

Cap. 2 – Transistor Bipolar de Junção (BJT)

Transistor:

Dispositivo (semicondutor) de 3 terminais, cujo princípio de operação baseia-se no controle da corrente num dos terminais pela tensão aplicada nos outros dois.

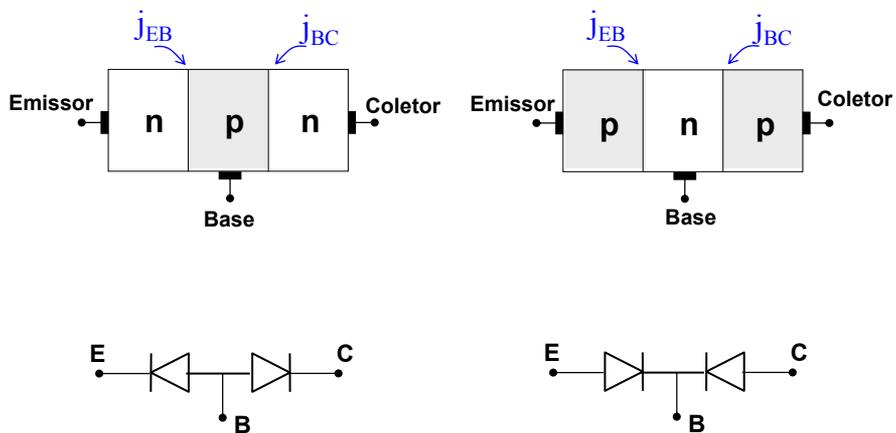
Modos de Utilização:

Fonte Controlada \Rightarrow AMPLIFICADORES

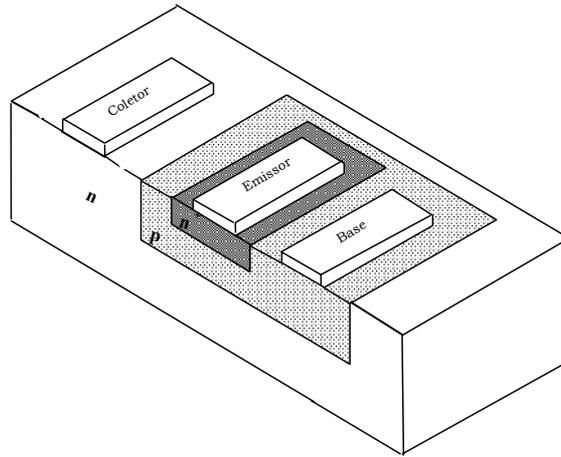
Interruptor (chave) \Rightarrow CIRCUITOS DIGITAIS

1

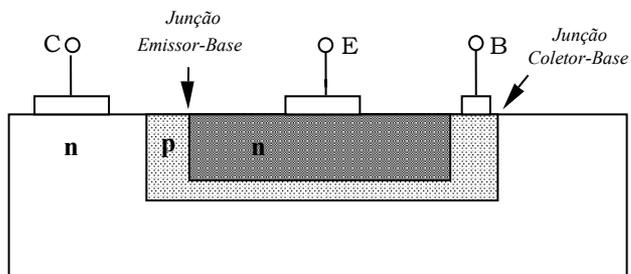
2.1 – Estrutura Física do BJT



2



Estrutura mais realista do BJT (npn)

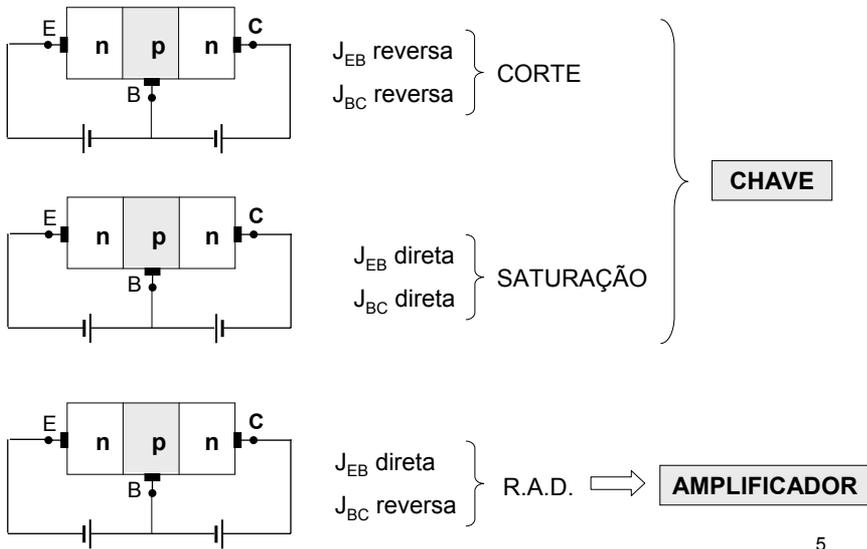


Emissor: fortemente dopado

Base: estreita e fracamente dopada

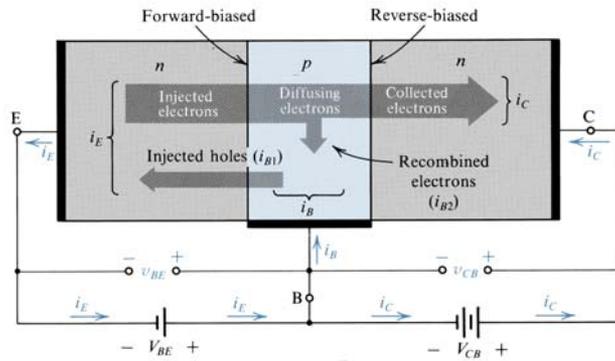
Coletor: maior área

Modos de Operação:



5

2.2 – Operação Física no Modo Ativo (RAD)



- ▶ o valor de i_C não depende do valor de v_{CB} , apenas que $v_C > v_B$
- ▶ mais de 95% dos elétrons emitidos são coletados ($i_C > 0.95 i_E$)

6

Relações importantes:

Temos que: $i_C = I_S \cdot e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$ onde: $I_S = k \frac{A}{W}$

← área da junção
← largura da base

V_T : tensão térmica ($\approx 25\text{mV}$ @ 300K)

e: $i_C = \alpha \cdot i_E$

Da 1ª Lei de Kirchhoff: $i_E = i_C + i_B$

logo: $i_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} i_B$ e $i_E = \frac{1}{1-\alpha} i_B$

Fazendo: $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

Teremos: $i_C = \beta \cdot i_B$ e $i_E = (\beta + 1) \cdot i_B$

7

Comparativo entre β e α

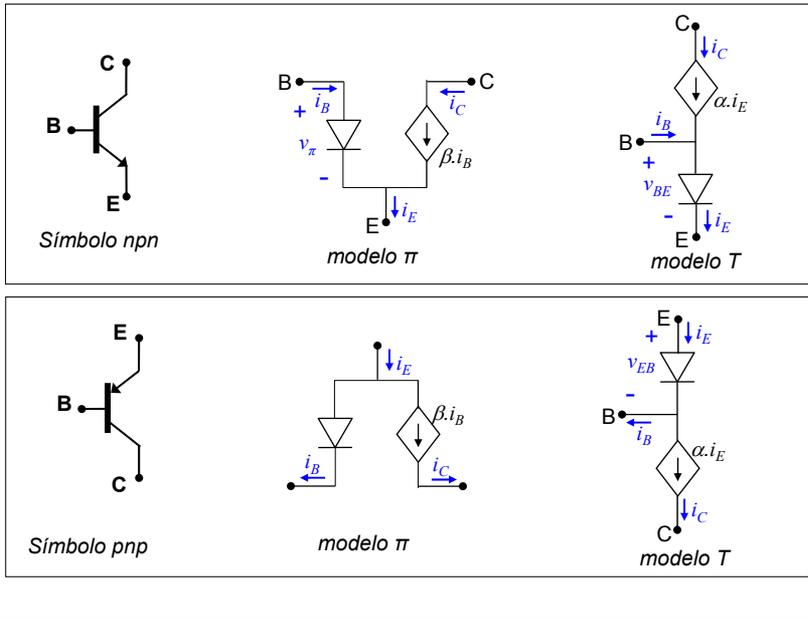
$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$ (ganho de corrente em base-comum)	$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (ganho de corrente em emissor-comum)
0,9	9
0,95	19
0,99	99
0,998	499

► Valores típicos: $20 < \beta < 500$ ($0,952 < \alpha < 0,998$)

► Transistores iguais podem ter β ligeiramente diferentes

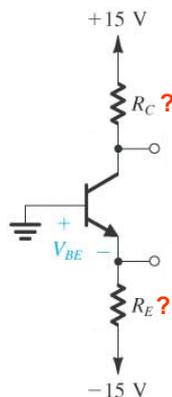
8

Símbolo e Modelos Equivalentes

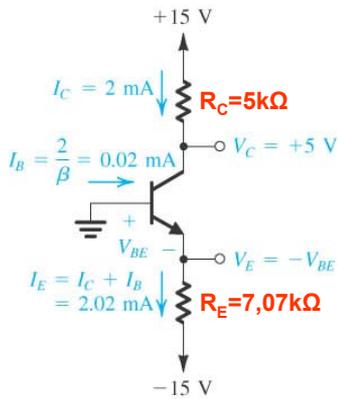


Exemplo:

O transistor da figura abaixo tem $\beta = 100$ e exibe uma tensão v_{BE} de 0,7V com $i_C = 1$ mA. Projete o circuito para que uma corrente de 2 mA flua através do coletor e que uma tensão de +5V apareça no terminal do coletor.



Solução



tem-se:

$$V_C = +5 \text{ V} \Rightarrow V_{RC} = 15 - 5 = 10 \text{ V}$$

$$I_C = 2 \text{ mA} \Rightarrow R_C = V_{RC} / 2 \text{ mA} = \underline{5 \text{ k}\Omega}$$

como: $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$ para $I_C = 1 \text{ mA}$

V_{BE} para $I_C = 2 \text{ mA}$ é dado por:

$$V_{BE} = 0,7 + V_T \ln\left(\frac{2}{1}\right) = 0,717 \text{ V}$$

como: $V_B = 0 \Rightarrow V_E = -0,717 \text{ V}$

$$(\beta = 100 \Rightarrow \alpha = 100/101)$$

$$e: I_E = I_C / \alpha = 2 / 0,99 = 2,02 \text{ mA}$$

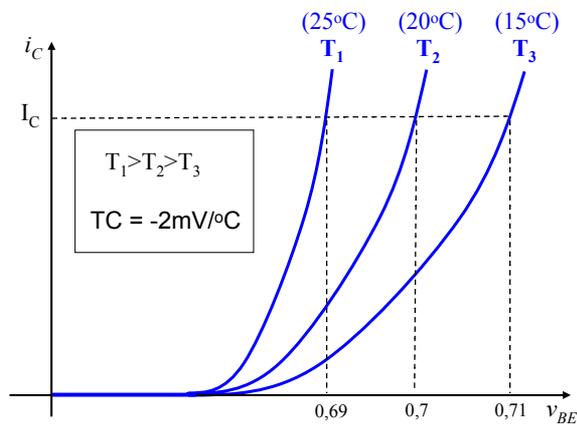
$$\text{assim: } R_E = (V_E - (-15)) / I_E = \underline{7,07 \text{ k}\Omega}$$

11

Representação gráfica das características do BJT

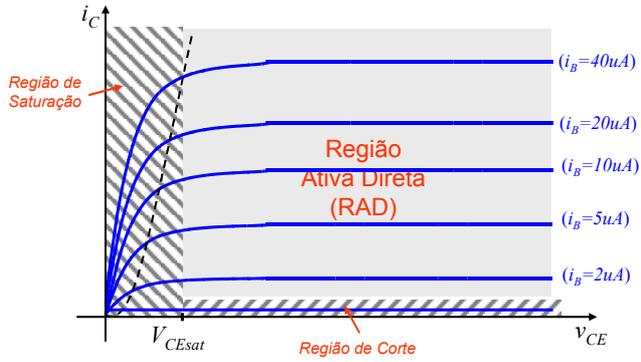
como:

$$i_C = I_S \cdot e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

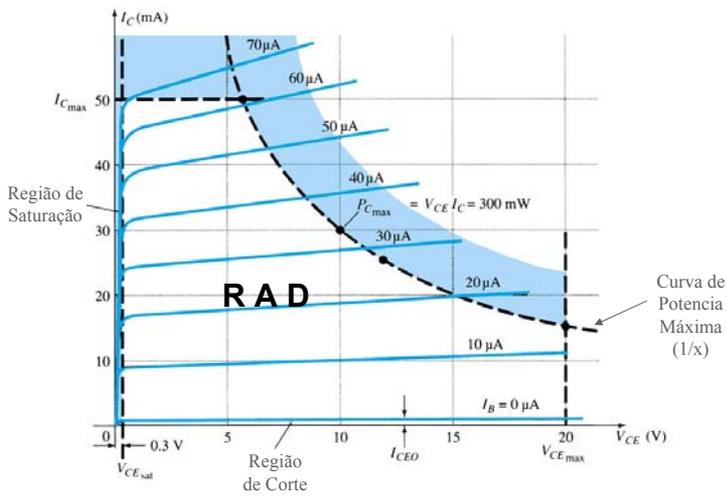


Característica $i_C - v_{BE}$

12



Característica de saída (i_C - V_{CE})



Característica de Saída - Limites de Operação

Efeito Early (dependência de i_c da tensão coletor-emissor)

