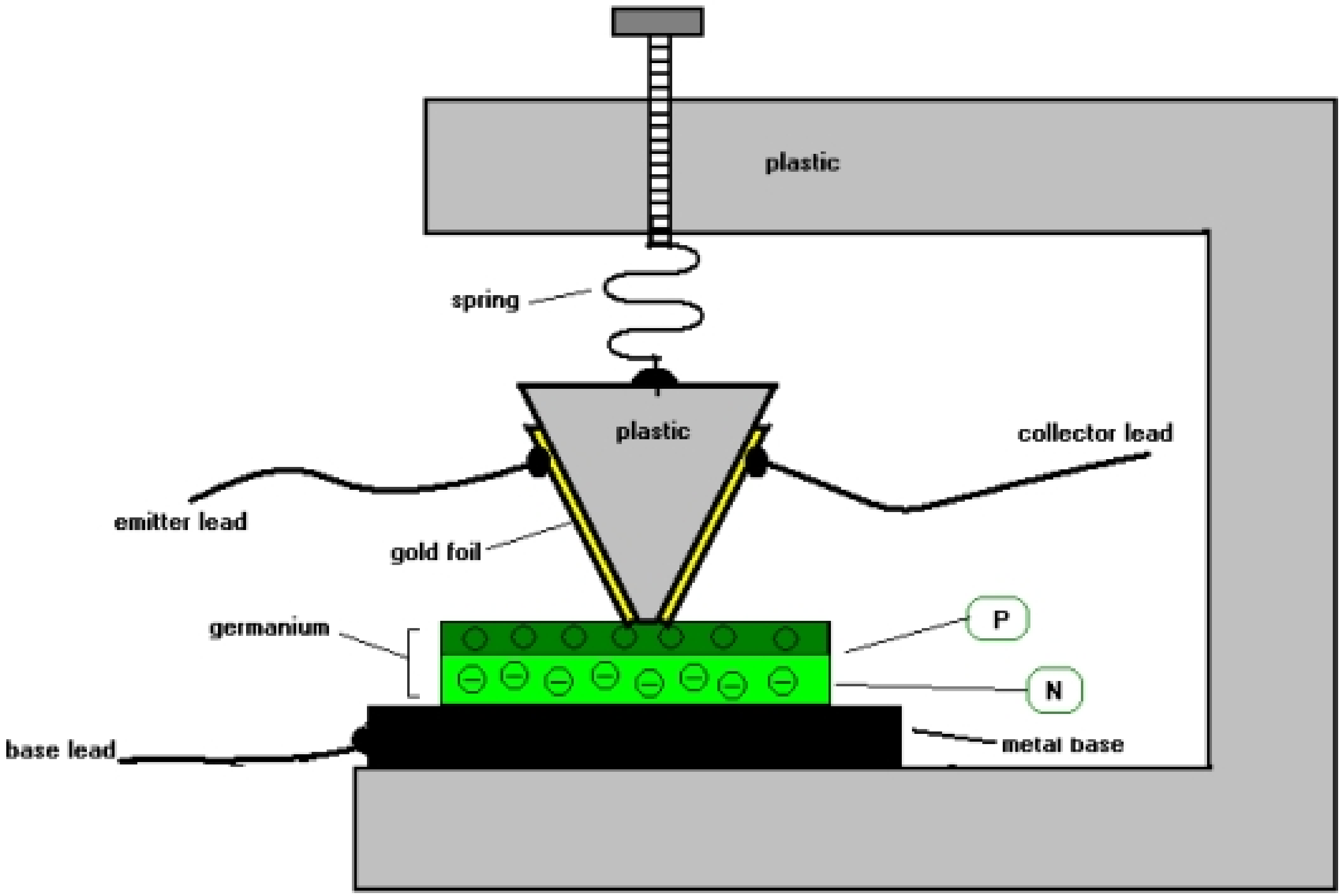


Morgan Sparks segurando um protótipo do primeiro transistor.

Fonte: http://www.embarcados.com.br/a-historia-do-primeiro-transistor/

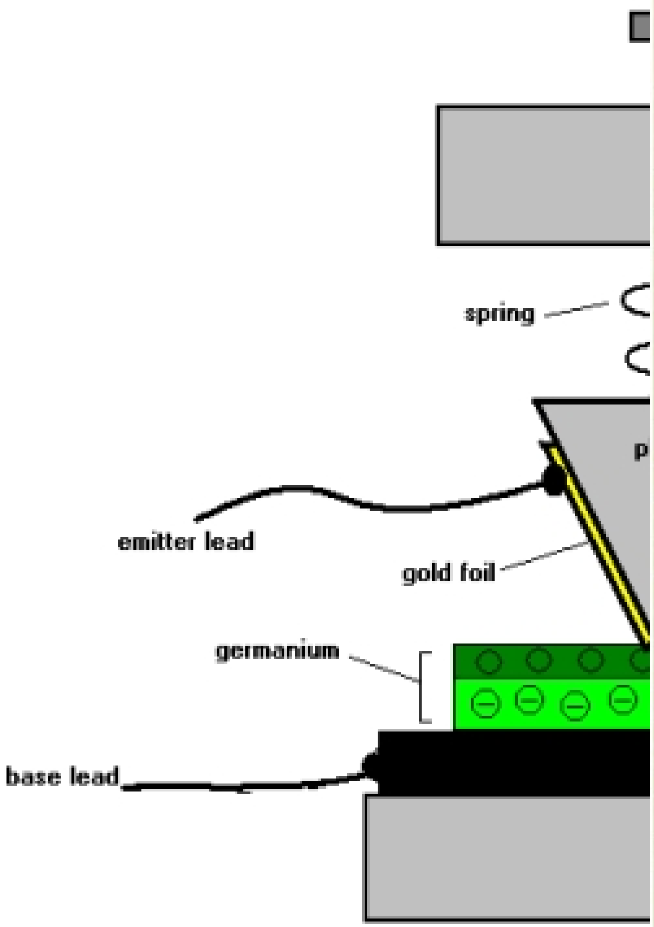
Primeiro Transistor (*Point-Contact Transistor*)

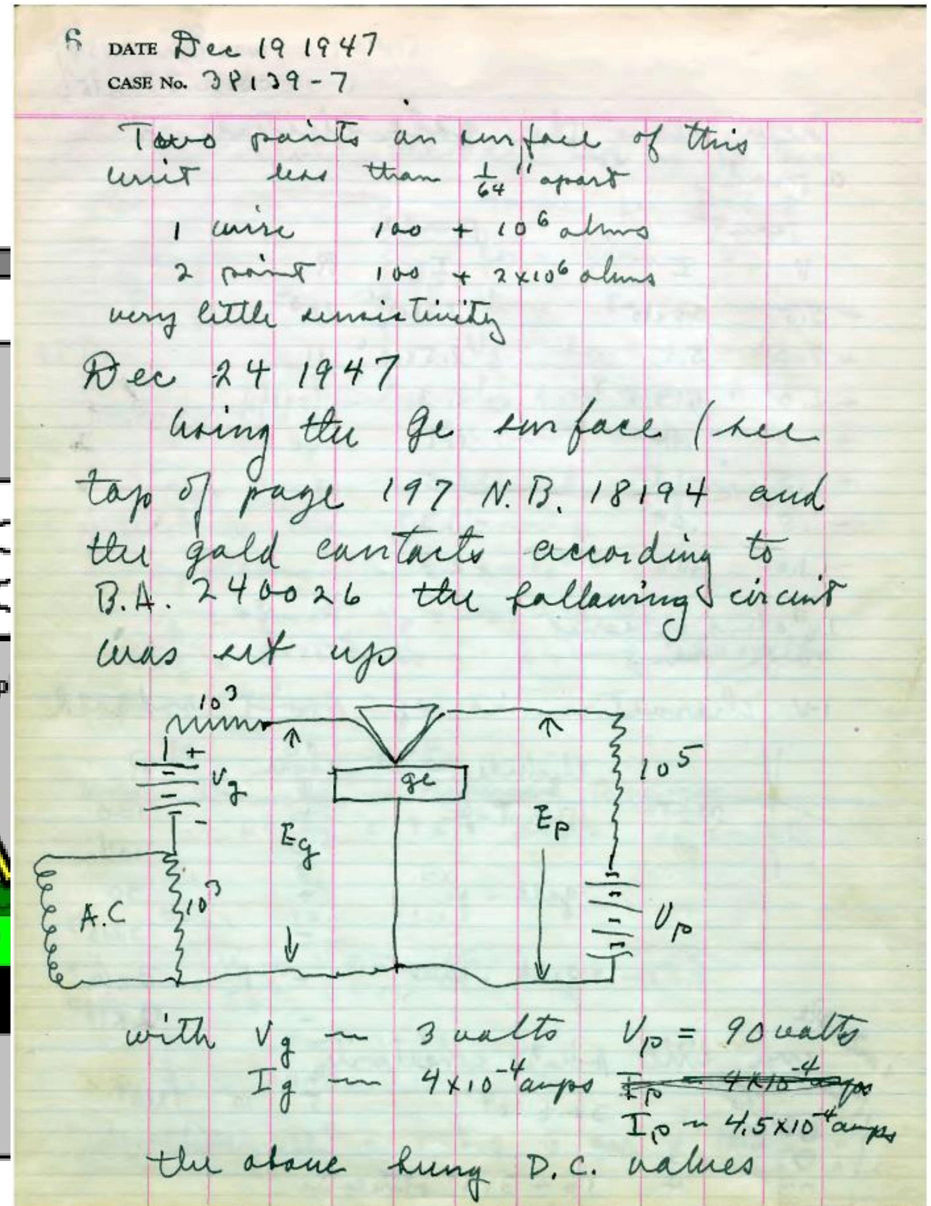
1947 – Bell Labs



Primeiro Transistor (*Point-Contact Transistor*)

1947 – Bell Labs




6 DATE Dec 19 1947
CASE No. 38139-7

Two points on surface of this unit less than $\frac{1}{64}$" apart

1 wire 100 + 10^6 ohms

2 point 100 + 2×10^6 ohms

very little sensitivity

Dec 24 1947

Using the Ge surface (see top of page 197 N.B. 18194 and the gold contacts according to B.A. 240026 the following circuit was set up

with $V_g \sim 3$ volts $V_p = 90$ volts

$I_g \sim 4 \times 10^{-4}$ amps $\cancel{I_p \sim 4 \times 10^{-4} \text{ amps}}$

$I_p \sim 4.5 \times 10^{-4}$ amps

the above being D.C. values

TBJ – **T**ransistor **B**ipolar de **J**unção

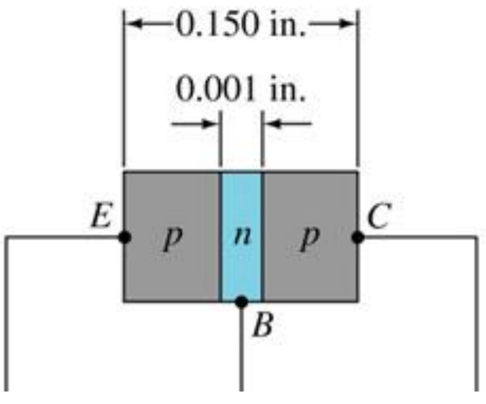
“Aplicando uma carga elétrica apenas no polo positivo, nada acontecia: o germânio atuava como um isolante, bloqueando a corrente.

Porém, quando era aplicada tensão também no filamento de controle, o bloco de germânio se tornava condutor e a carga elétrica passava a fluir para o polo negativo.

Haviam criado um dispositivo que substituía a válvula, que não possuía partes móveis, gastava uma fração da eletricidade e, ao mesmo tempo, era muito mais rápido.”

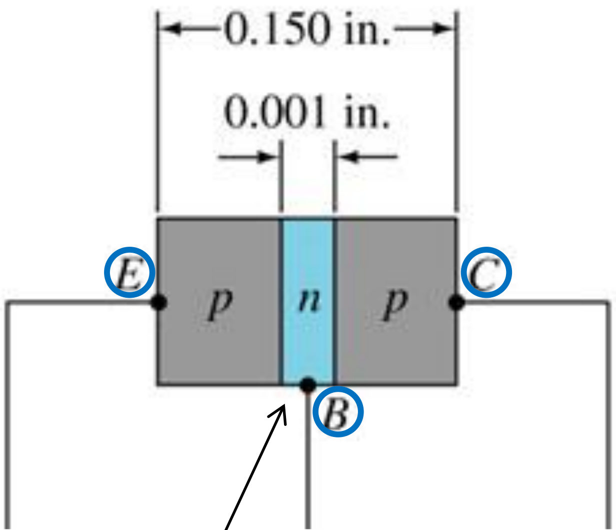
Fonte: *http://www.hardware.com.br/guias/historia-informatica/transistor.html*

TBJ – **T**ransistor **B**ipolar de **J**unção

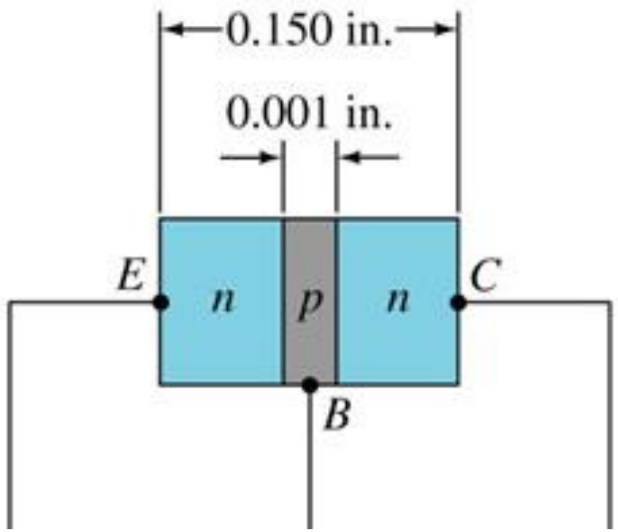


- Estrutura
- Funcionamento
- Polarização (alimentação)
- Amplificação de sinais
- Chave digital (porta lógica)

TBJ – Estrutura

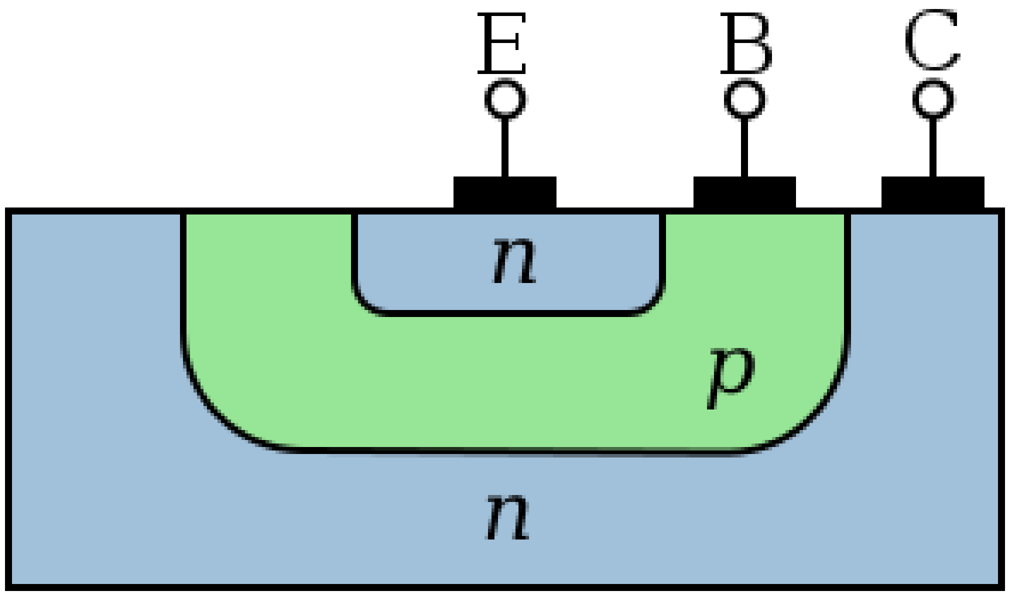


Emissor
Base
Coletor

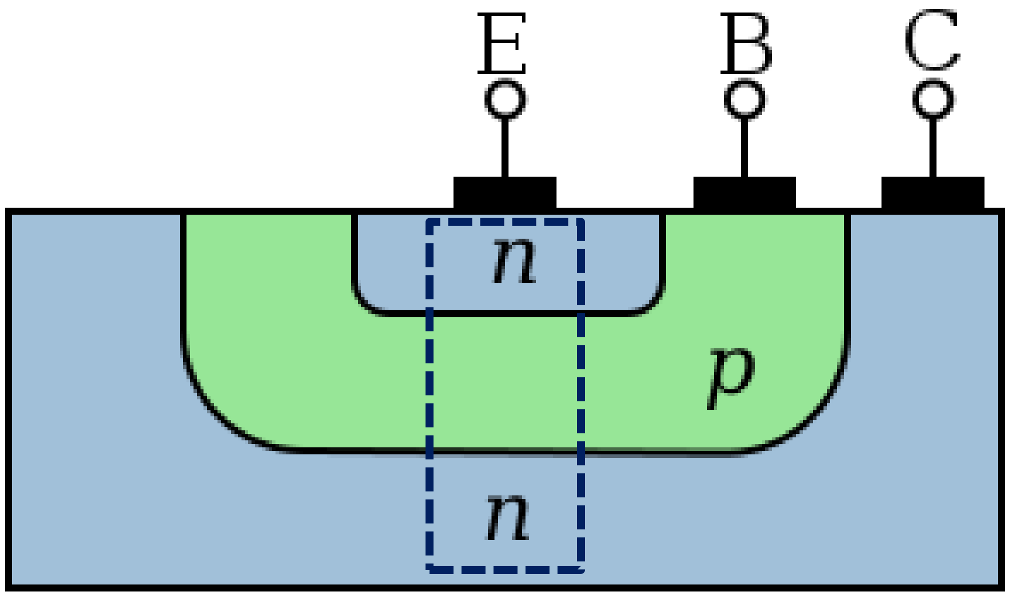


Região central: baixa dopagem e muito estreita

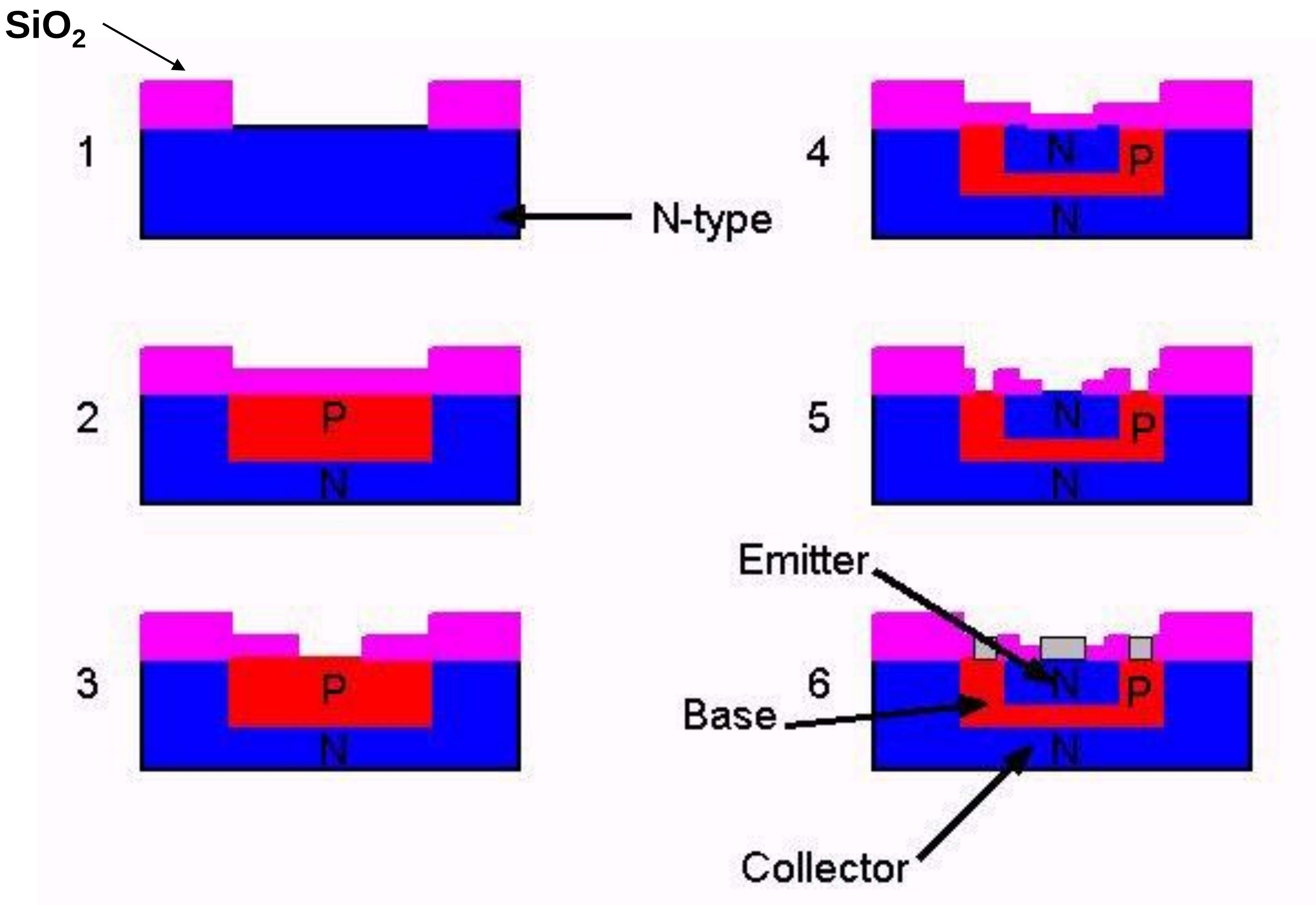
TBJ – Estrutura



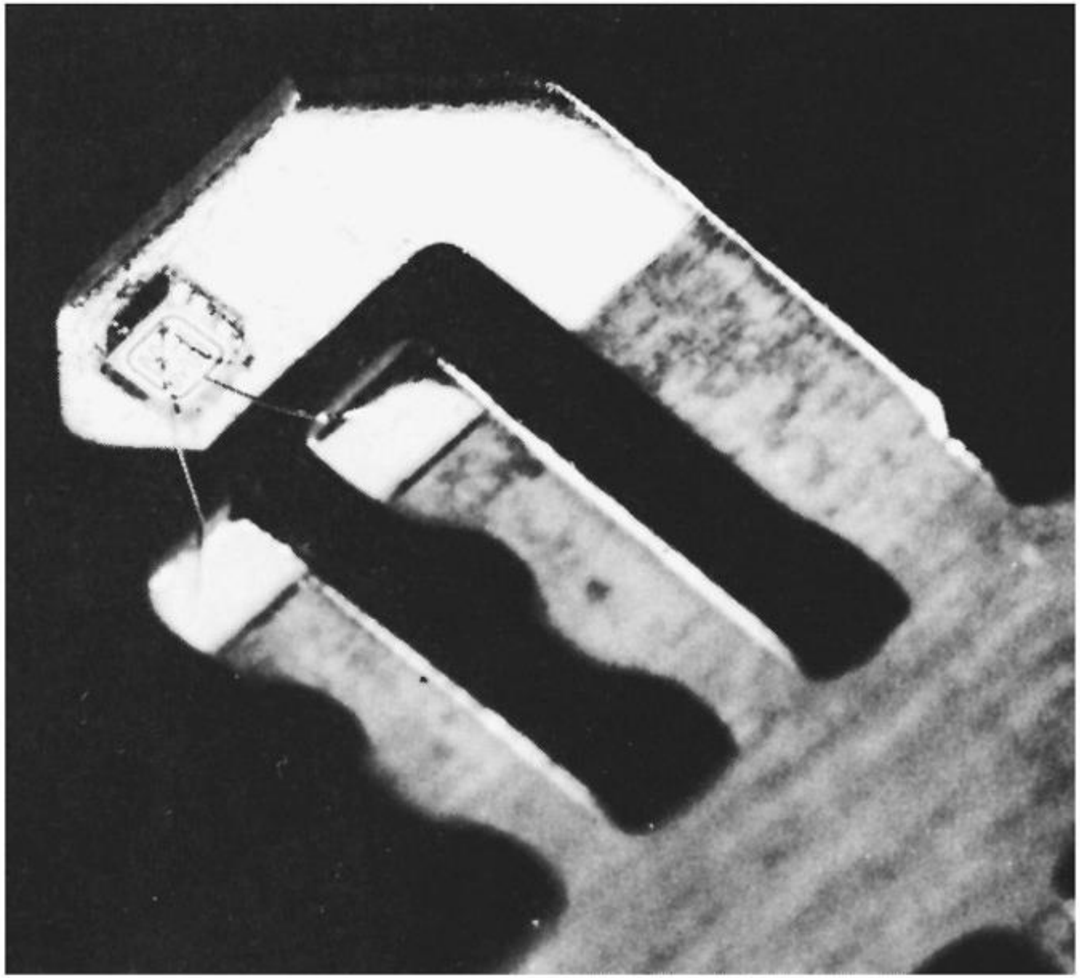
TBJ – Estrutura



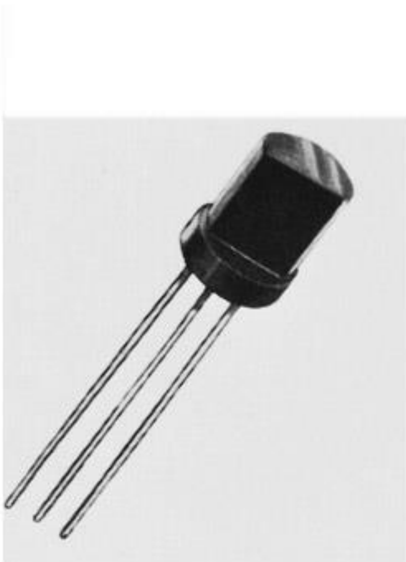
TBJ – Fabricação



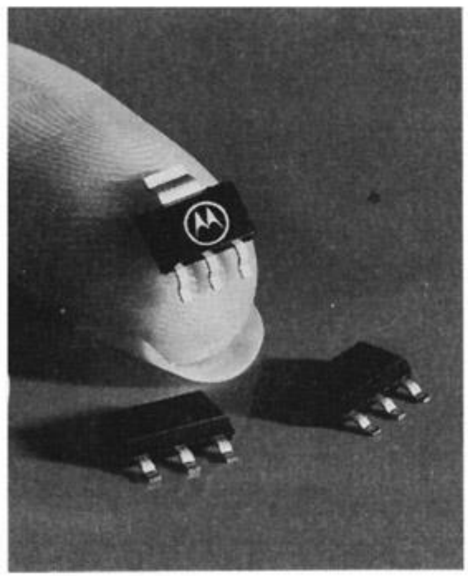
TBJ – Dispositivo



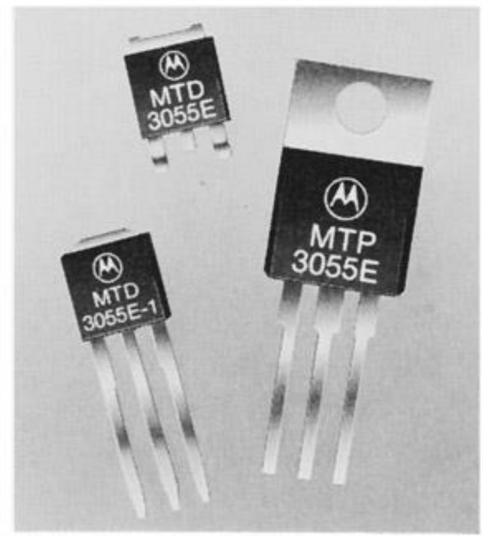
TBJ – Dispositivo



(a)



(b)

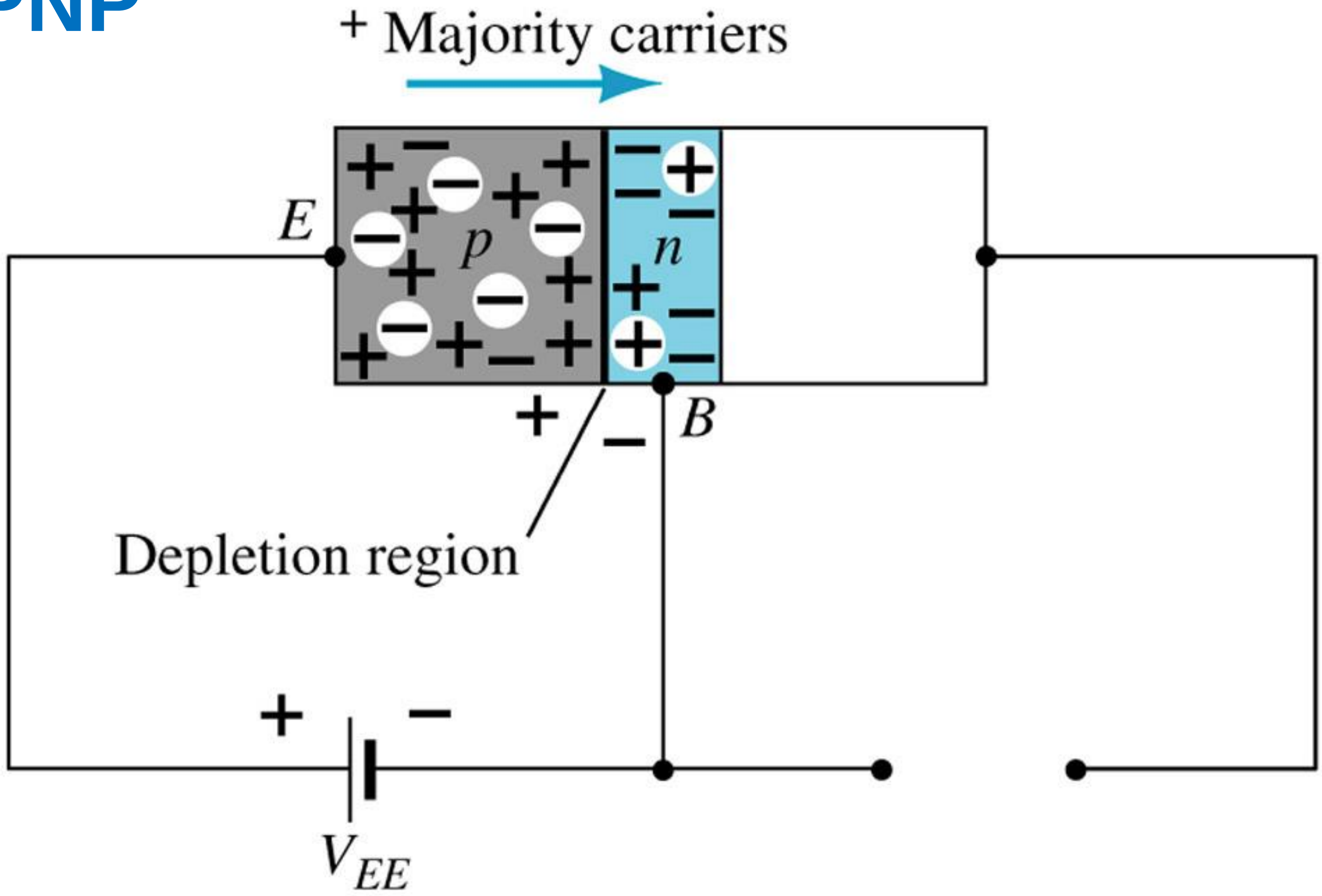


(c)

(d)

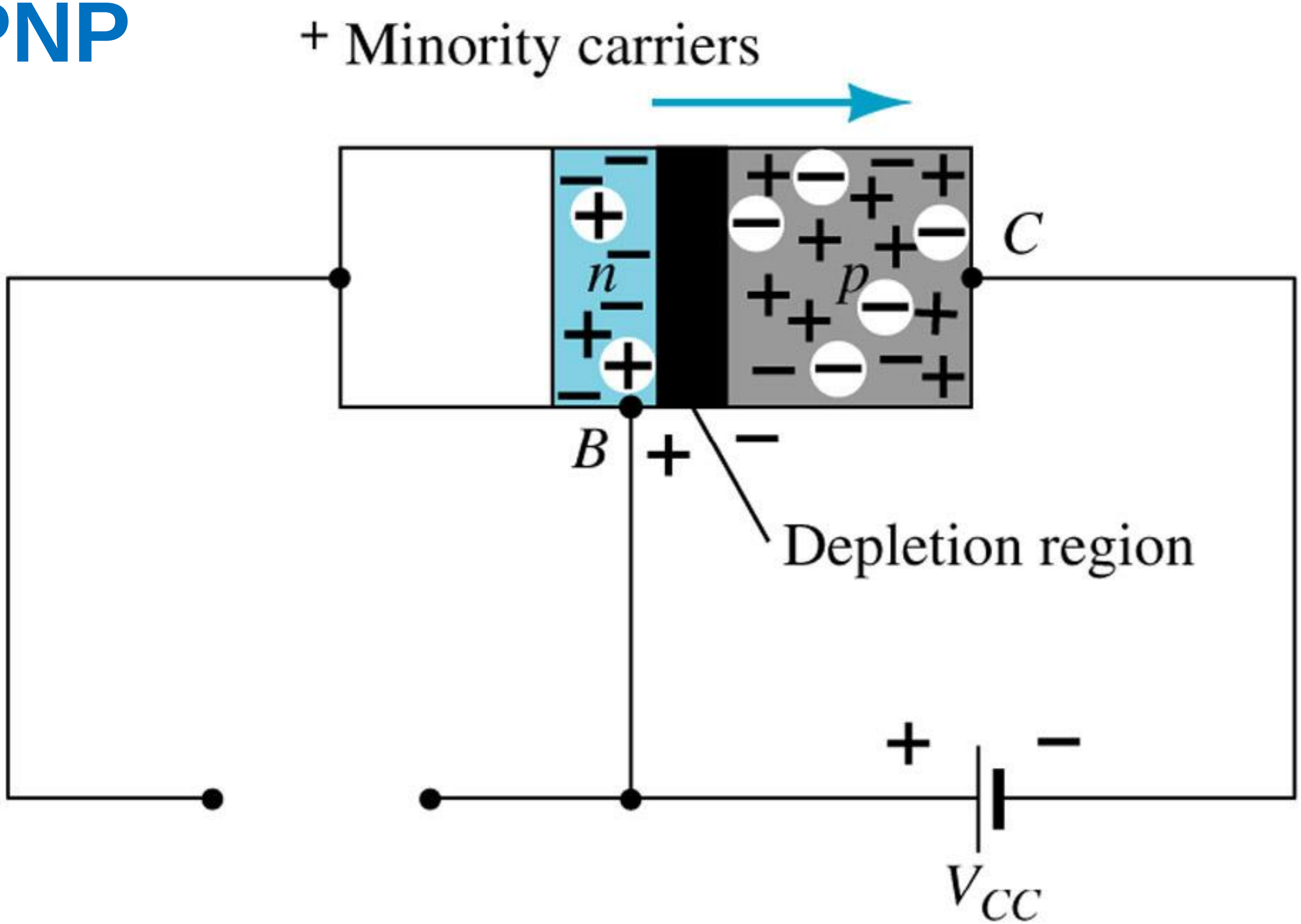
TBJ – Operação

PNP

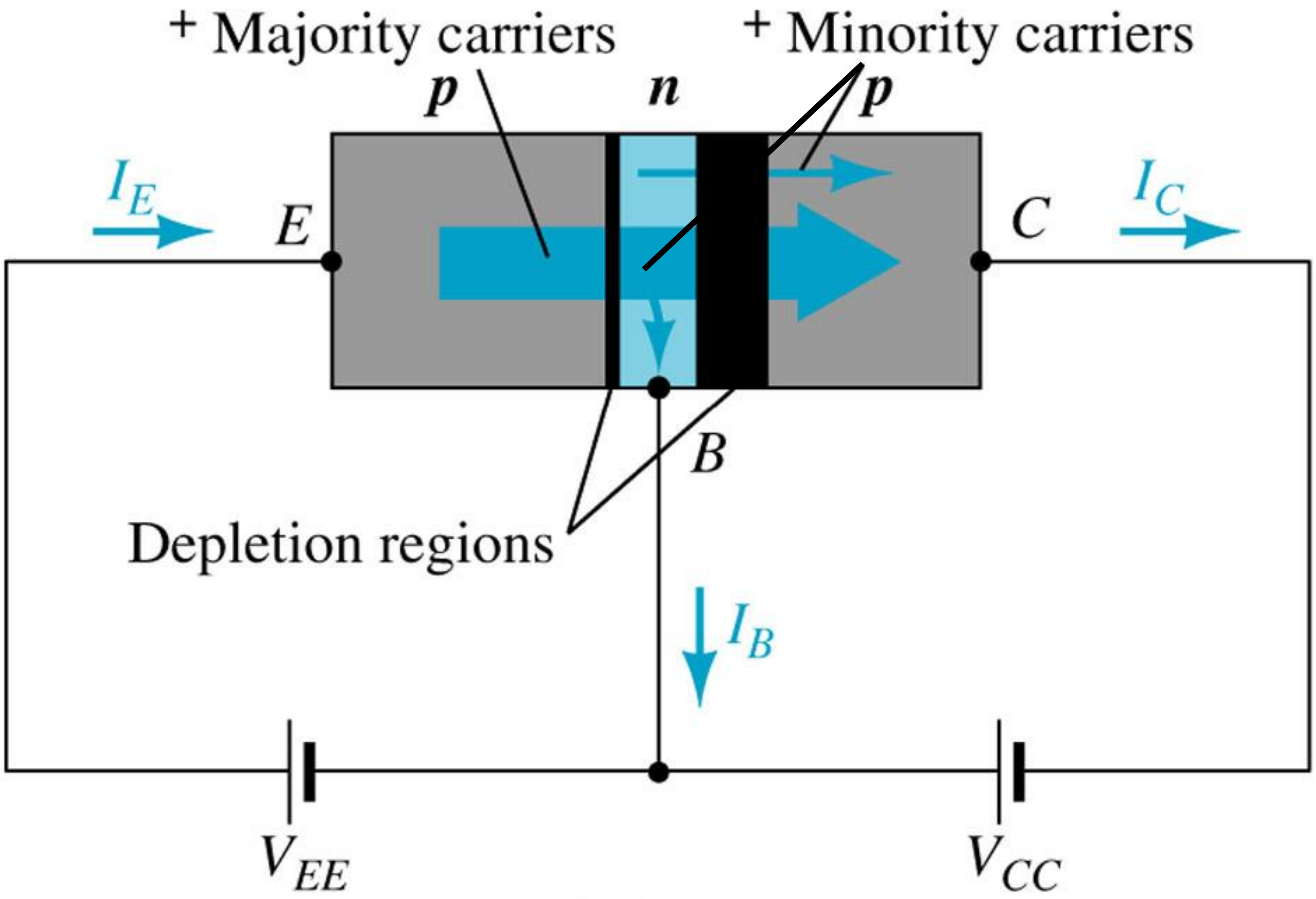


TBJ – Operação

PNP

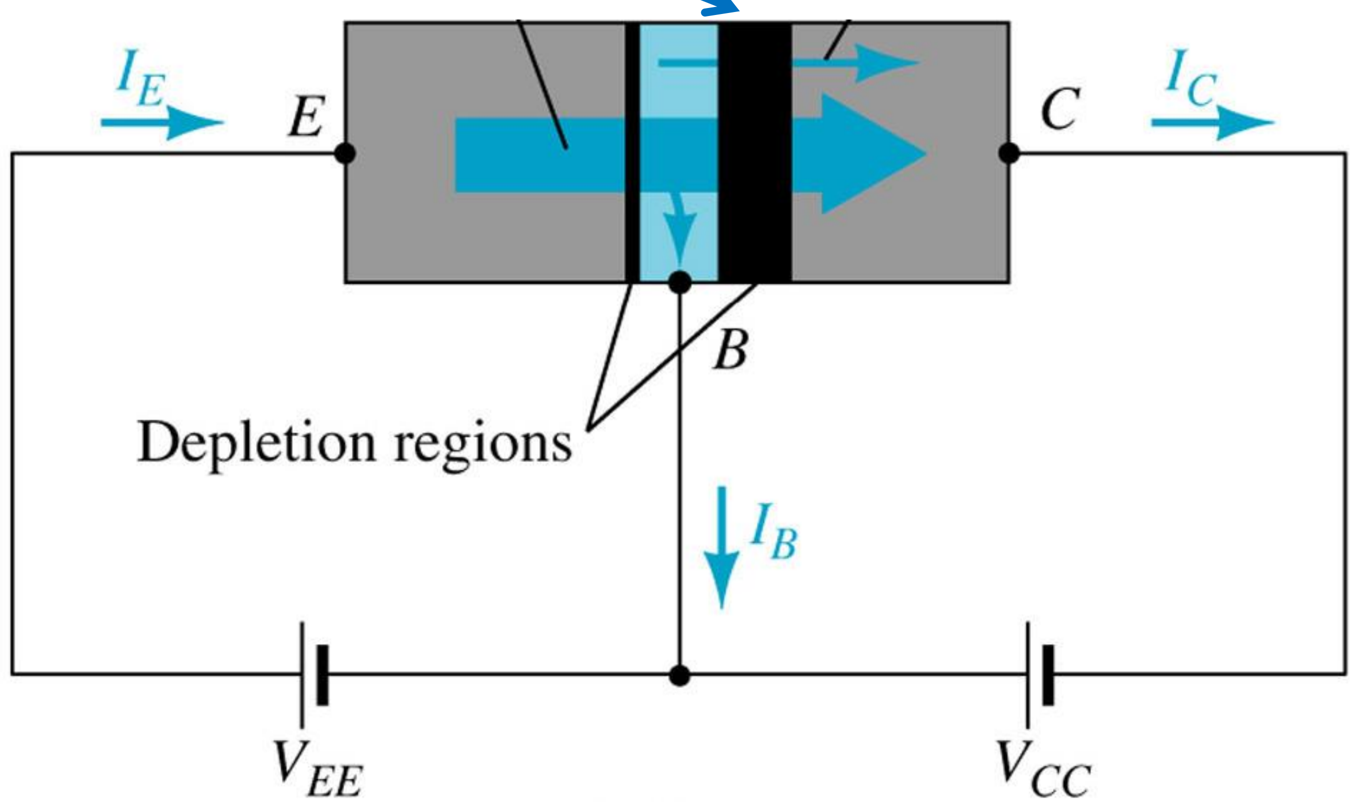


TBJ – Operação



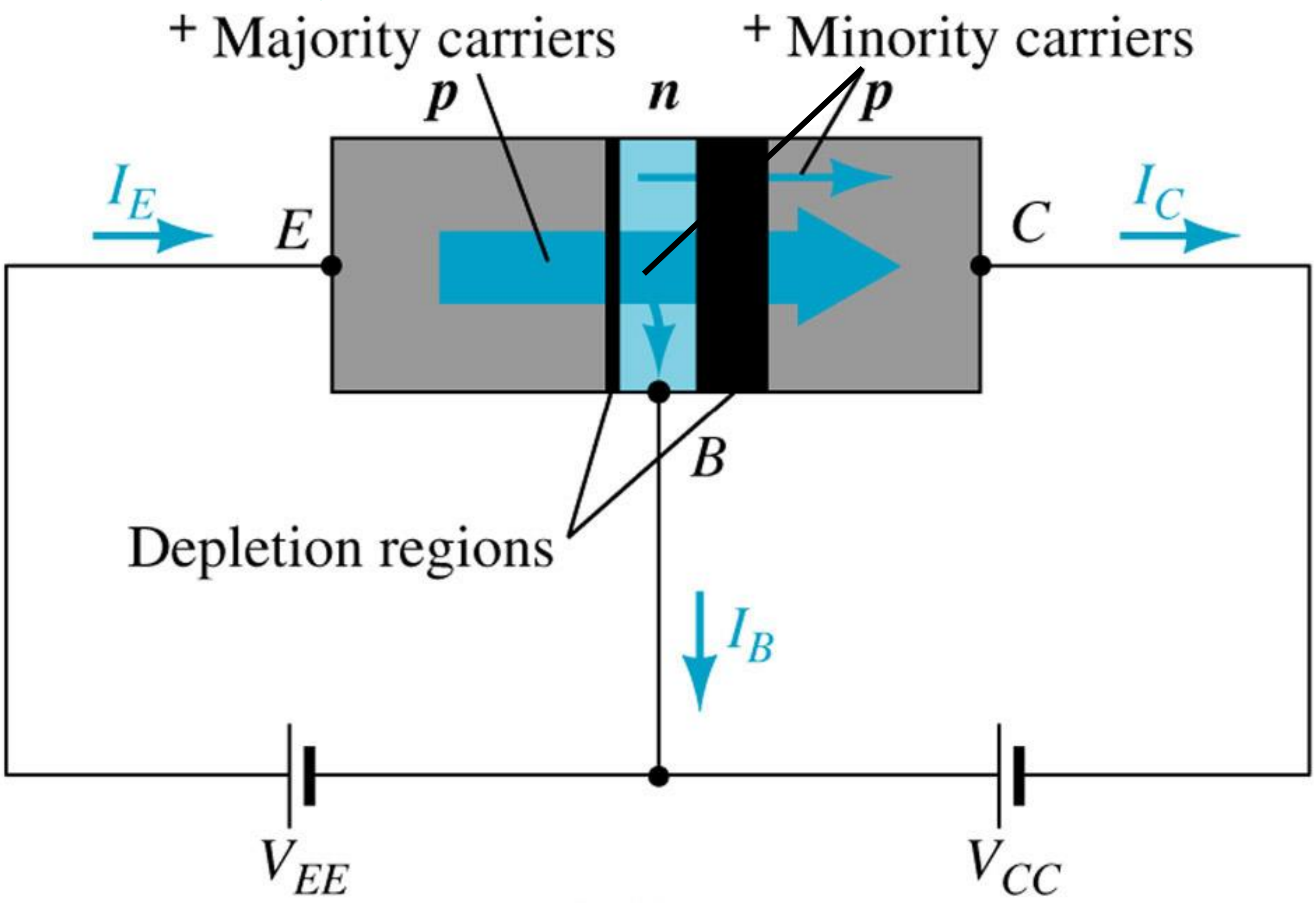
TBJ – Operação

Portadores minoritários atravessam a junção inversamente polarizada



TBJ – Operação

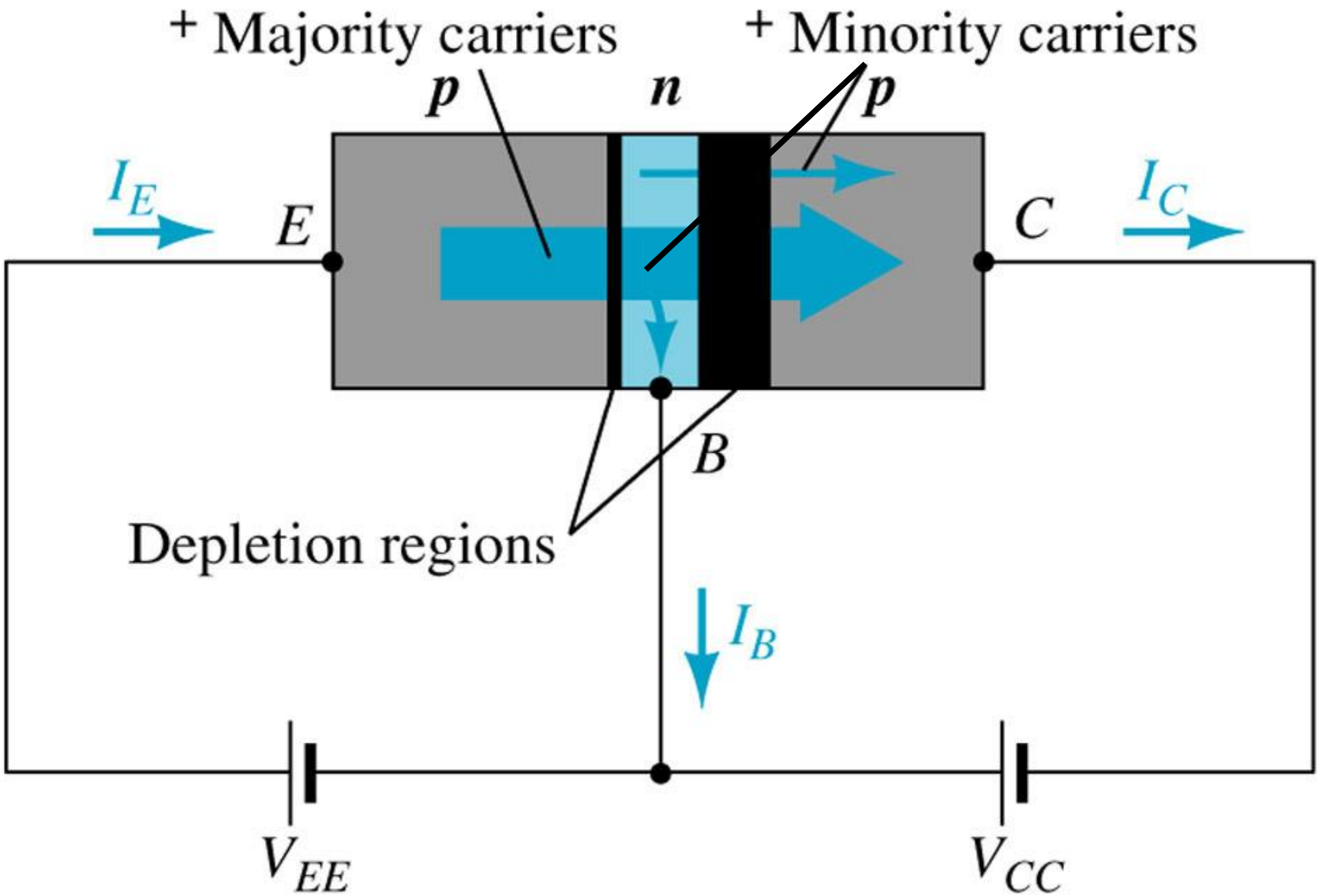
Bipolar



$$I_E = I_C + I_B$$

TBJ – Operação

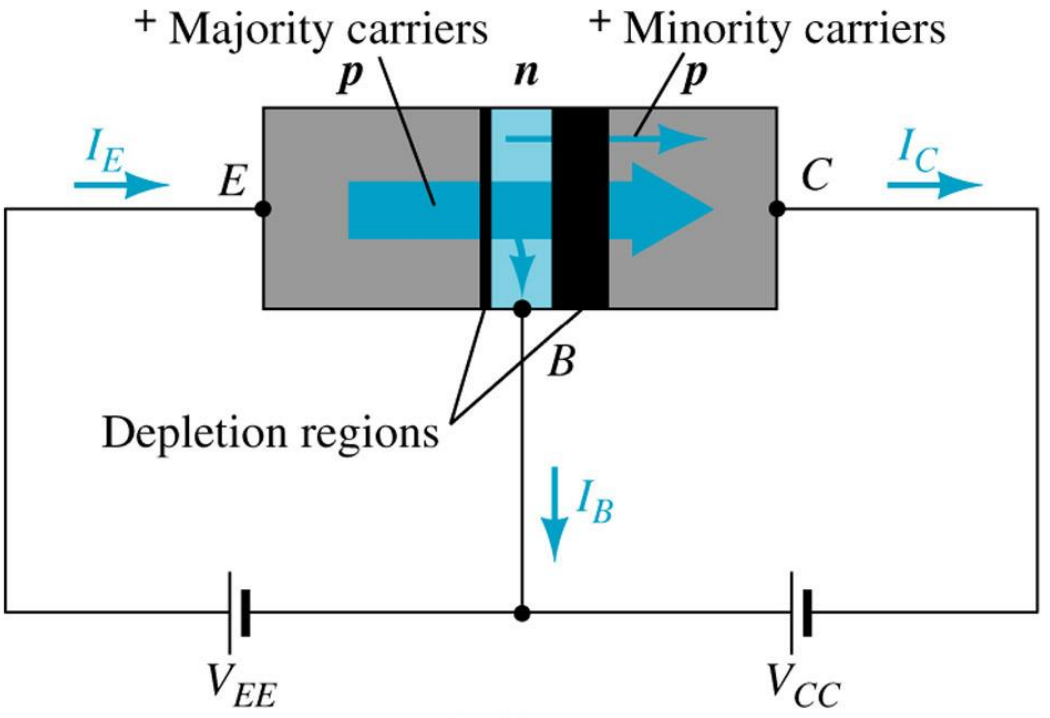
Bipolar



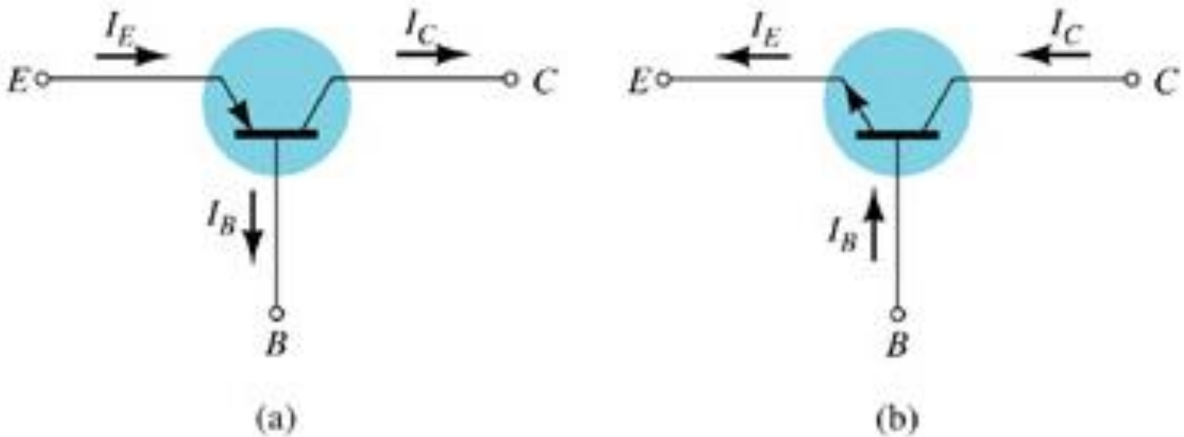
$$I_C \cong I_E$$ *Aproximação*

TBJ – Polarização

Uma das junções PN do TBJ é reversamente polarizada, enquanto a outra é diretamente polarizada



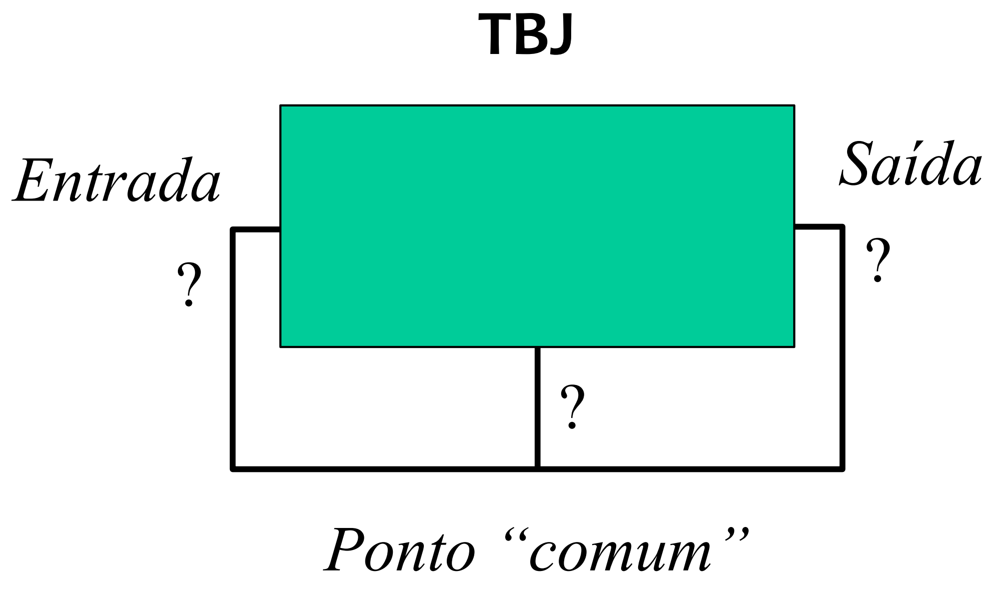
Símbolos e convenções



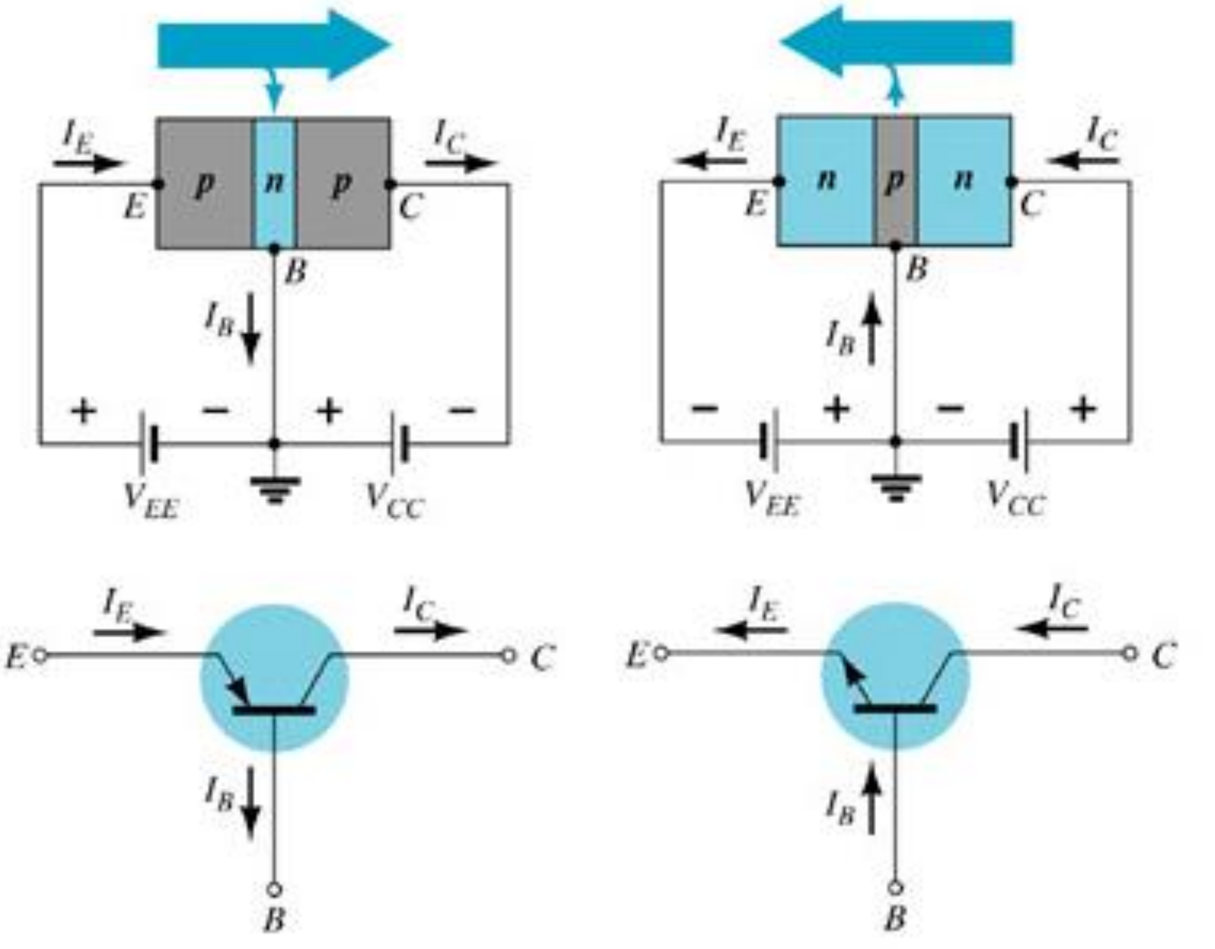
A seta define o sentido da corrente do emissor segundo a notação convencional

Configurações do TBJ

- Base Comum
- Coletor Comum
- Emissor Comum



Configuração Base Comum

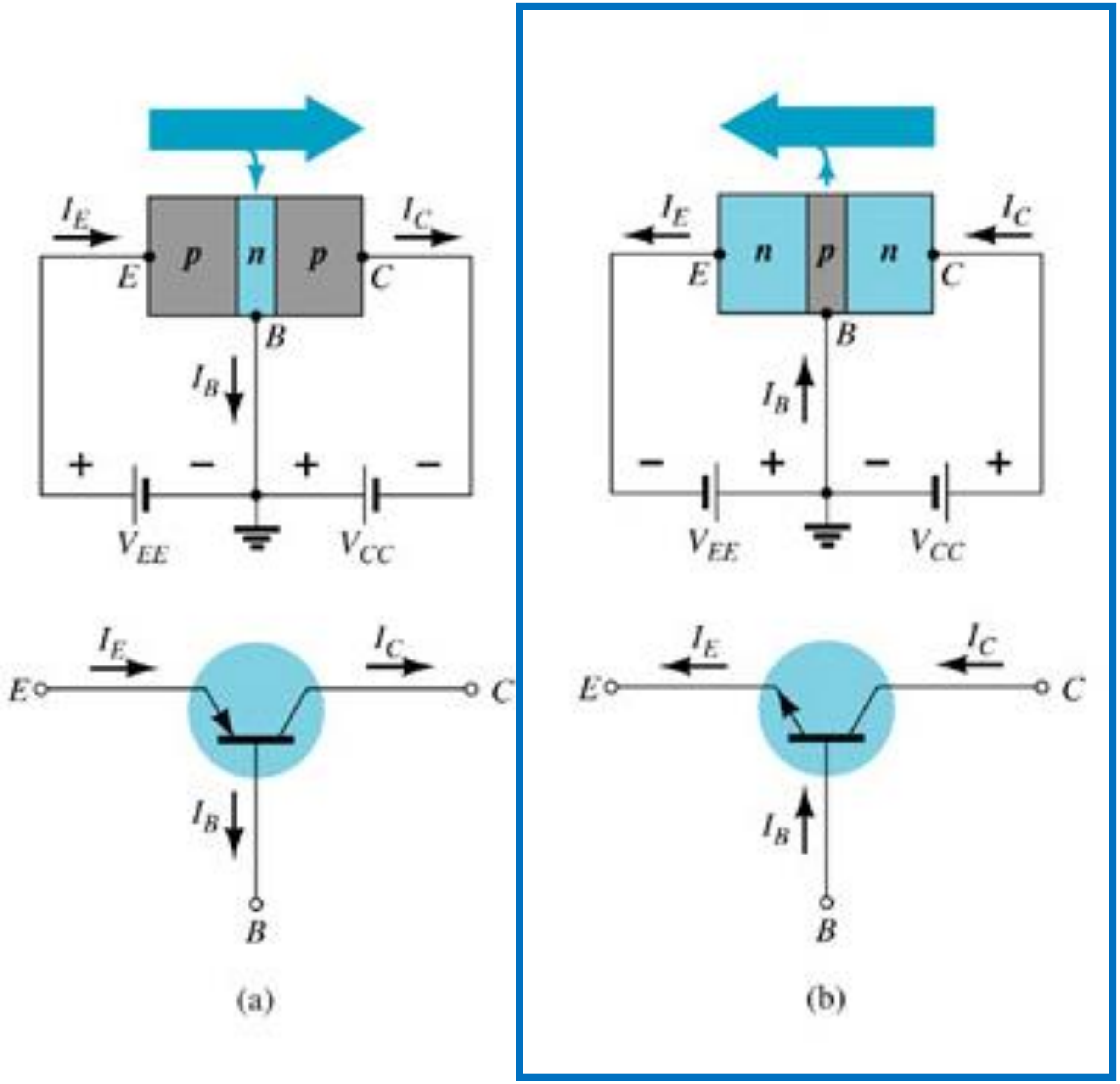


(a)

(b)

A Base é comum tanto à entrada quanto à saída

Configuração Base Comum



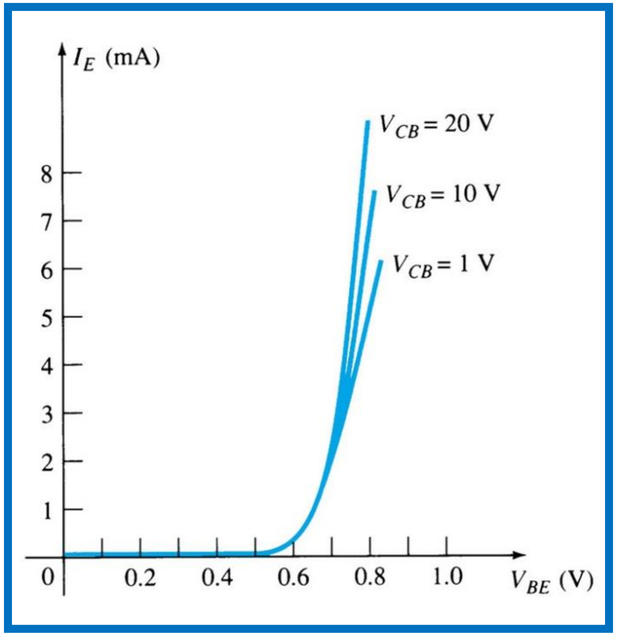
A Base é comum tanto à entrada quanto à saída

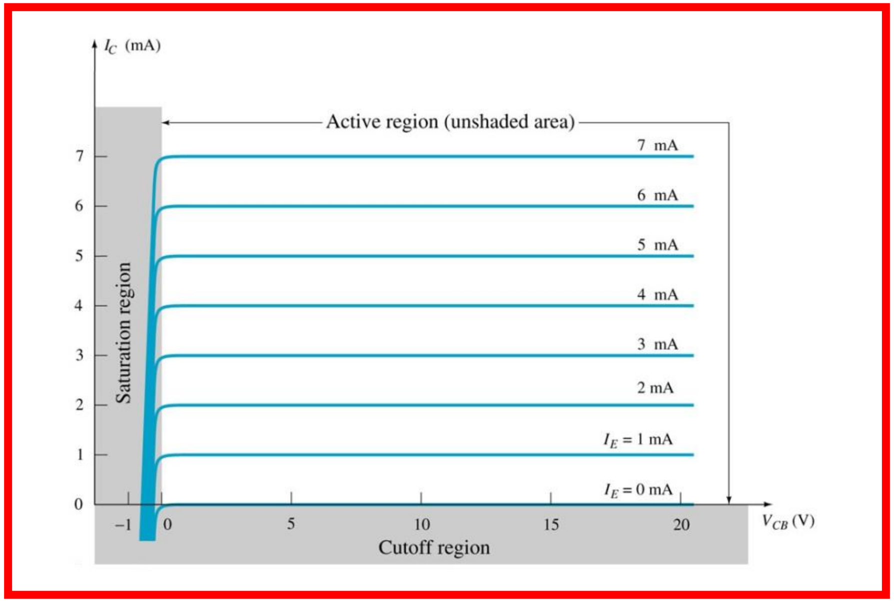
Configuração Base Comum

Caracterização

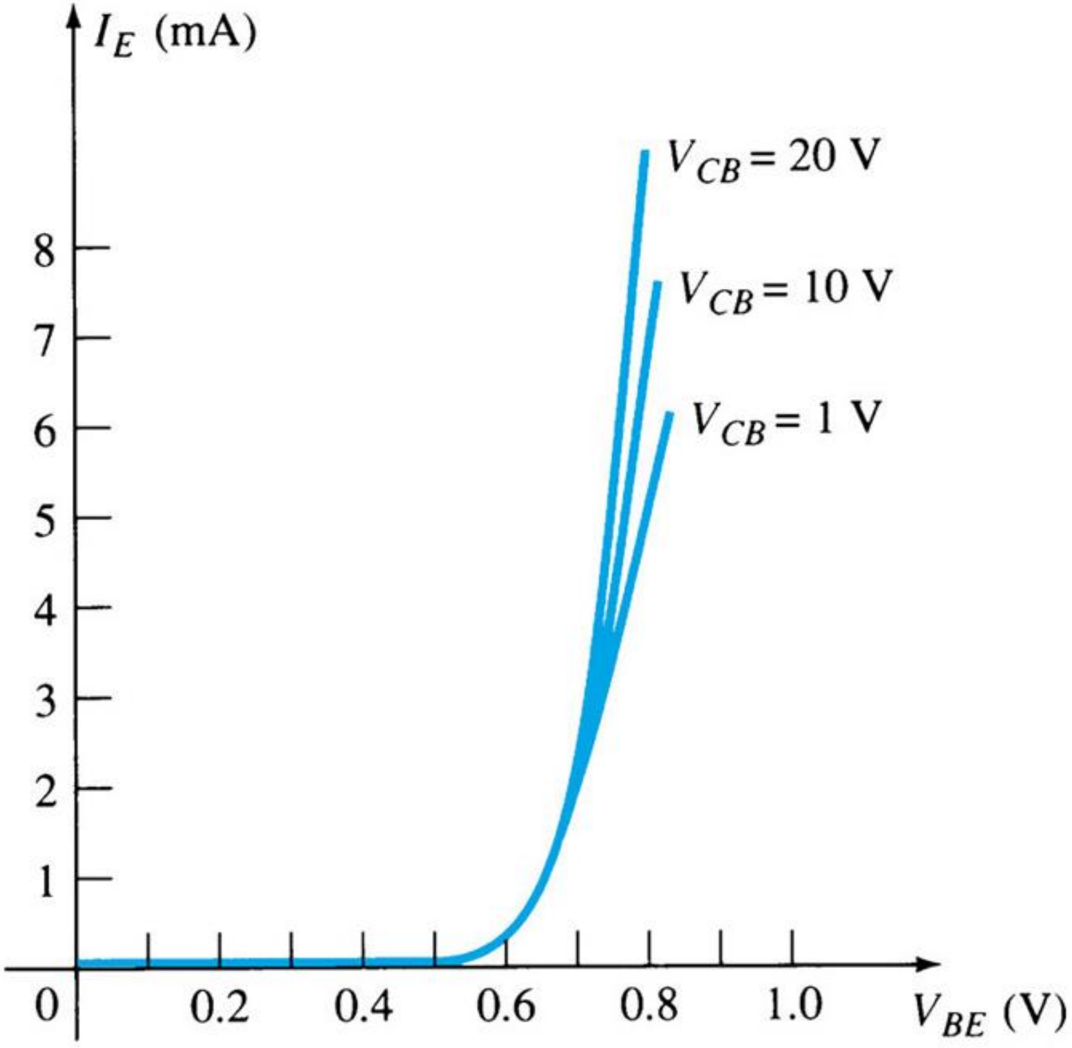
DOIS conjuntos:

- Parâmetros de ENTRADA
- Parâmetros de SAÍDA

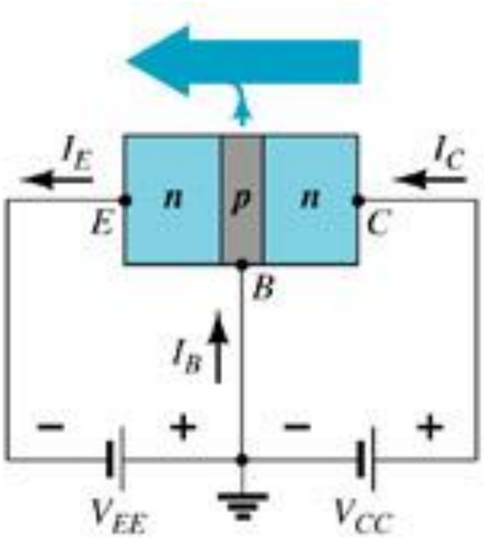




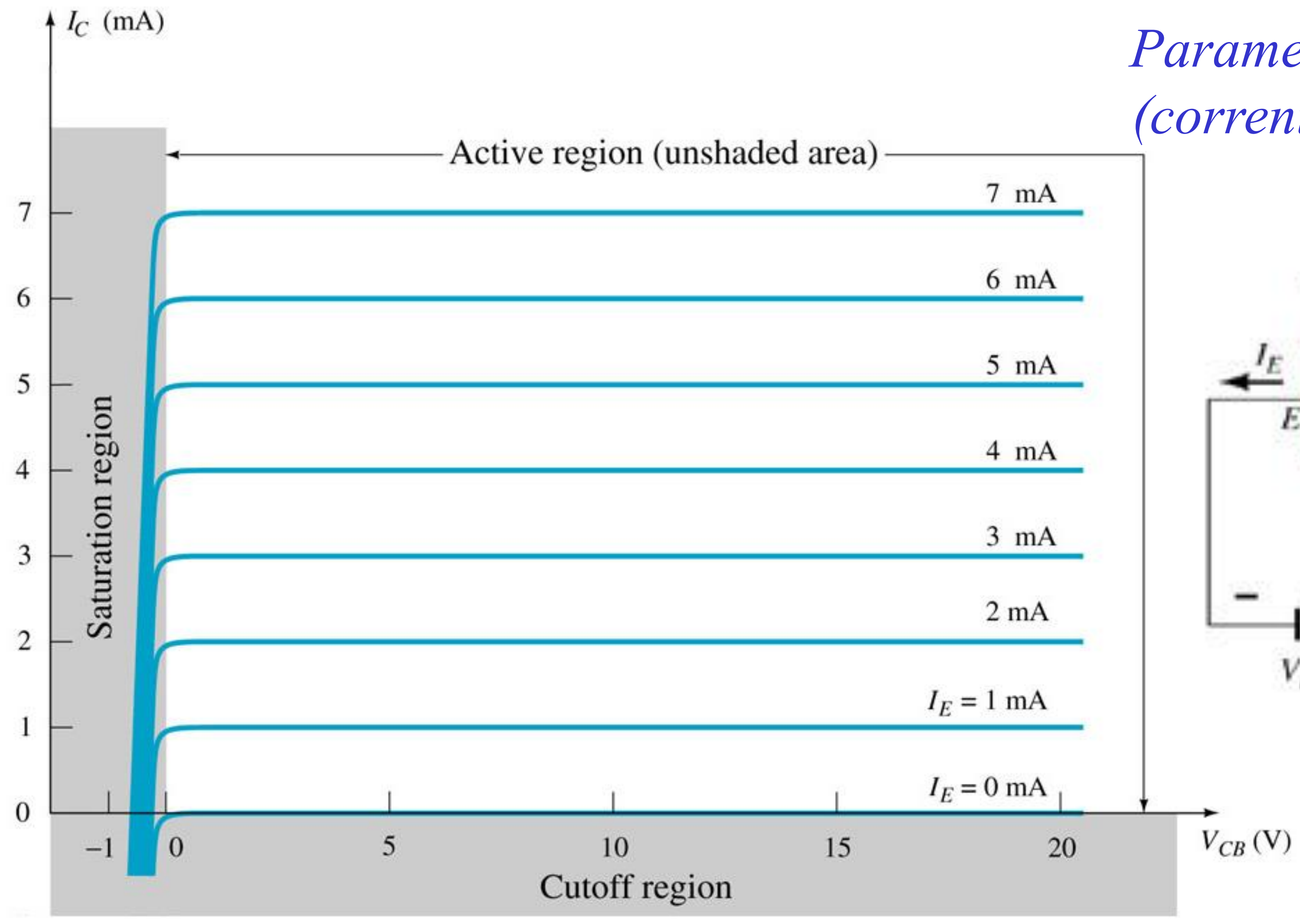
Parâmetros de ENTRADA



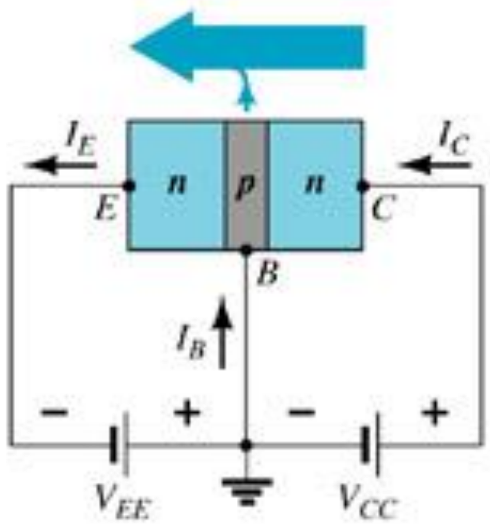
Parametrizado por V_{CB} (tensão de saída)



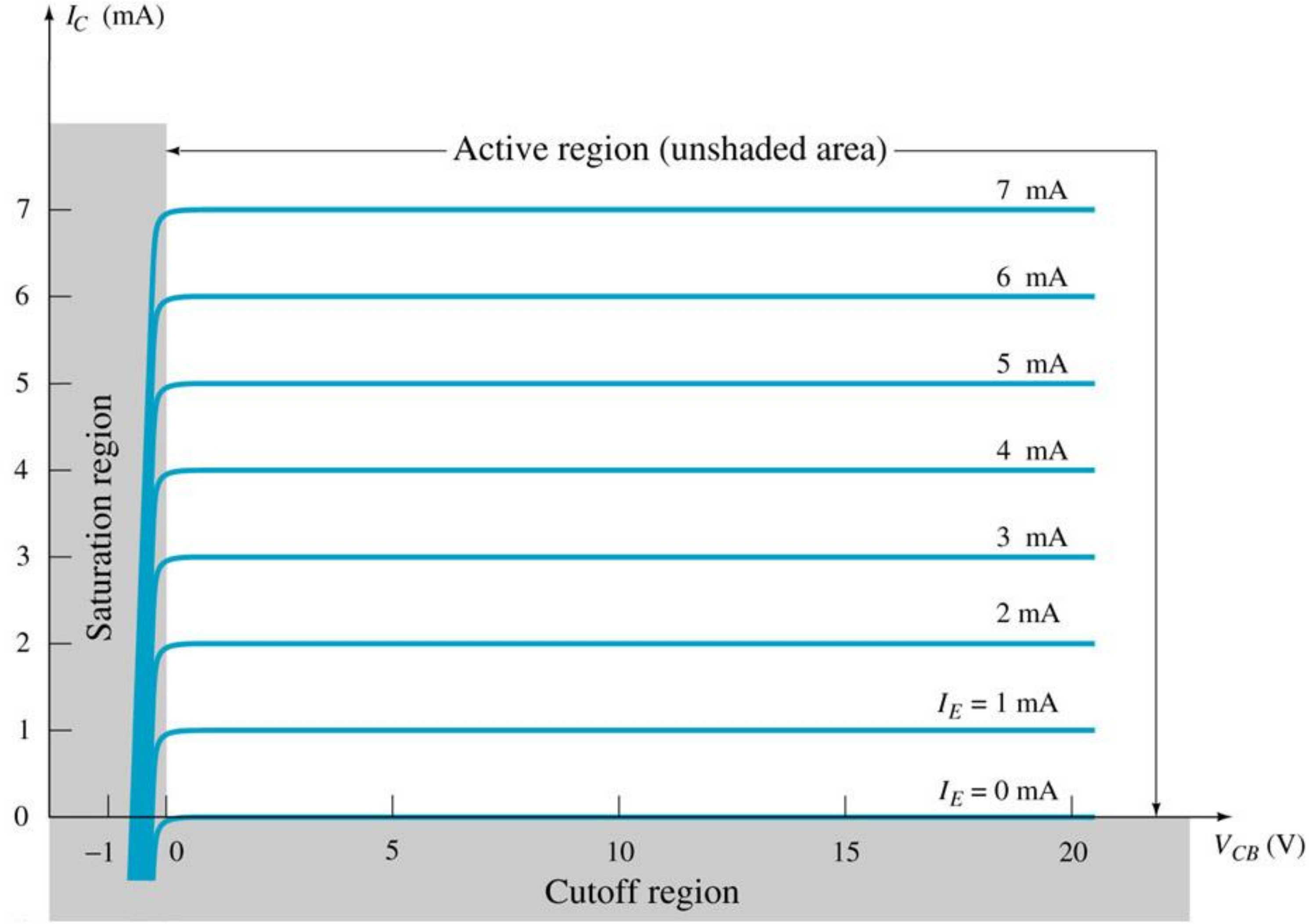
Parâmetros de SAÍDA



Parametrizado por I_E
(corrente de entrada)



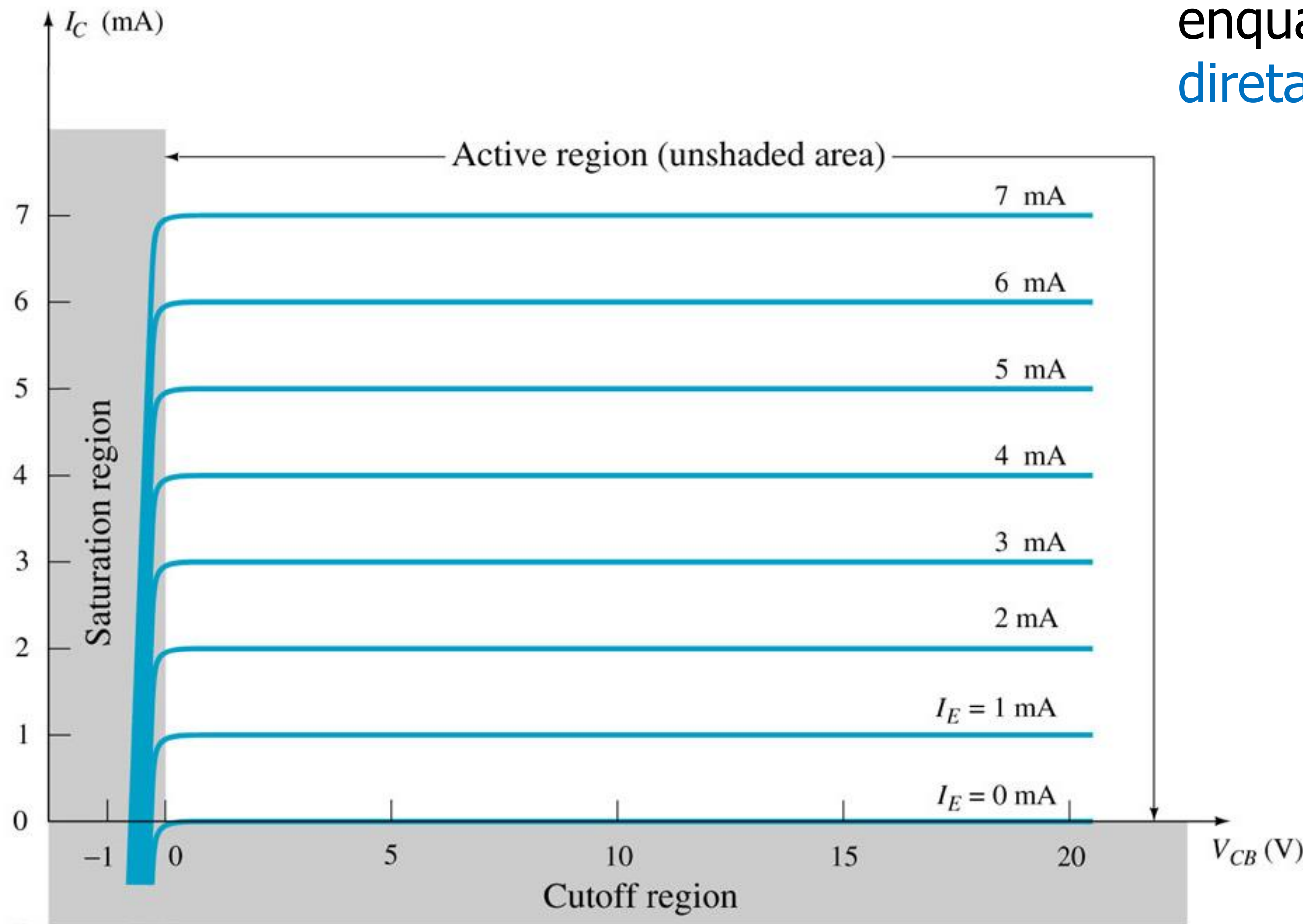
Regiões de Operação do TBJ

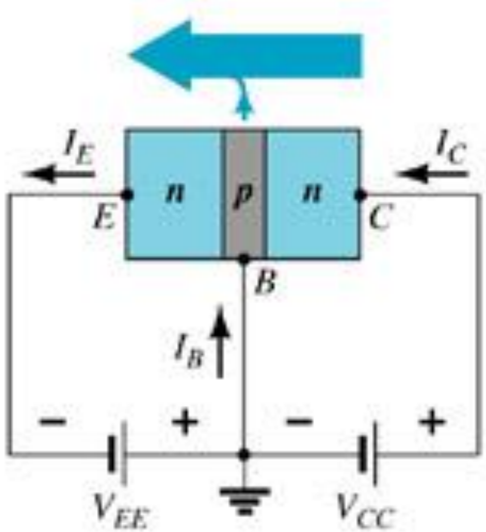


Região Ativa

TBJ como Amplificador

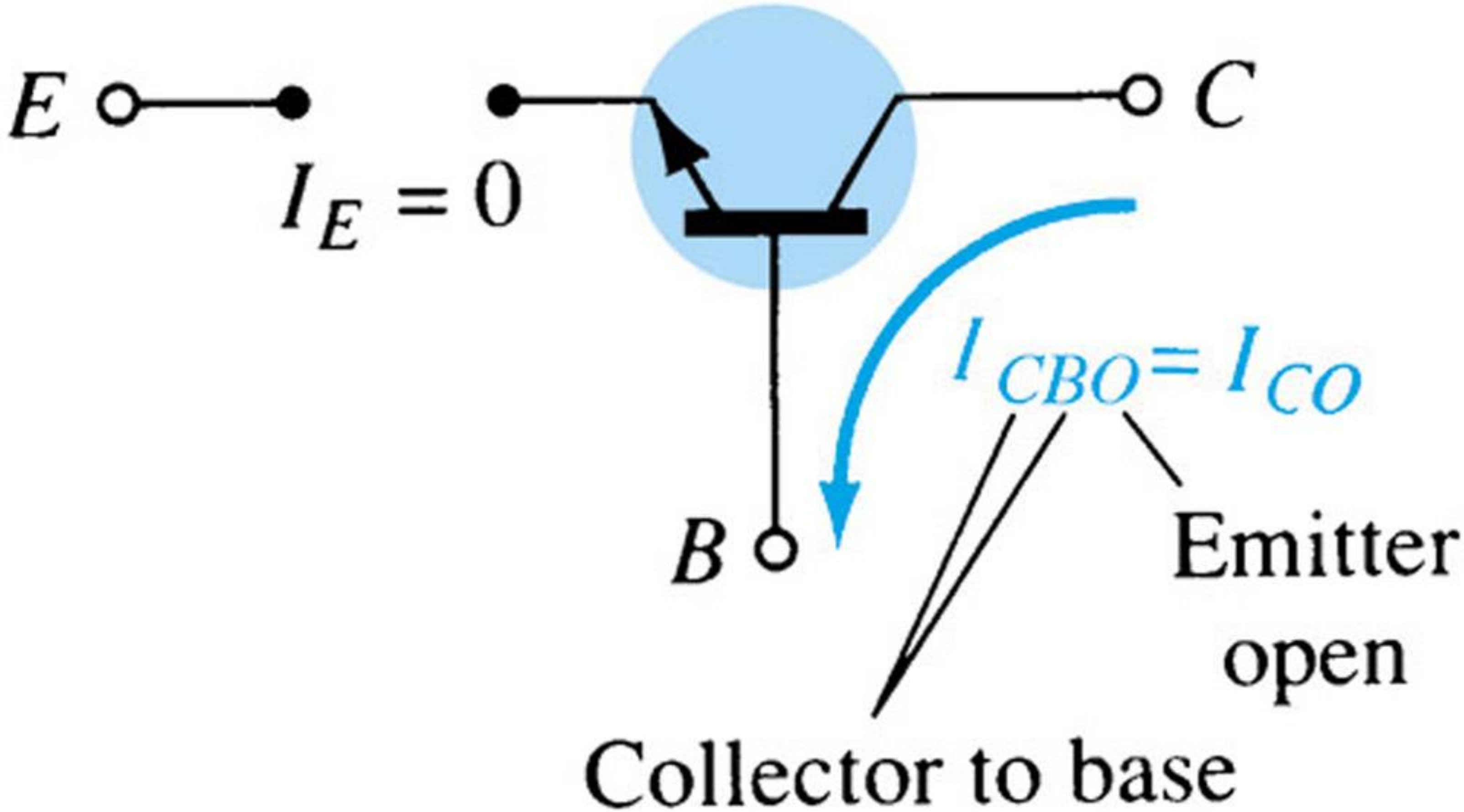
A junção B-C do TBJ é reversamente polarizada, enquanto a junção B-E é diretamente polarizada





$$I_C \cong I_E$$

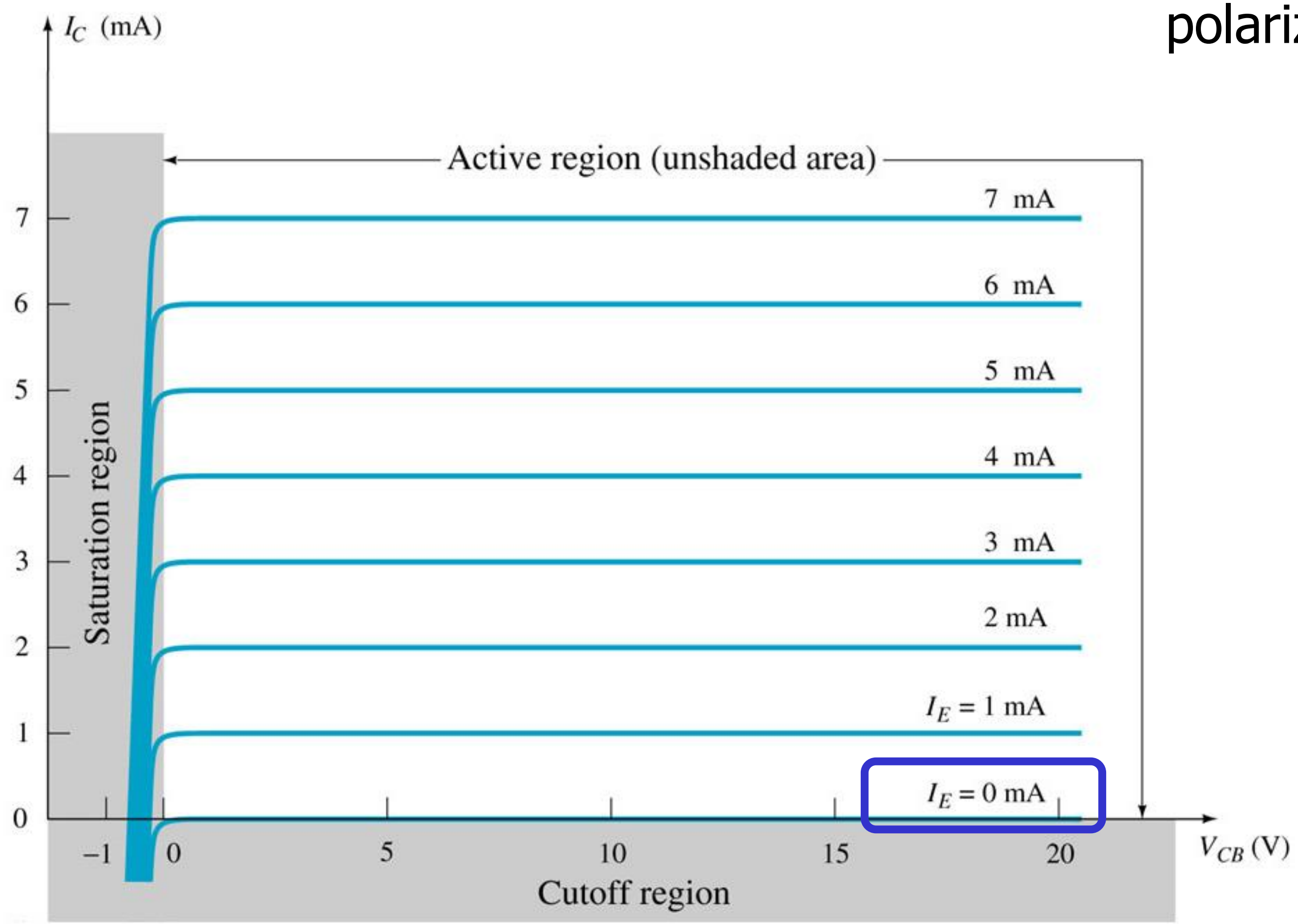
Imite inferior da Região Ativa

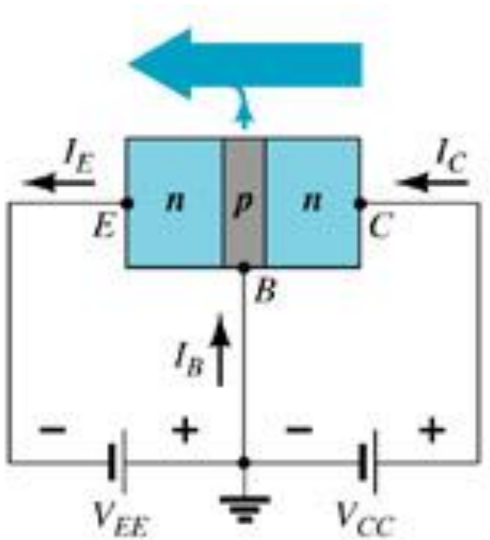


Região de Corte

TBJ como Chave Aberta

As junções B-C e B-E do TBJ são reversamente polarizadas



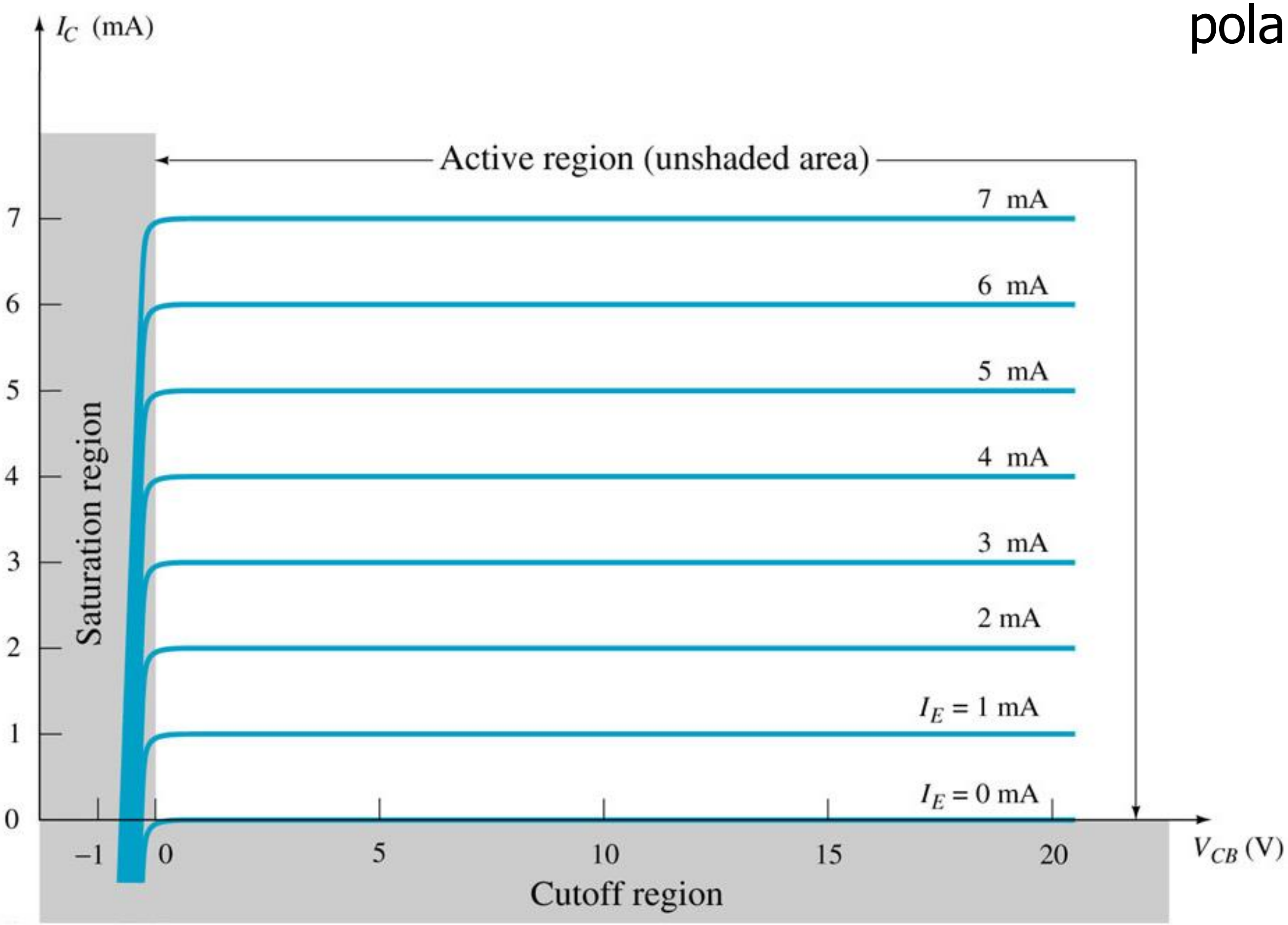


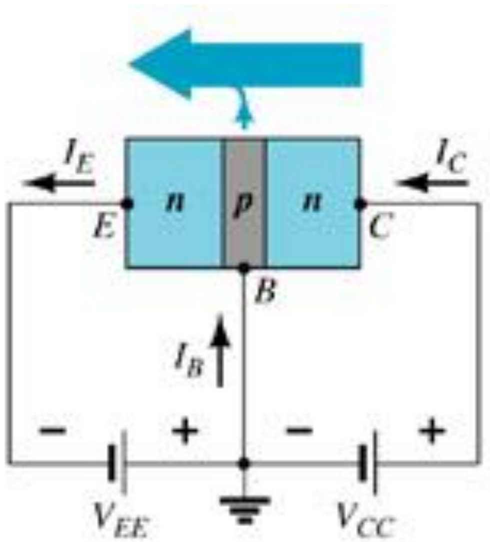
$$I_C = 0$$

Região de Saturação

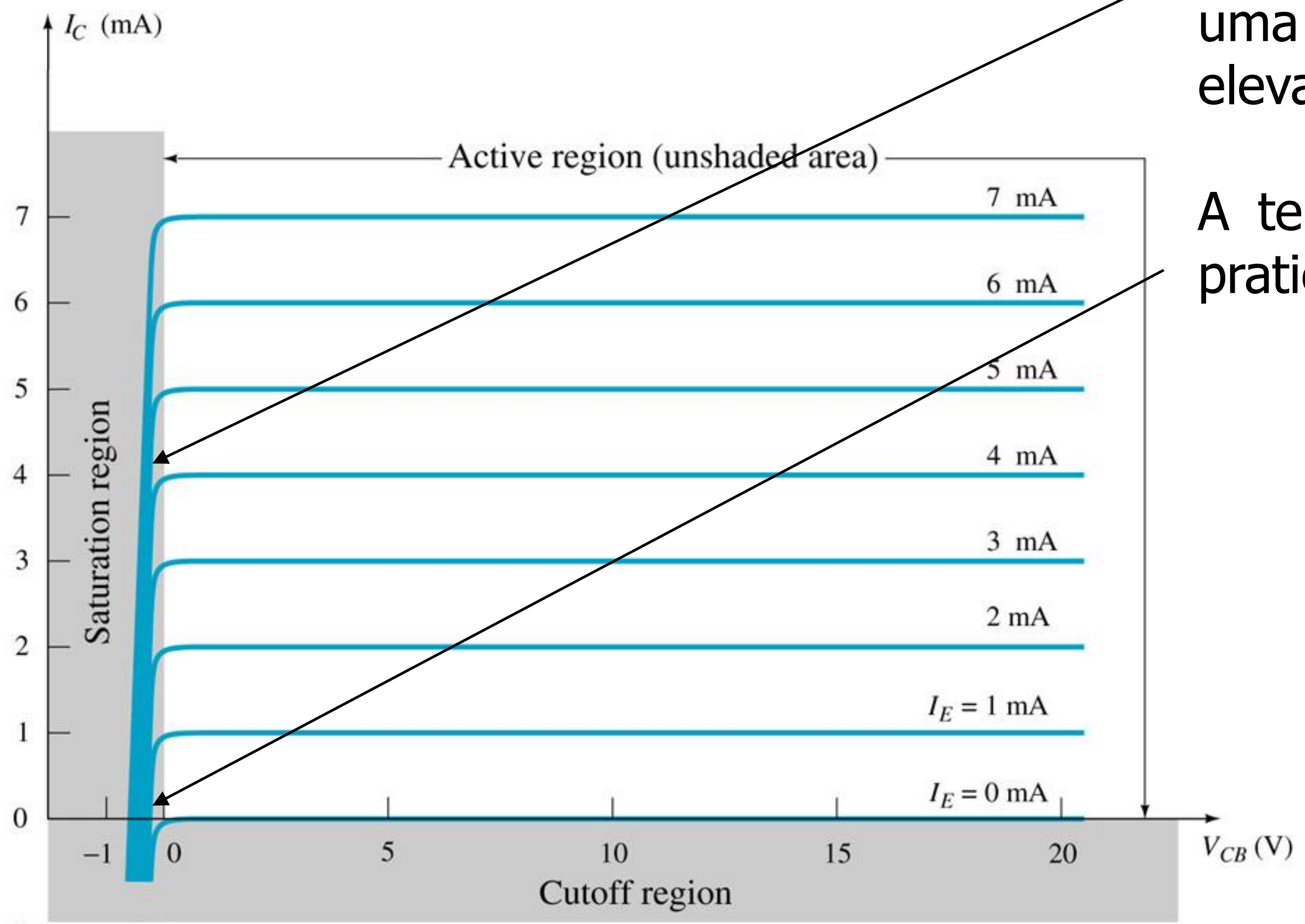
TBJ como Chave Fechada

As junções B-C e B-E do TBJ são diretamente polarizadas





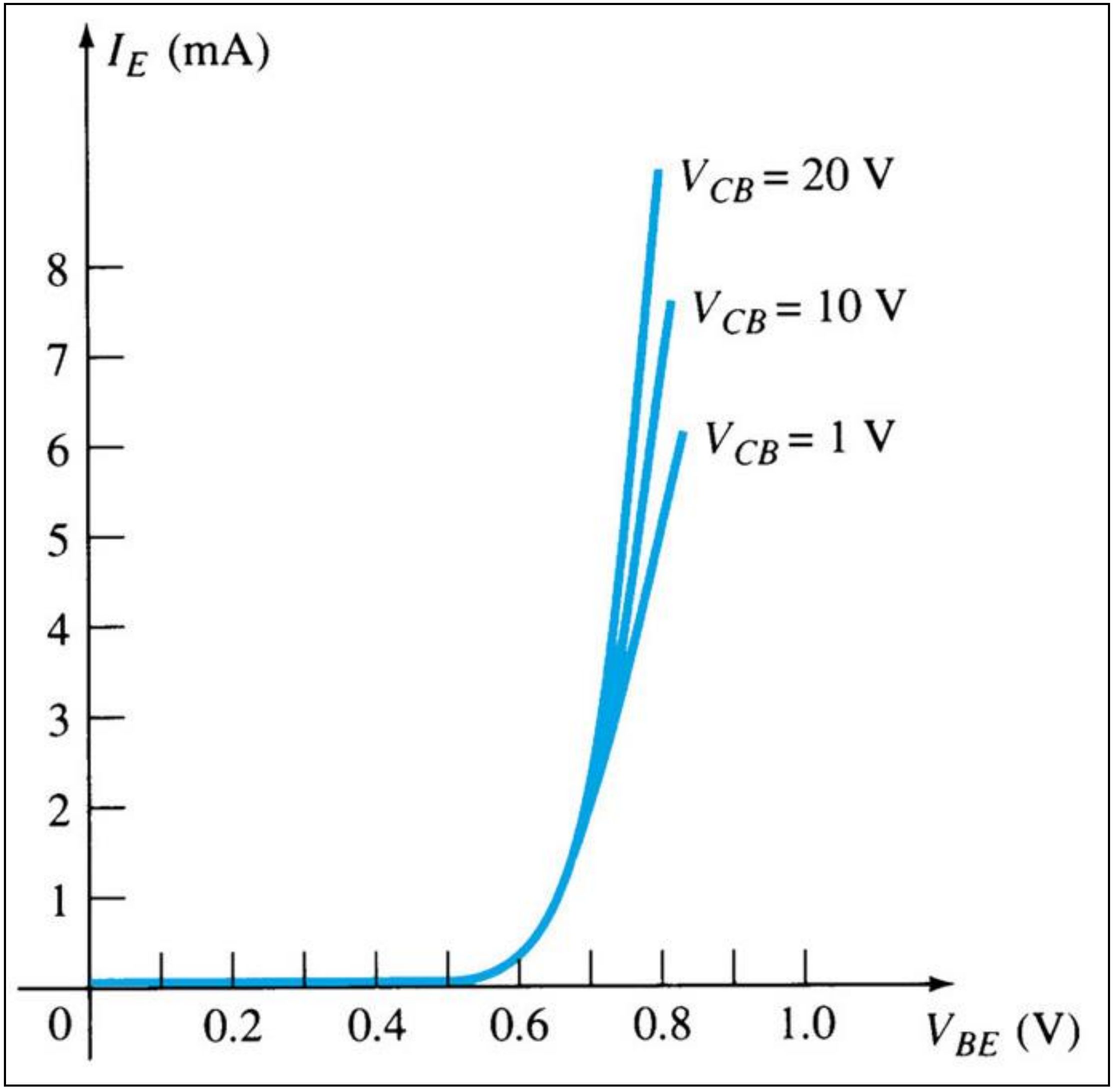
Região de Saturação



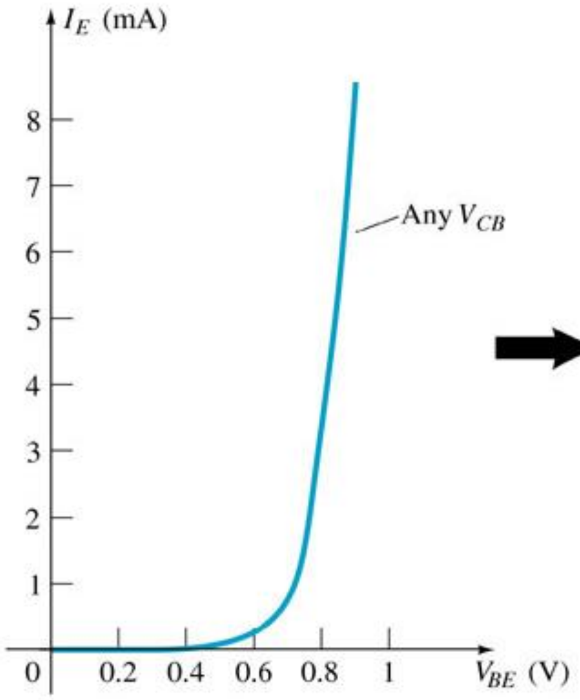
Uma corrente muito reduzida de Emissor gera uma corrente muito elevada de Coletor

A tensão de saída V_{CB} é praticamente nula

Aproximações dos Parâmetros de ENTRADA

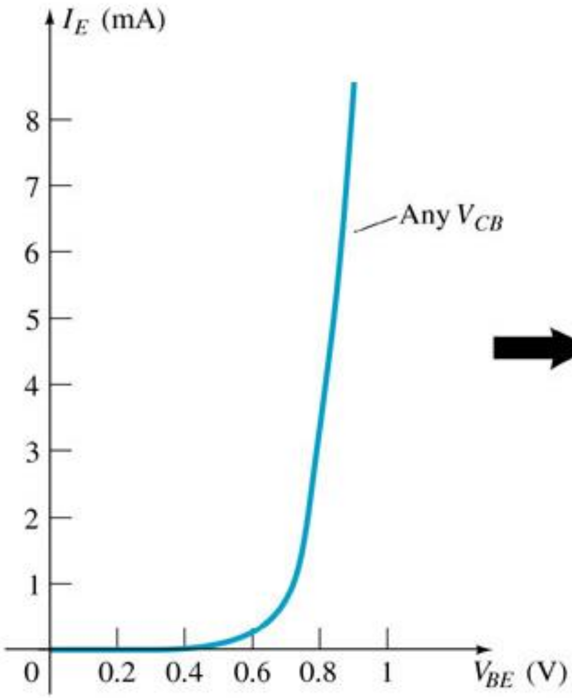


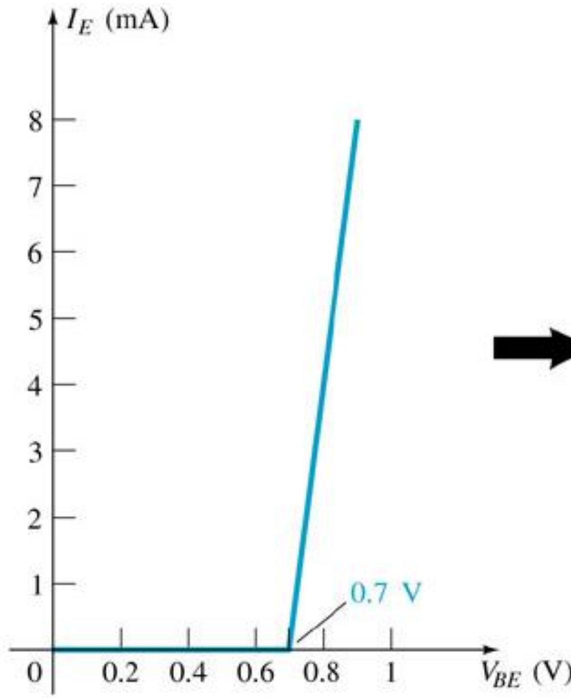
Aproximações dos Parâmetros de ENTRADA



i- Variações em V_{CB} ignoradas

Aproximações dos Parâmetros de ENTRADA

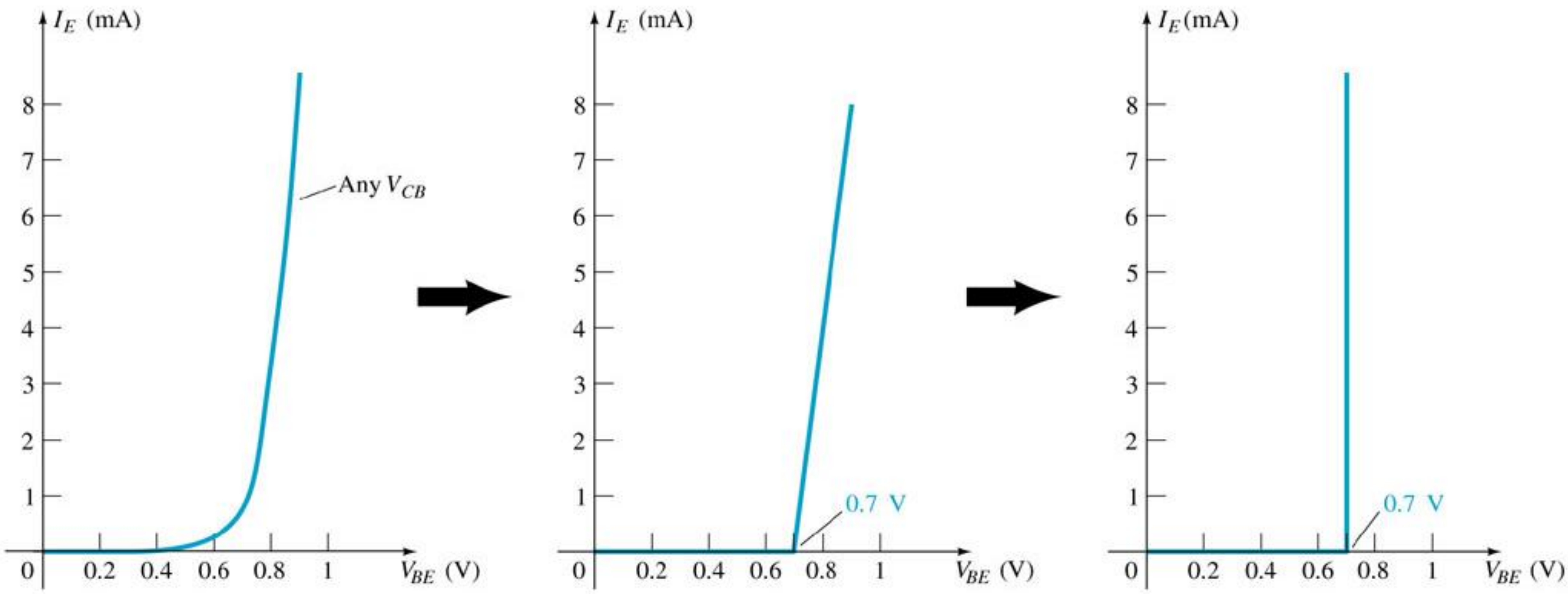




i- Variações em V_{CB} ignoradas

ii- Relação Linear

Aproximações dos Parâmetros de ENTRADA



i- Variações em V_{CB} ignoradas

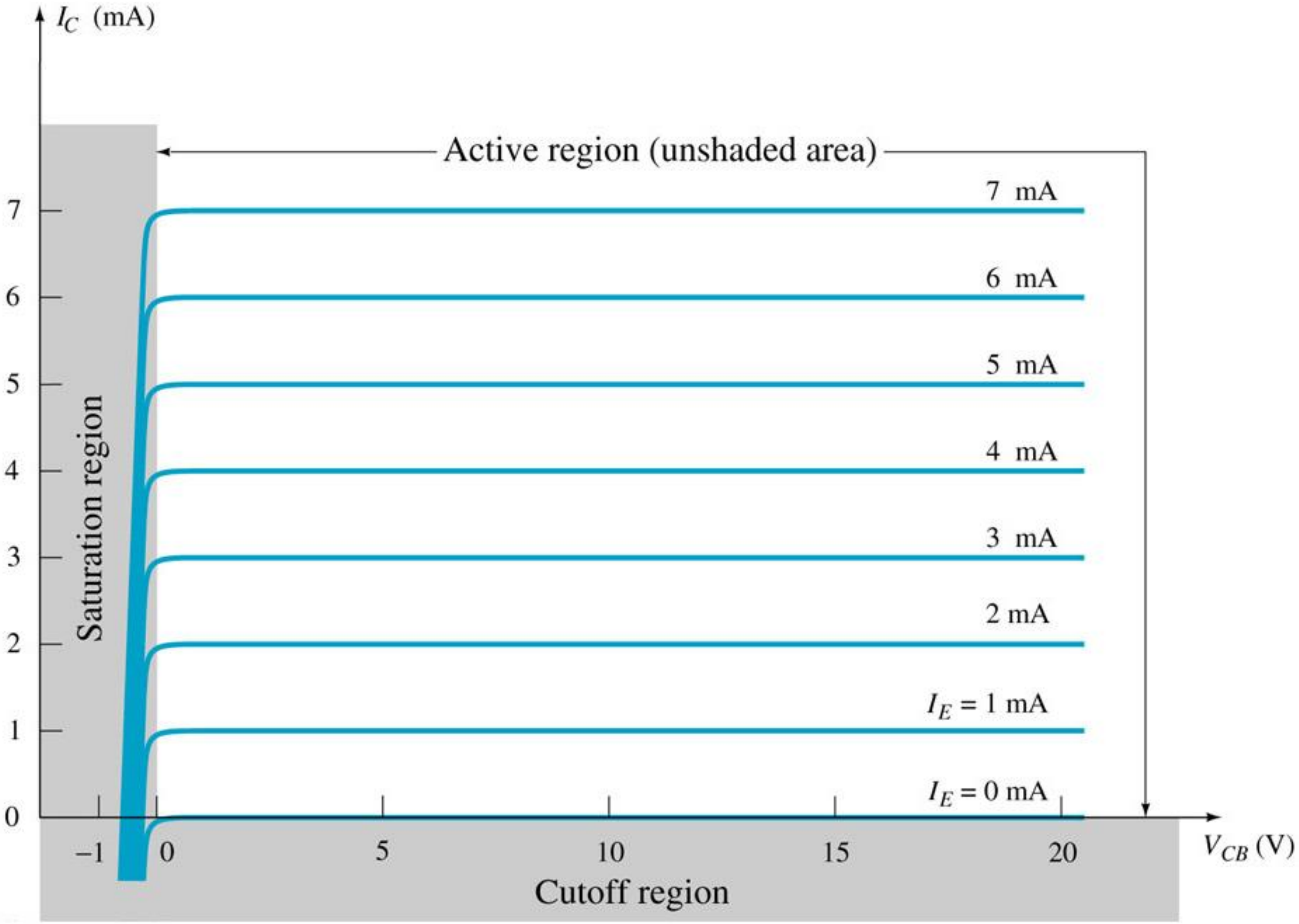
ii- Relação Linear

iii - Ignorando a inclinação

Região Ativa

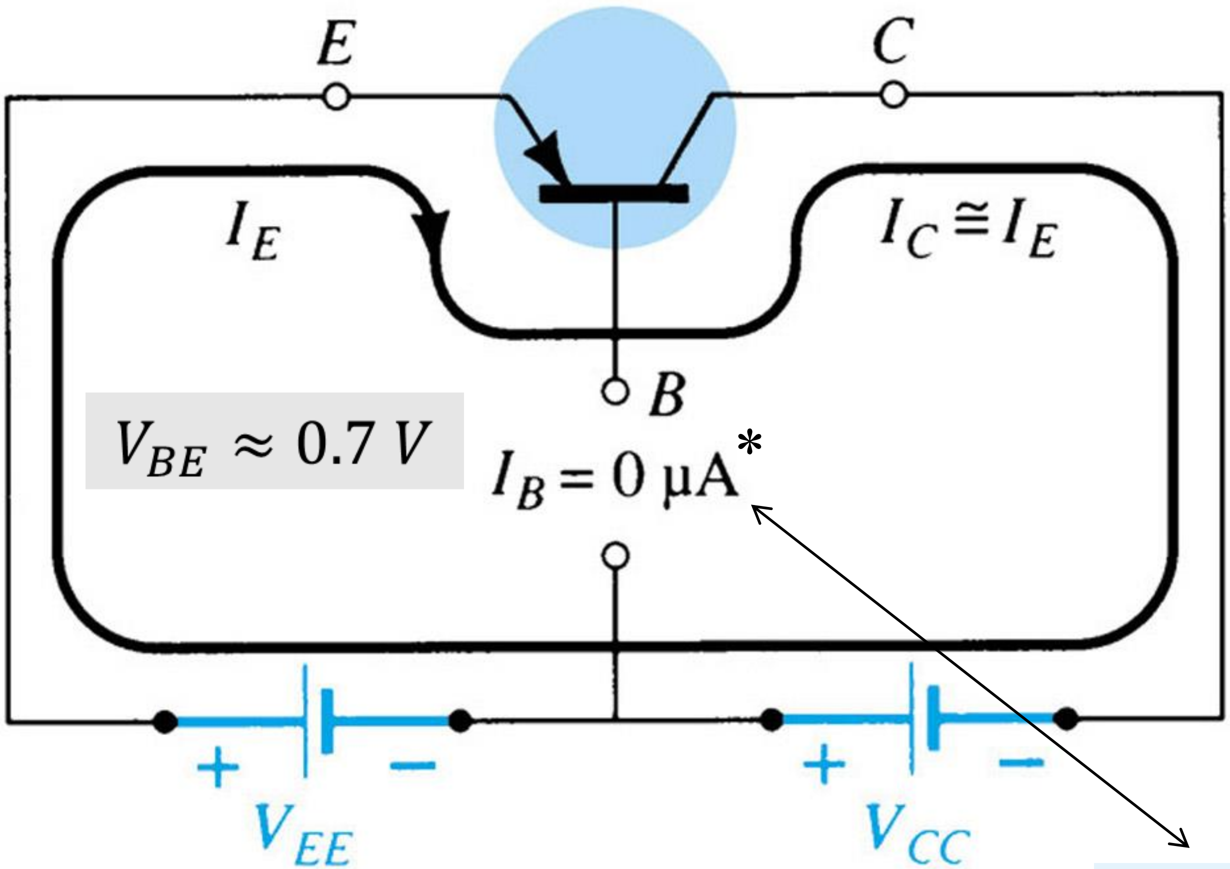
Usando a aproximação *iii*:

$$V_{CB} > 0\ V$$
$$V_{BE} \approx 0.7\ V$$



Polarização Base Comum

Região Ativa



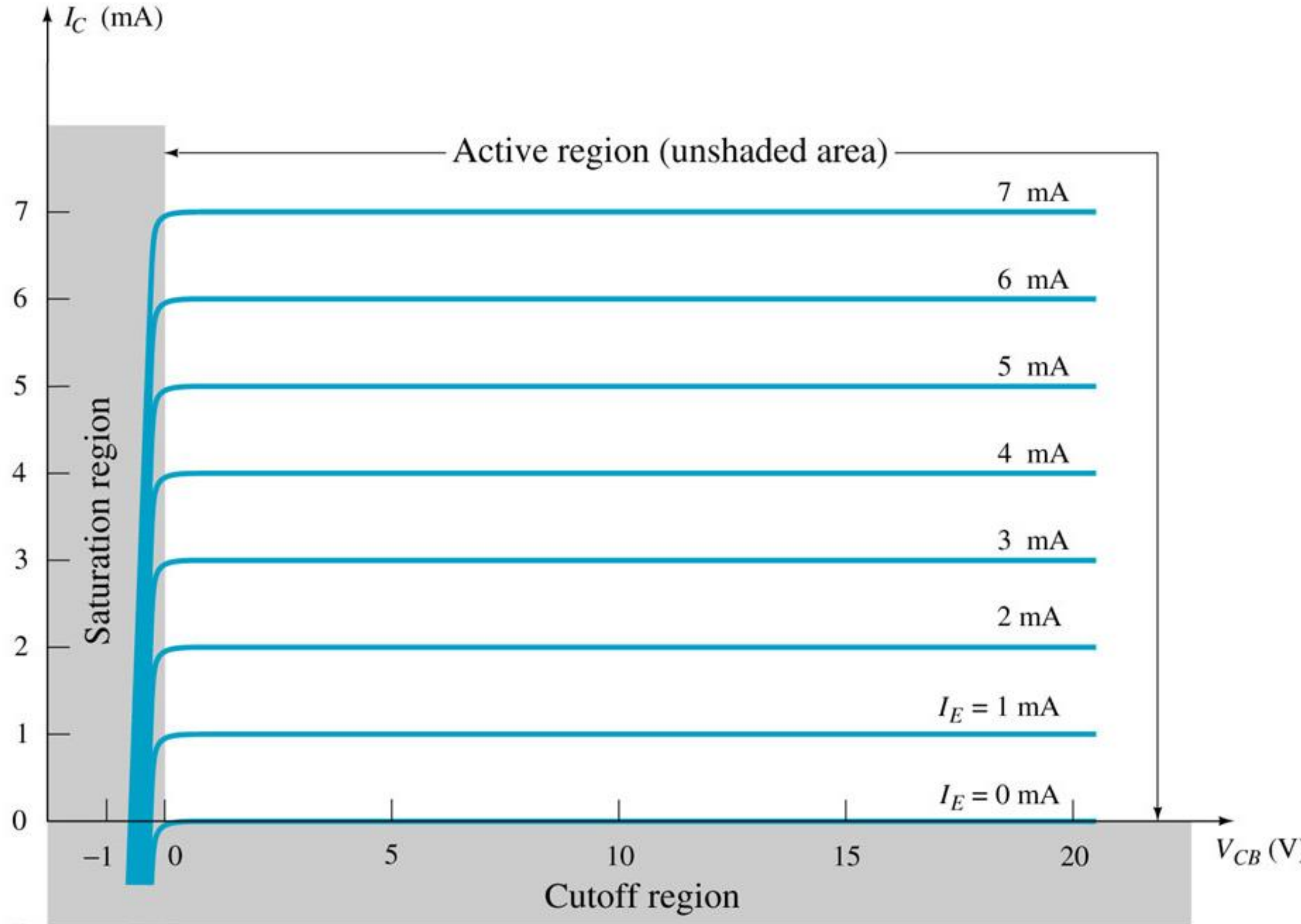
$$*I_C \cong I_E$$

Exercício

(a) Using the characteristics of Fig. 3.8, determine the resulting collector current if $I_E = 3$ mA and $V_{CB} = 10$ V.
(b) Using the characteristics of Fig. 3.8, determine the resulting collector current if I_E remains at 3 mA but V_{CB} is reduced to 2 V.
(c) Using the characteristics of Figs. 3.7 and 3.8, determine V_{BE} if $I_C = 4$ mA and $V_{CB} = 20$ V.
(d) Repeat part (c) using the characteristics of Figs. 3.8 and 3.10c.

Exercício

(a) Usi … nt if
I_E =
(b) Usi … nt if
I_E 1
(c) Usi … and
V_{CI}
(d) Rej



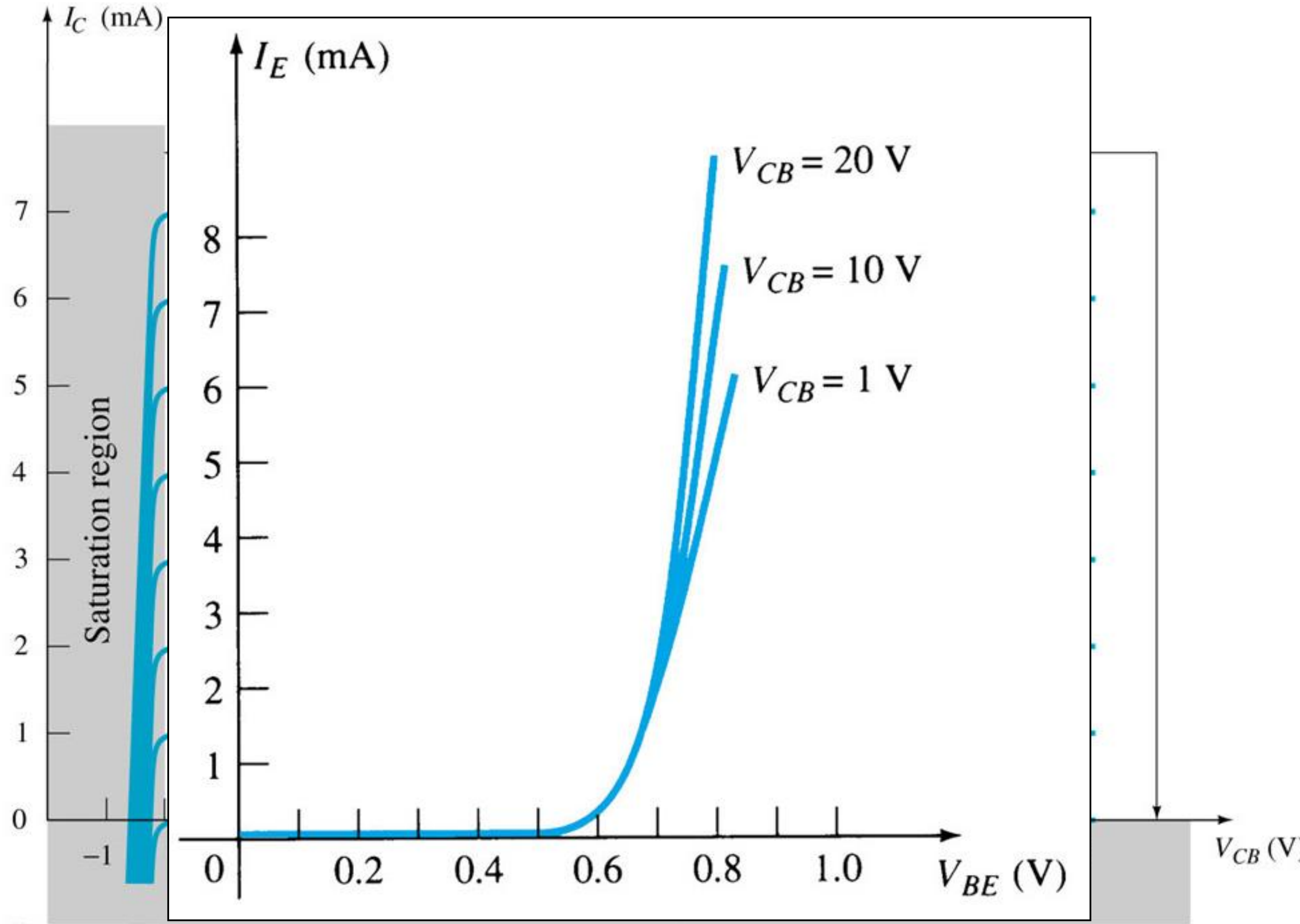
Exercício

(a) Usi ... ent if
I_E =

(b) Usi ... ent if
I_E 1

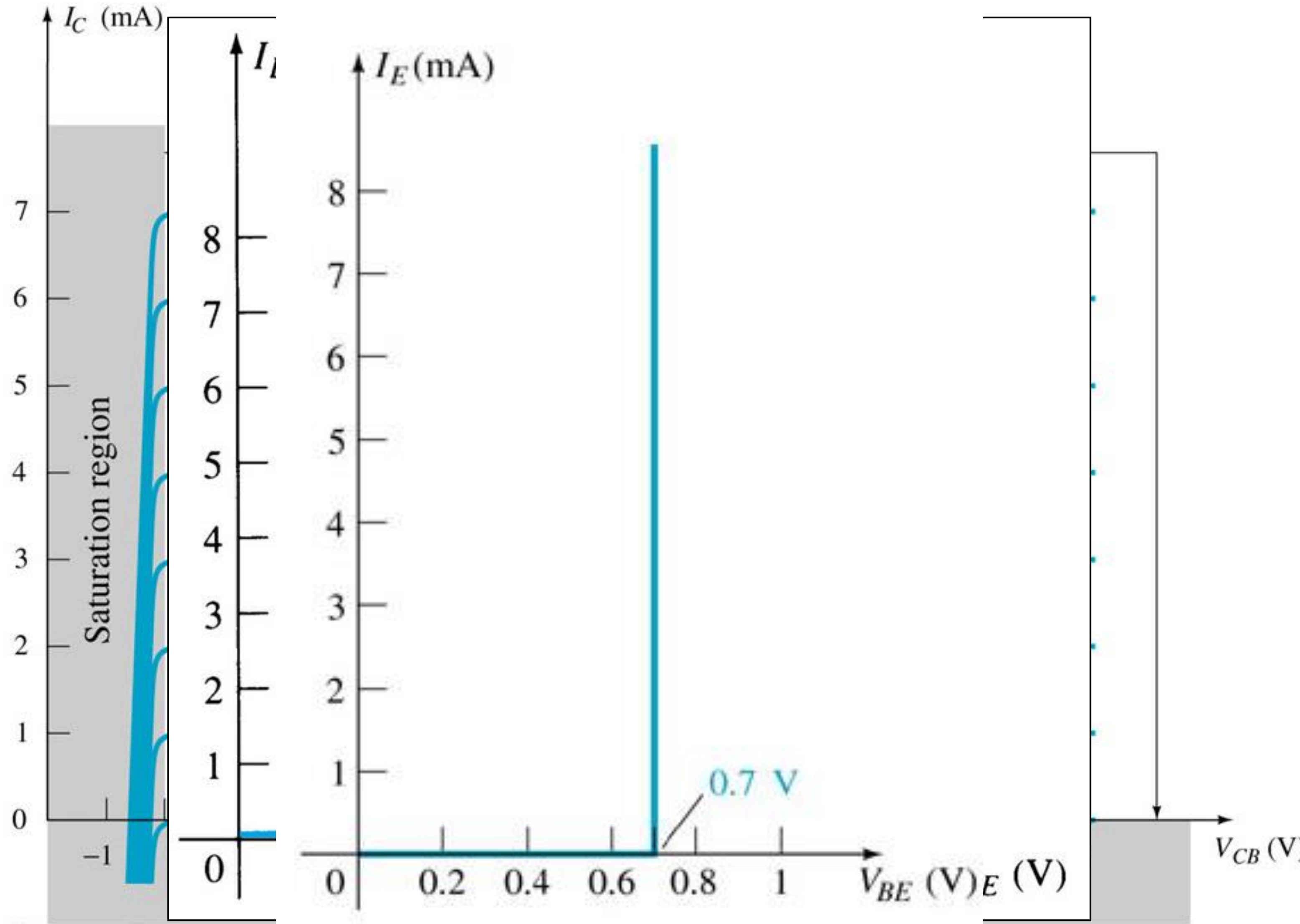
(c) Usi ... and
V_{CE}

(d) Re

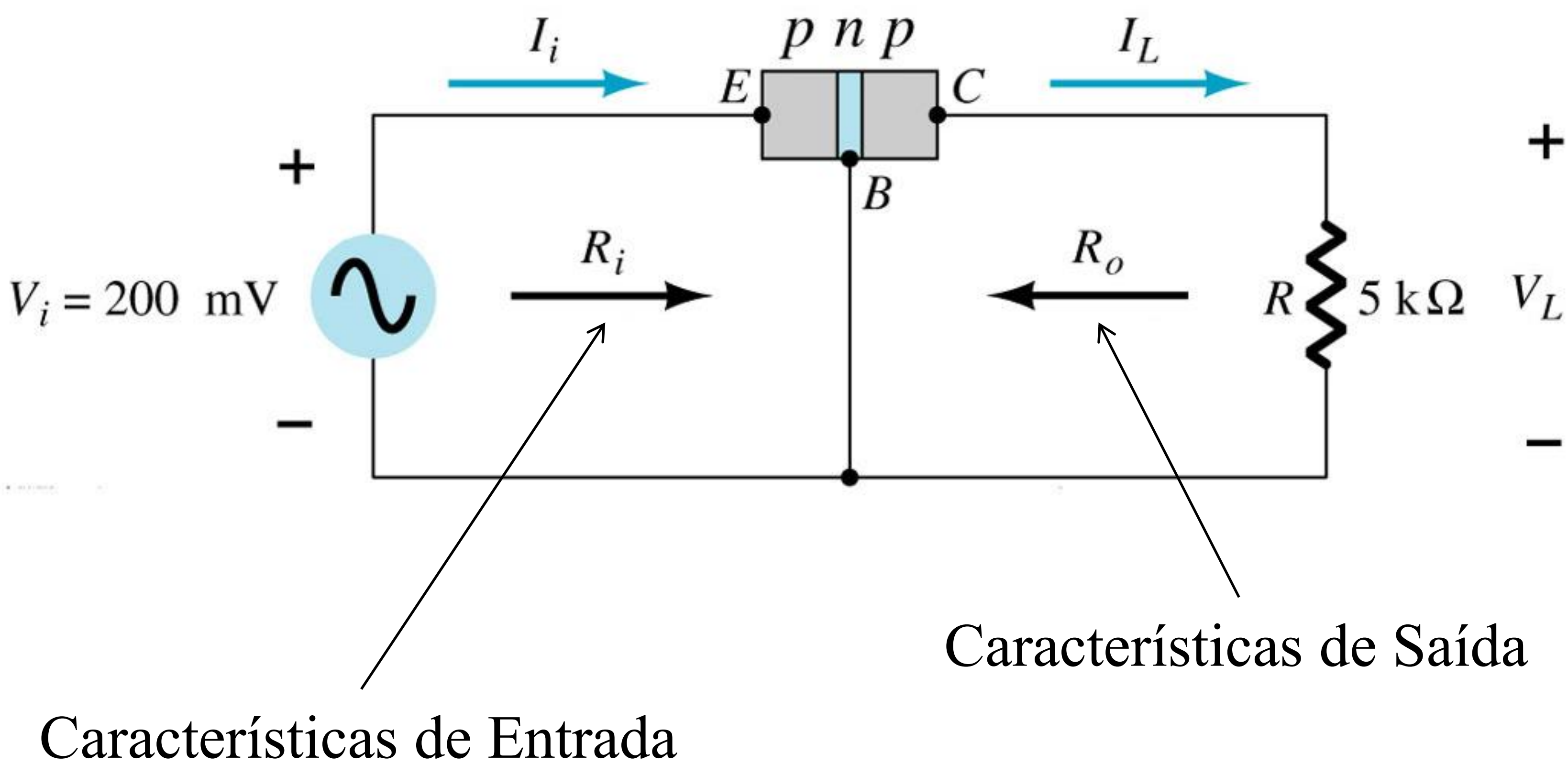


Exercício

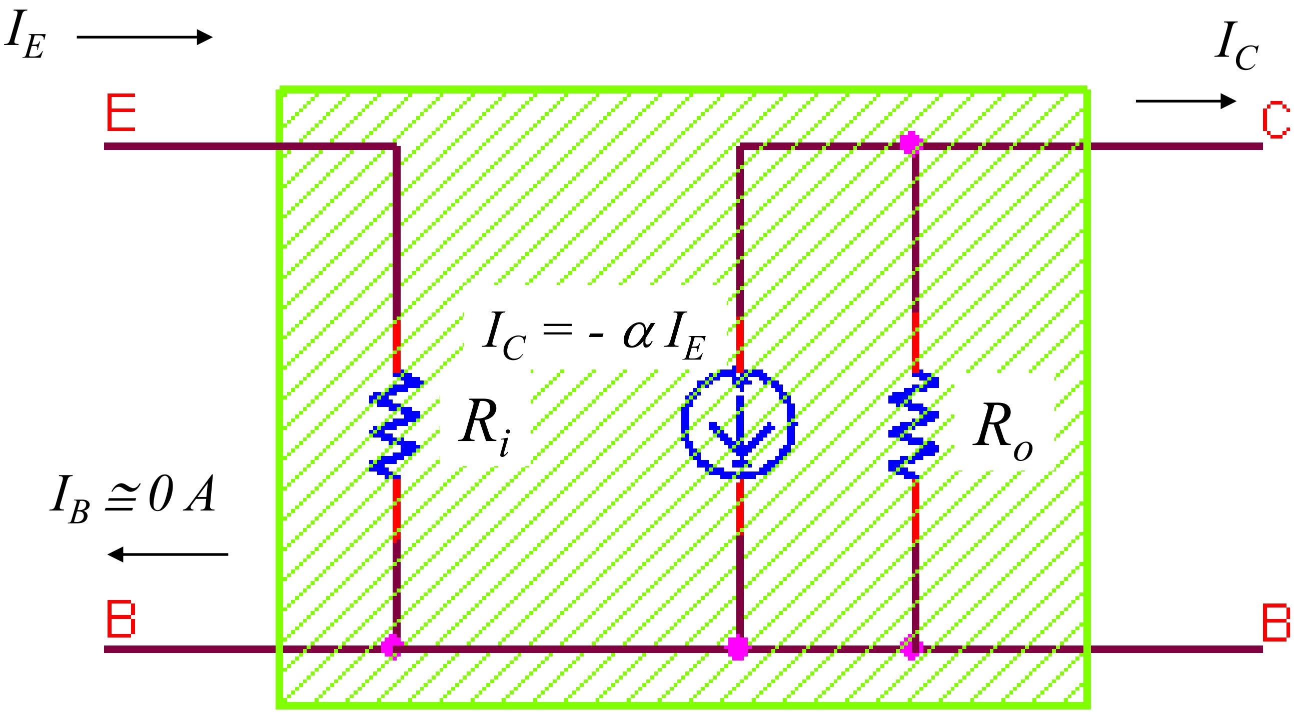
(a) Usi ... nt if
I_E =
(b) Usi ... nt if
I_E 1
(c) Usi ... and
V_{CE}
(d) Rep



Transistor como amplificador



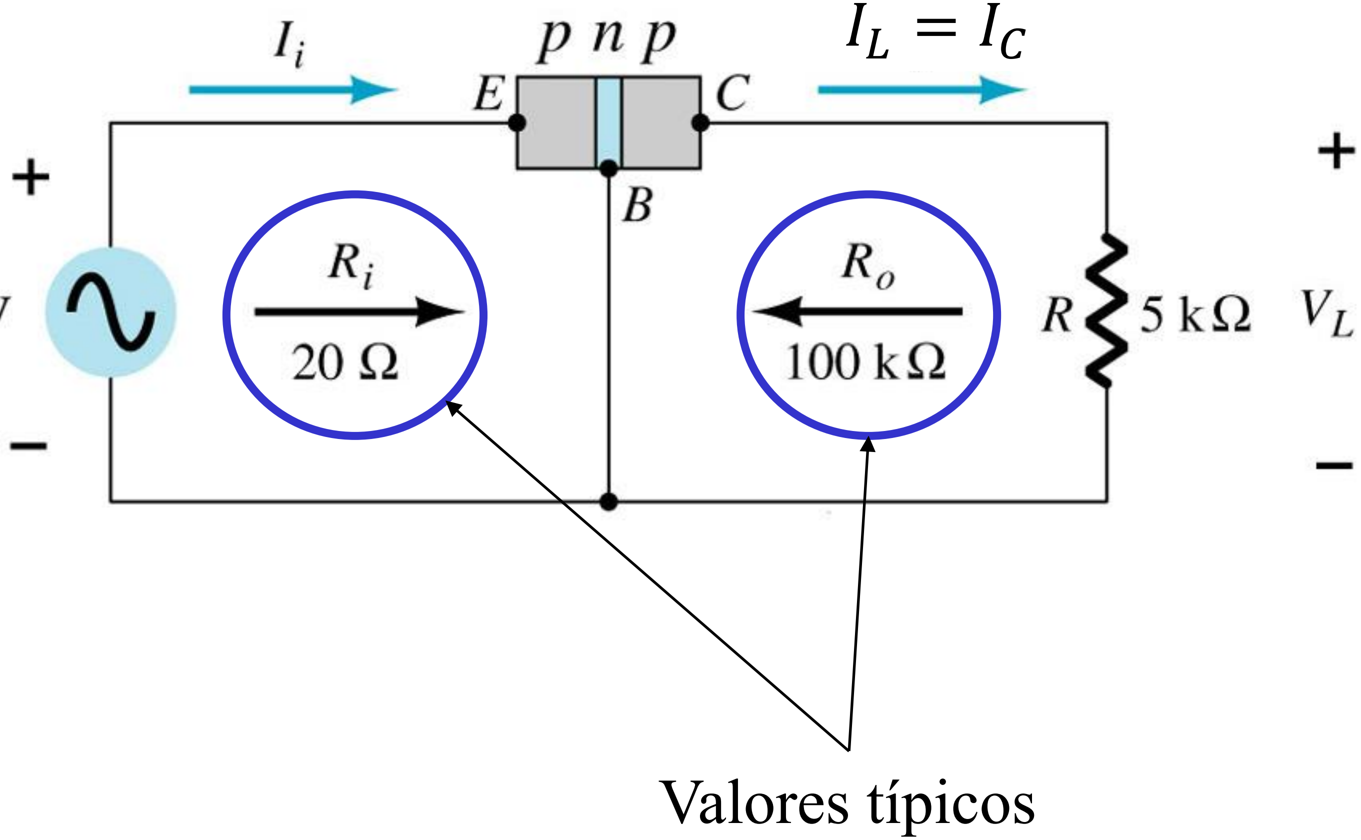
Modelo Base-Comum



$\alpha \cong 1$

Transistor como amplificador

$I_E = I_i$

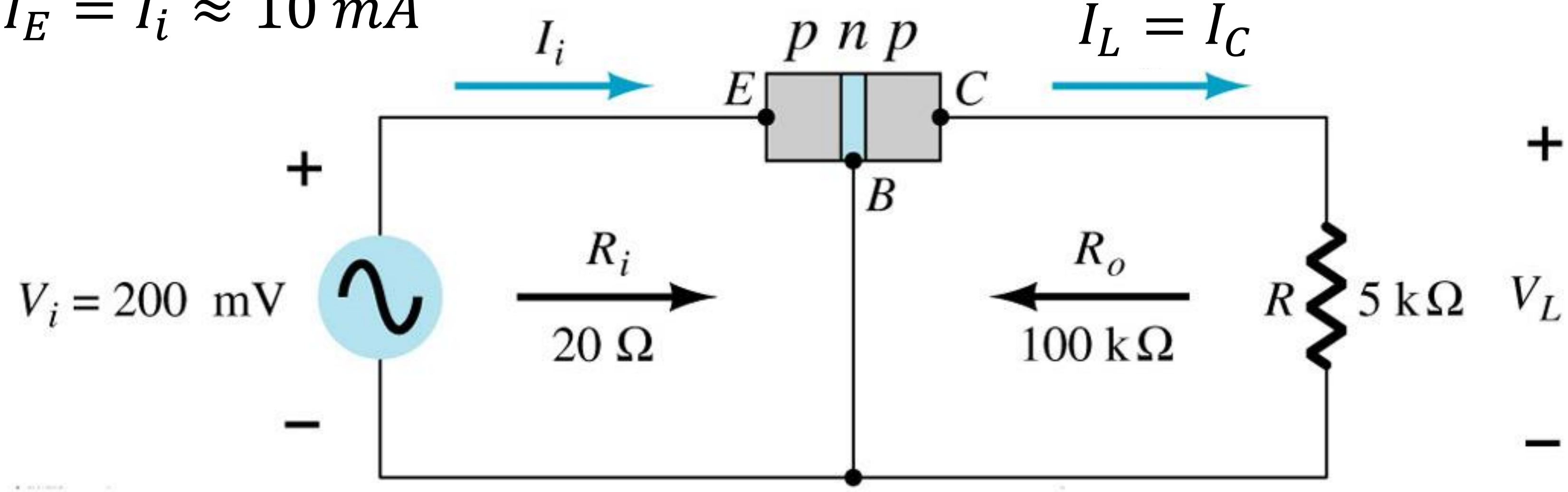


$I_i \approx I_L$

(Verificar estas ordens de grandeza nos parâmetros de entrada e de saída)

Transistor como amplificador

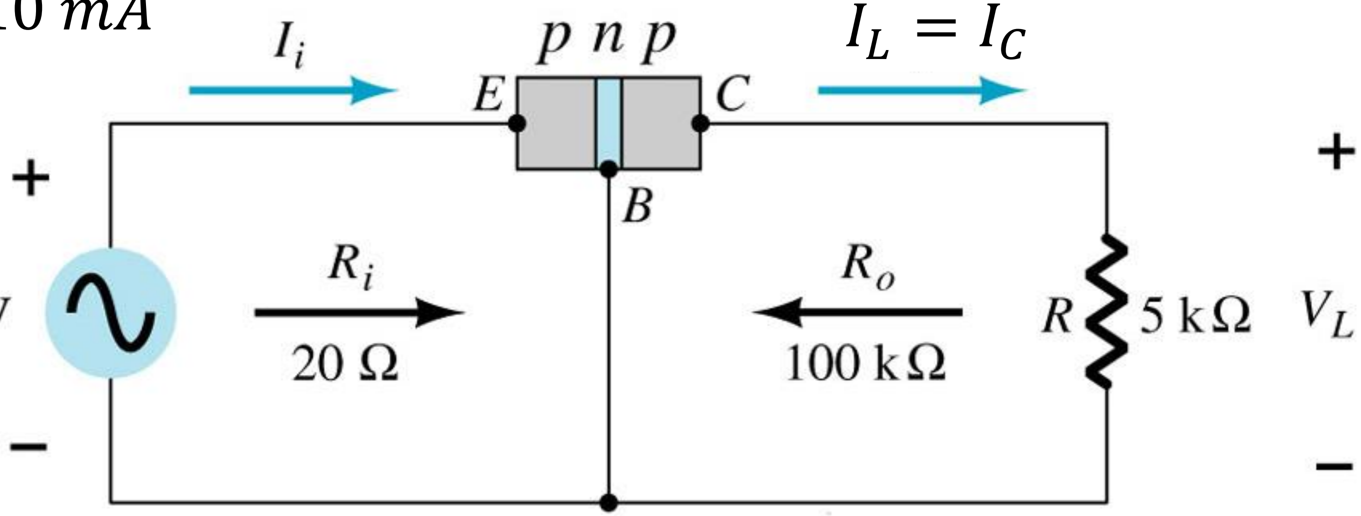
$I_E = I_i \approx 10\, mA$



$$I_i \approx I_L \rightarrow \frac{V_i}{R_i} = \frac{V_L}{R_o||R_L} \rightarrow \frac{V_L}{V_i} \cong \frac{R_L}{R_i} = 250$$

Transistor como amplificador

$I_E = I_i \approx 10\,mA$

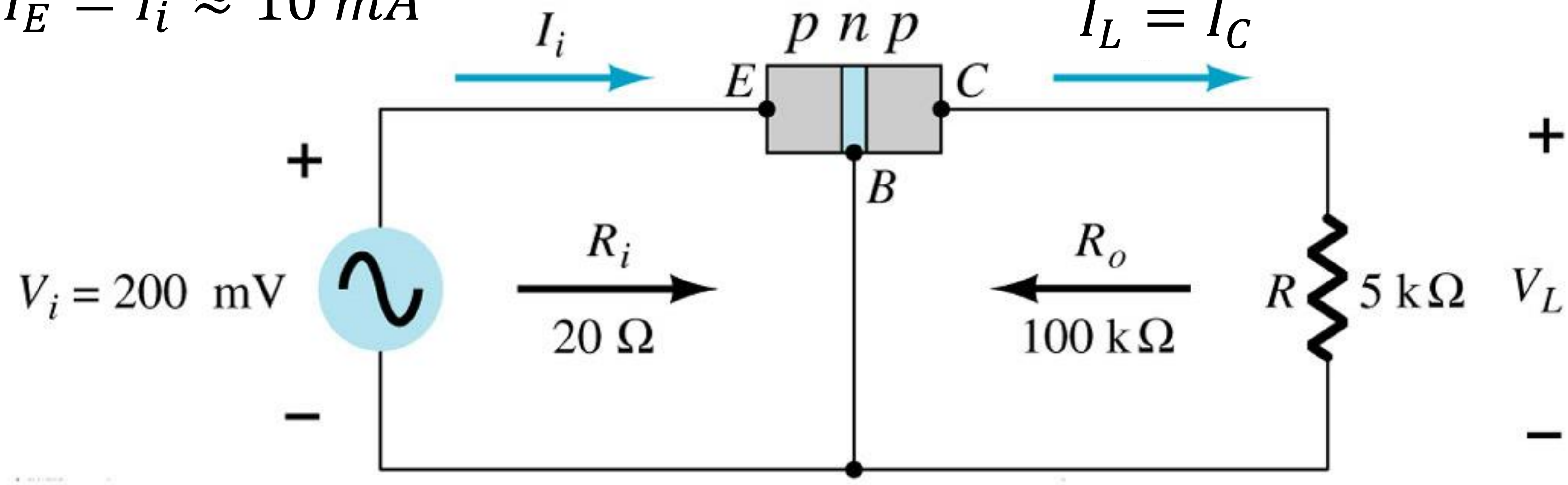


$$I_i \approx I_L \rightarrow \frac{V_i}{R_i} = \frac{V_L}{R_o||R_L} \rightarrow \frac{V_L}{V_i} \cong \frac{R_L}{R_i} = 250$$

Ganho de tensão ⇒ relação entre resistências

Transistor como amplificador

$I_E = I_i \approx 10\, mA$



Transistor = **Tran**sfer + Re**sistor**