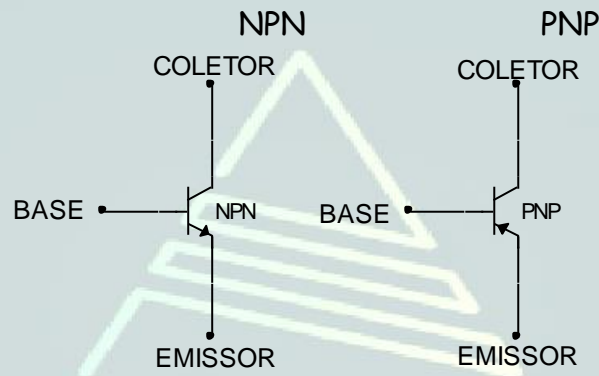


AULA: 08 – MODOS DE OPERAÇÕES DOS TRANSISTORES

JEB	JCB	MODO
Reversa	Reversa	CORTE
Direta	Reversa	ATIVO
Direta	Direta	SATURAÇÃO

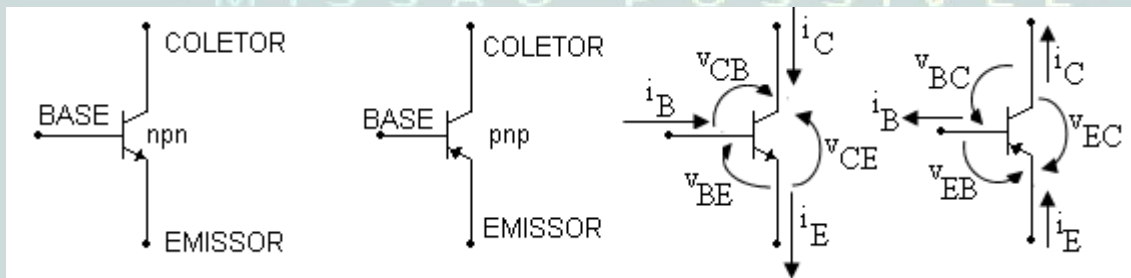
Transistores de junções bipolares TJB.



1.2 Transistores dos tipos NPN e PNP.

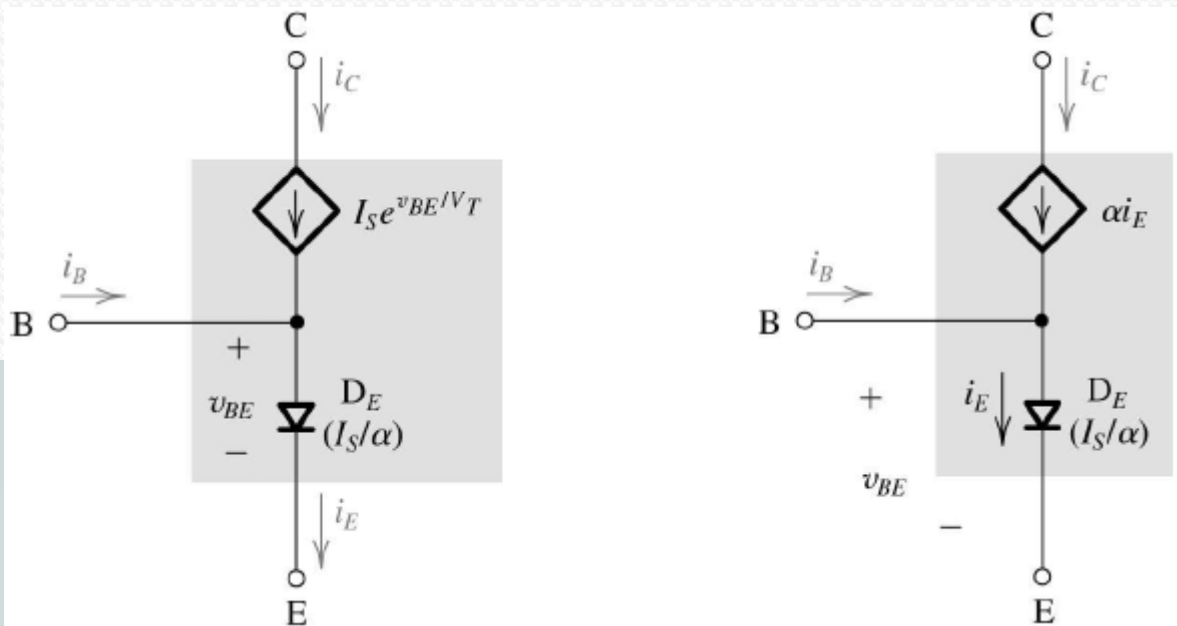
Símbolo

Correntes e tensões.

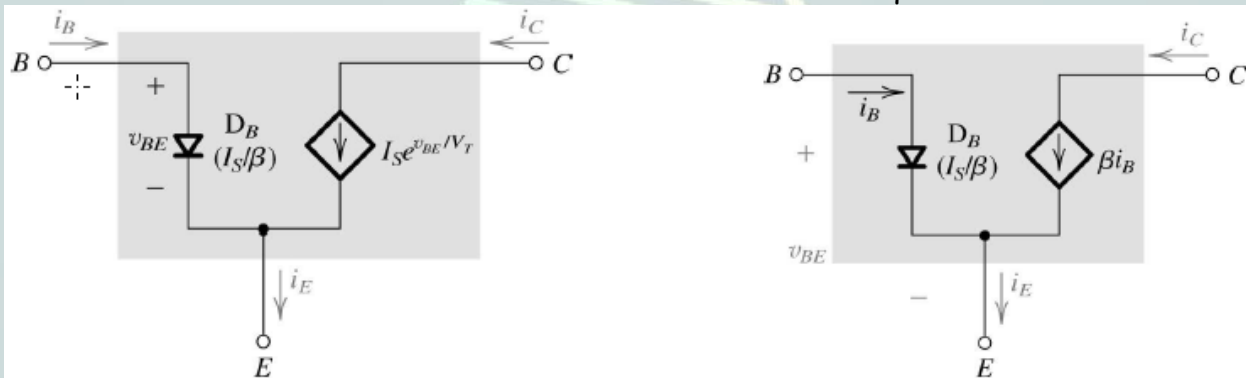


As relações das correntes são: $i_C = \beta i_B$, $\alpha = \beta / (1 + \beta)$ e $i_C = \alpha i_E$, $i_E = i_B + i_C$ e $i_E = (\beta + 1)i_B$ e as relações das tensões são: $v_{BE} + v_{CB} = v_{CE}$ OU $v_{EB} + v_{BC} = v_{EC}$.

MODELOS EQÜIVALENTES DO TRANSISTOR NPN



Ou redesenhando os modelos acima constrói-se os modelos eqüivalentes do transistor



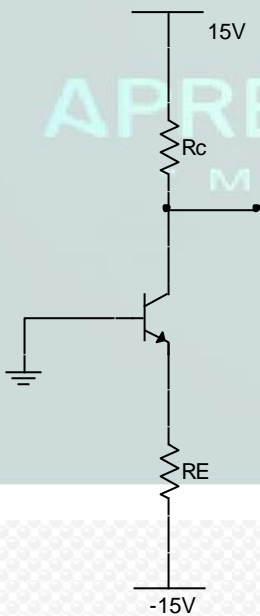
CORRENTE DE FUGA I_{CB0} .

É uma corrente reversa de coletor-base de portadores minoritários gerados termicamente. Depende da temperatura e dobra a cada 10°C . Valor típico igual a 10nA .

Transistor na região ativa		
$v_{BE} > 0$ e $v_{CB} > 0$ para o npn	$v_{EB} > 0$ e $v_{BC} > 0$ para o pnp	
$i_C = I_S \cdot e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$	$i_B = \frac{i_C}{\beta} = \left(\frac{I_S}{\beta}\right) \cdot e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$	$i_E = \frac{i_C}{\alpha} = \left(\frac{I_S}{\alpha}\right) \cdot e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$
(para o transistor pnp trocar por v_{EB} e v_{BC})		
$i_C = \alpha \cdot i_E$	$i_B = \frac{i_C}{\beta}$	$i_E = i_C + i_B$
$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$	$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$	$V_T = \frac{kT}{q} \approx 25mV$

EXERCÍCIOS

Um transistor tem $\beta = 100$ e a tensão $v_{BE} = 0,7V$ para $i_C = 1$ mA. Projetar o circuito de modo que uma corrente de 2 mA circule pelo coletor e que a tensão no coletor seja igual a 5V.



Sabendo-se que $v_{BE} = 0,7V$ para $i_C = 1$ mA, o valor de v_{BE} será:

$$i_{C1} = I_S e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}}$$

$$i_{C2} = I_S e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}}$$

Então a relação entre i_{C2} e i_{C1} , será:

$$\ln \frac{i_{C2}}{i_{C1}} = \ln \left(\frac{e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}}}{e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}}} \right) = \ln \left(e^{\frac{v_{BE2}}{V_T}} - e^{\frac{v_{BE1}}{V_T}} \right) = \frac{v_{BE2}}{V_T} - \frac{v_{BE1}}{V_T}$$

$$v_{BE2} = v_{BE1} + V_T \cdot \ln \left(\frac{i_{C2}}{i_{C1}} \right)$$

A tensão $v_{BE2} = 0,7 + 25mV \cdot \ln(2/1) = 0,717V$.



Eletrônica básica

$$R_C = \frac{15 - 5}{2\text{mA}} = \frac{10}{2\text{mA}} = 5\text{K}\Omega$$

A tensão $V_E = 0 - v_{BE} = 0 - 0,717 = -0,717\text{V}$.

Para $\beta = 100$, $\alpha = 100/101 = 0,99$. Logo a corrente de emissor, será:

$i_E = 2\text{mA}/0,99 = 2,02\text{ mA}$. O valor de R_E será:

$$R_E = (-0,717 - (-15))/2,02 = 7,07\text{K}\Omega.$$

Exercícios para resolver em casa ou na sala de aula.

1. Projetar o circuito alterando os valores do exercício anterior. A tensão de alimentação igual a $\pm 10\text{V}$. Sabendo-se que $v_{BE} = 0,7\text{V}$ para $i_C = 1\text{ mA}$. Para uma corrente de coletor de 5 mA e a tensão de coletor igual 2V e $\beta = 50$.

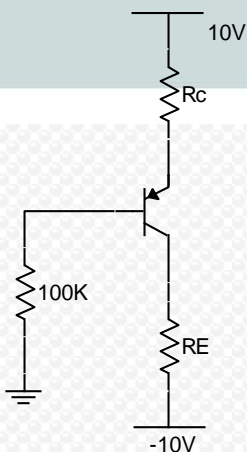
Resposta: $R_C = 1,6\text{K}\Omega$ e $R_E = 1,81\text{K}\Omega$.

2. Para o circuito exemplo, calcular a corrente i_E , i_C , i_B e v_C , sabendo-se que $\beta = 50$, $R_C = 5\text{K}$, $R_E = 10\text{K}$ e $V_{\text{FONTE}} = \pm 10\text{V}$.

Resposta: $i_E = 0,93\text{mA}$, $i_B = 18,2\mu\text{A}$, $i_C = 0,91\text{mA}$ e $v_C = +5,45\text{V}$.

3. Em um transistor pnp foram feitas algumas medições de tensões no resistor de base igual a $+1\text{V}$ e no resistor de emissor para a terra de $1,7\text{V}$. Quais os valores de α e β para o transistor. Qual a tensão no coletor em relação á terra? Dados $R_C = R_E = 5\text{K}\Omega$.

Resposta: $\alpha = 0,994$; $\beta = 165$; $v_C = -1,75\text{V}$.



4. Na configuração do exercício anterior, mantendo-se os valores dos resistores e sabendo-se que $i_B = 20\mu A$, $v_{BE} = 0,7V$. Calcular:

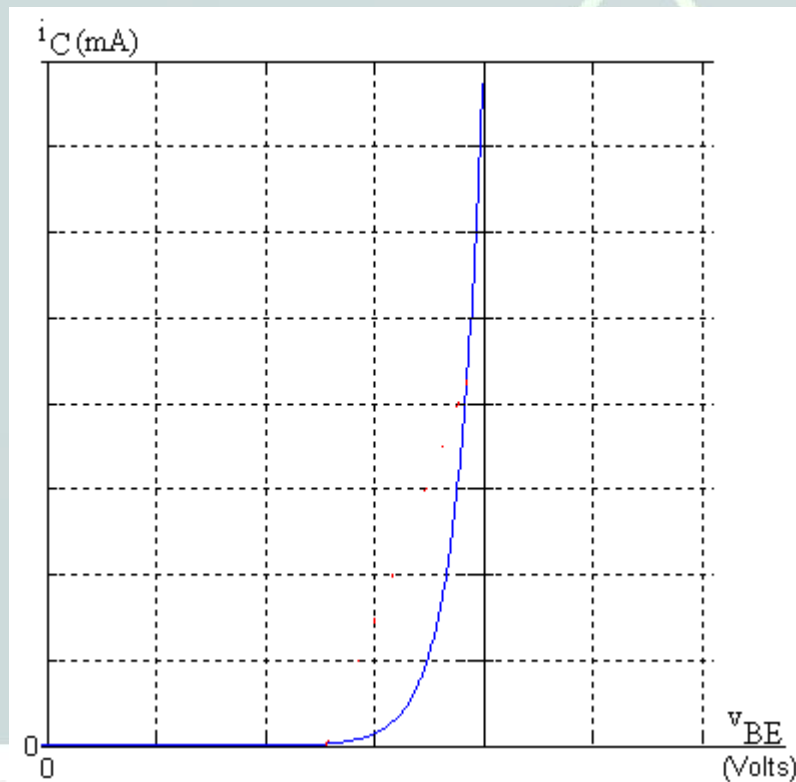
- A corrente de emissor, coletor e base.
- Os valores de α e β .
- As tensões no coletor emissor em relação à terra.

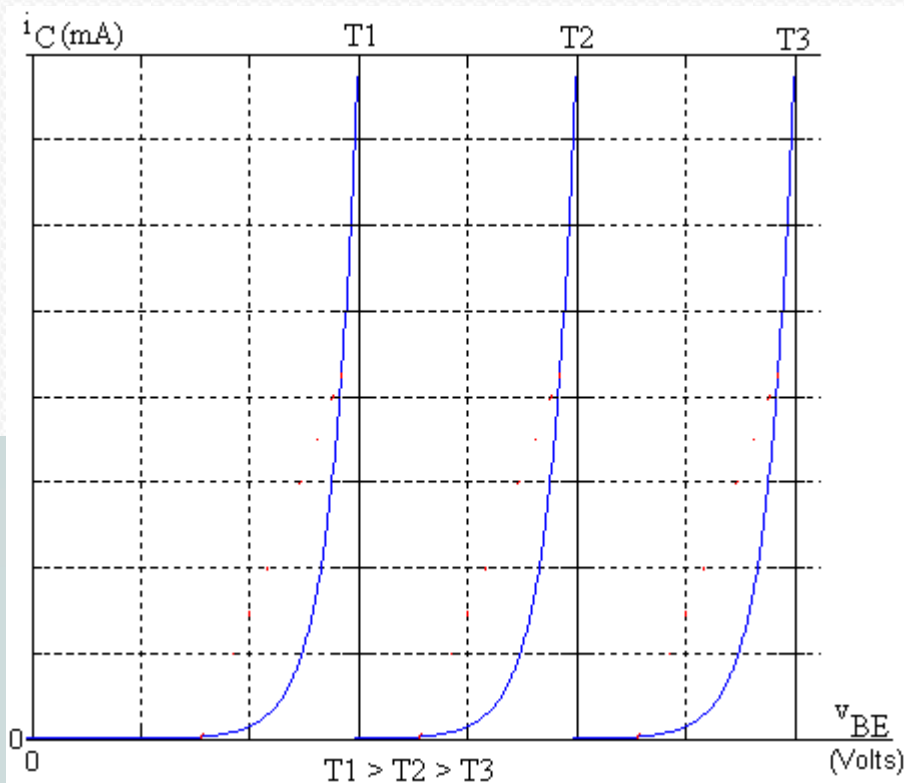
Resposta: $i_B = 20\mu A$; $i_E = 1,46mA$; $i_C = 1,44mA$; $\beta = 72$; $\alpha = 0,986$; $v_E = 2,7V$; $v_C = -2,8V$.

2. CURVA CARACTERÍSTICA DO TRANSISTOR

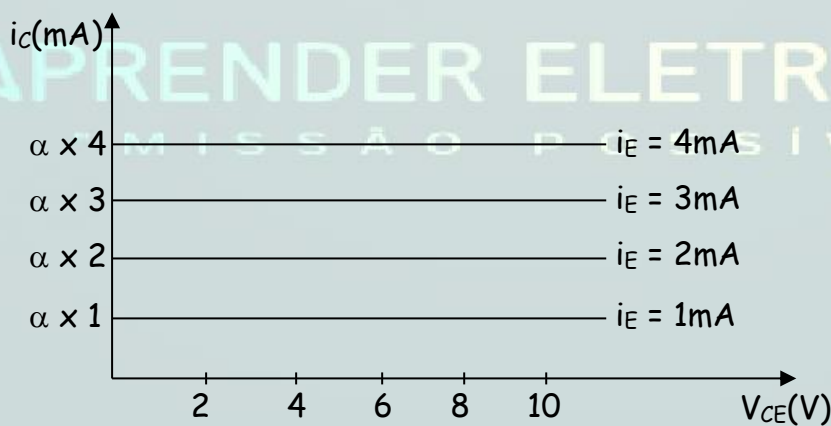
A curva característica $i \times v$ mostra graficamente o comportamento do transistor sujeito à variação de parâmetros como temperatura entre outros.

2.1 Dependência com a temperatura $i_C \times v_{BE}$.





2.2 A curva de $i_C \times v_{CE}$.



A curva de $i_C \times v_{CE}$ tem como parâmetros a variação da corrente I_E , A curva característica mostra o comportamento dinâmico do transistor. Vemos que a corrente I_E é praticamente igual a corrente I_C para α aproximadamente igual a 1. Como o parâmetro α varia entre 0,95 a 0,995 então quanto maior for a taxa entre a corrente de coletor com a de emissor, melhor será o transistor. A corrente de coletor é uma porcentagem da corrente de emissor, pois existe uma corrente de base. Quanto menor for a relação entre a corrente de base e a corrente de emissor, mais próximo de 1 será o parâmetro α .