

ALFA E BETA

OBJETIVOS: Entender como funciona um transistor, através de seus dois parâmetros: o Alfa (α) e o Beta (β).

INTRODUÇÃO TEÓRICA

A maioria dos circuitos elétricos opera com sinais elétricos, que podem ser correntes alternadas ou contínuas de determinadas características e para finalidades específicas.

Um amplificador de áudio, por exemplo, opera com correntes alternadas e contínuas.

A corrente contínua é utilizada para alimentar os diversos estágios do equipamento, enquanto que, a corrente alternada é o sinal a ser amplificado, proveniente de uma fonte qualquer (como um microfone), para ser injetado em um alto falante, para que possa ser entendido.

Os componentes capazes de amplificar um determinado sinal são denominados componentes ativos. O transistor é, pois, um componente ativo uma vez que, possibilita a amplificação de sinais.

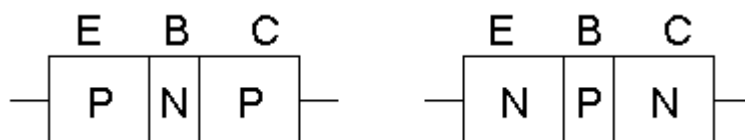
Nos transistores, a exemplo dos diodos, as correntes passam por um meio sólido, daí este componente ser denominado de *estado sólido*.

O nome transistor vem de *Transference-Resistor* tendo sido desenvolvido a partir de 1.948.

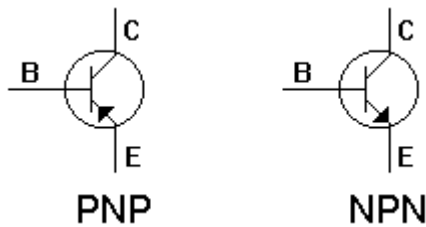
Entretanto, os transistores vêm evoluindo rumo a tipos mais complexos, e hoje em dia existe uma família ampla de transistores como os *bipolares*, os *de efeito de campo (FET)*, os *de uniunção (UJT)*.

Estudaremos no momento os *transistores bipolares*, que foram o ponto de partida para todo o desenvolvimento tecnológico na condução no estado sólido.

A figura abaixo mostra os tipos possíveis de transistores bipolares:



Os símbolos correspondentes e respectivas polaridades são mostrados a seguir:

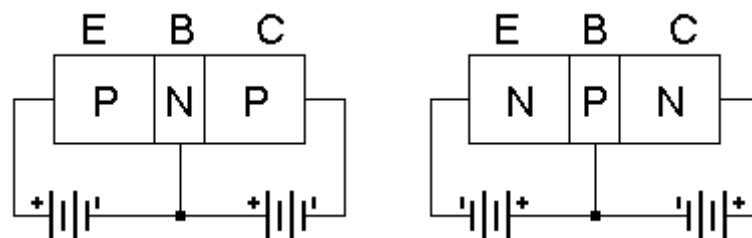


Observa-se que a representação de transistores NPN e PNP apresenta uma pequena diferença: nos transistores NPN a seta que indica o emissor aponta para fora, enquanto que no transistor PNP esta seta aponta para dentro.

O transistor bipolar recebe essa denominação, pois seu funcionamento depende de portadores majoritários de polaridades opostas.

O emissor (E) é a região mais dopada; a base (B) é a região menos dopada, enquanto que o coletor (C) é uma região mais dopada do que a base, porém, menos dopada do que o emissor.

Para que um transistor bipolar funcione é necessário polarizá-lo corretamente, ou seja, a junção base-emissor deve ser polarizada diretamente, enquanto que a região base-coletor deve ser polarizada reversamente, conforme mostra a figura abaixo:



Analisando a figura acima, verifica-se que é muito importante então a forma de polarizar as junções e sua respectiva representação.

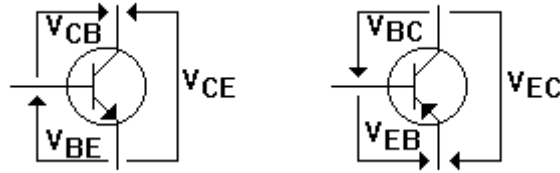
Assim, para um transistor NPN, a tensão na junção base-emissor representa-se por V_{BE} e a tensão na junção base-coletor representa-se por V_{CB} , onde a primeira letra do subscrito representa sempre que a tensão nesse terminal é mais positiva do que a letra que o precede.

Desta forma ao representarmos uma tensão V_{BE} para a junção base-emissor de um transistor NPN, significa que a base neste caso, é mais positiva do que o emissor, enquanto que para a tensão V_{CB} , o coletor é mais positivo do que a base.

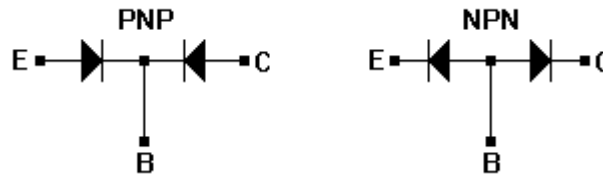
Para um transistor PNP a análise é idêntica exceto que as letras do subscrito devem ser invertidas (V_{EB} e V_{BC}) respectivamente.

Essas tensões podem ser representadas graficamente através de setas indicativas, onde a ponta da seta indica que a tensão é mais positiva.

Veja as ilustrações a seguir:



Os transistores bipolares podem também ser identificados através de um circuito equivalente com diodos, conforme mostra a figura abaixo. Observa-se claramente que as junções B-E e B-C (base-emissor e base coletor respectivamente) são implementadas por dois diodos.



Desta forma, através de uma análise estática, torna-se fácil definir o tipo de polaridade do transistor com o auxílio de um ohmímetro.

O ALFA (α) e o BETA (β)

O alfa de um transistor é a relação entre a corrente de coletor (I_C) e a corrente de emissor (I_E), com a tensão entre a base e o coletor (V_{CB}) constante.

Matematicamente temos:

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$$

com V_{CB} constante (1)

O beta de um transistor é a relação entre a corrente de coletor (I_C) e a corrente de base (I_B) com a tensão entre o coletor e o emissor (V_{CE}) constante.

Matematicamente temos:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

com V_{CE} constante (2)

Façamos então uma análise dessas expressões para termos uma ideia de grandeza dos parâmetros alfa e beta. Aplicando as leis de Kirchhoff para corrente, temos:

$$I_C + I_B - I_E = 0 \quad (3)$$

Resolvendo:

$$I_E = I_C + I_B \quad (4)$$

Como I_B é muito menor do que I_E e I_C , podemos então dizer que I_E é um pouco maior do que I_C (aproximadamente iguais). Logo, dividindo I_C por I_E , resulta em um valor menor do que 1, e podemos dizer então que:

$$\alpha < 1$$

Como I_C é muito maior do que I_B , o resultado da divisão entre I_C e I_B , resulta em um número muito maior do que 1, e podemos dizer que:

$$\beta \gg \gg 1$$

RELACÃO ENTRE O ALFA E O BETA

A relação entre o alfa e o beta pode ser mostrada de maneira bastante simples, a partir da expressão (3), onde temos:

$$I_B = I_E - I_C \quad (5)$$

de (1) temos: $I_C = \alpha I_E$ (6)

substituindo (6) em (5), temos: $I_B = I_E - \alpha I_E$, logo:

$$I_B = I_E (1 - \alpha) \quad (7)$$

dividindo I_C por I_B , temos:

$$\frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha I_E}{I_E (1 - \alpha)} \quad (8)$$

Como $I_C / I_B = \beta$, temos:

$$\beta = \frac{\alpha I_E}{I_E (1 - \alpha)} \implies \boxed{\beta = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)}} \quad (9)$$

De (9), tiramos:

$$\beta (1 - \alpha) = \alpha$$

$$\beta - \beta\alpha = \alpha$$

$$\beta = \alpha + \beta\alpha$$

$$\beta = \alpha (1 + \beta)$$

$$\boxed{\alpha = \frac{\beta}{(1 + \beta)}}$$

Normalmente alfa e beta são definidos apenas para medir corrente contínua, mas muitas vezes são utilizados por alguns autores, para medir indistintamente corrente alternada e corrente contínua. Para trabalhar com corrente alternada, utiliza-se um artifício bem simples: injeta-se uma corrente na entrada e mede-se a corrente na saída; injeta-se outra corrente na entrada e mede-se a nova corrente na saída. Com isto obteremos uma variação dessas correntes na entrada e na saída, de onde obtemos:

$$\Delta I_B, \Delta I_C \text{ e } \Delta I_E$$

Desta forma, o quociente da variação da corrente da entrada com a variação da corrente da saída, nos simulará o ganho de corrente alternada.

Neste caso é importante que o resultado dessa variação seja o mais reduzido possível, para que possamos obter um ganho real. Desta forma temos:

$\alpha = \frac{I_{C1} - I_{C2}}{I_{E1} - I_{E2}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$	V_{CB} constante
$\beta = \frac{I_{C1} - I_{C2}}{I_{B1} - I_{B2}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$	V_{CE} constante

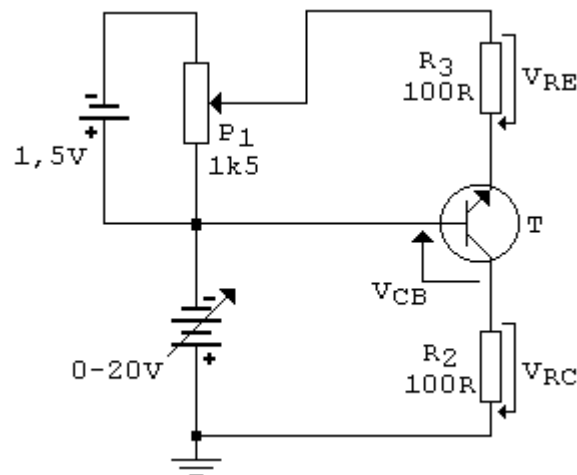
PARTE PRÁTICA

MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 1 - Fonte regulável 0-20V
- 1 - Pilha de 1,5V - tam. médio
- 1 - Multímetro analógico ou digital
- 1 - Miliamperímetro
- 1 - Módulo de ensaios ELO-1

DETERMINAÇÃO DO α :

1 - Monte o circuito abaixo:



2 - Ajuste o potenciômetro e a fonte de forma a obter: $I_E = 1\text{mA}$ e $V_{CB} = 4\text{V}$ e complete a tabela 1.

3 - Ajuste agora o potenciômetro e a fonte de forma a obter: $I_E = 1,5\text{mA}$ e $V_{CB} = 4\text{V}$ e complete a tabela 1.

Tabela 1

I_E	V_{RE}	V_{CB}	V_{RC}	I_C	α_{CC}
1mA		4V			
1,5mA		4V			

4 - Com os valores medidos na tabela 1, calcule α_{CA}

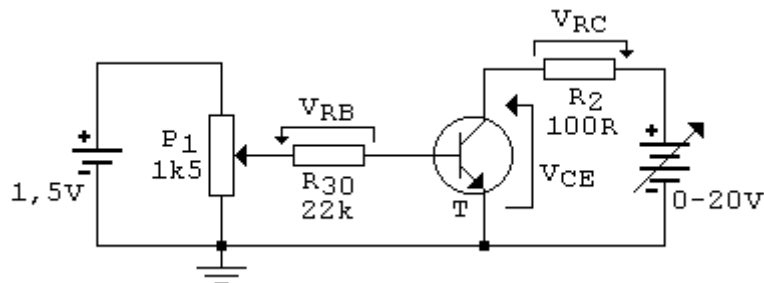
$\alpha_{CA} =$

OBS:

- a) I_E - pedido
- b) V_{RE} - calculado $\implies V_{RE} = I_E \times R_E$
- c) V_{CB} - pedido
- d) V_{RC} - medido
- e) I_C - calculado $\implies I_C = V_{RC} / R_C$
- f) α_{CC} e α_{CA} - calculados

DETERMINAÇÃO DO β :

5 - Monte o circuito abaixo:



6 - Ajuste o potenciômetro e a fonte para que $I_B = 10\mu A$ e $V_{CE} = 4V$ e complete a tabela 2.

7 - Ajuste agora o potenciômetro e a fonte para que $I_B = 15\mu A$ e $V_{CE} = 4V$ e complete a tabela 2.

Tabela 2

I_B	V_{RB}	V_{CE}	V_{RC}	I_C	β_{CC}
10 μA		4V			
15 μA		4V			

8 - Com os valores medidos na tabela 2, calcule β_{CA} :

$\beta_{CA} =$

OBS:

- a) I_B - pedido
- b) V_{RB} - calculado $\implies V_{RB} = I_B \times R_B$
- c) V_{CE} - pedido

- d) V_{RC} - medido
- e) I_C - calculado $\implies I_C = V_{RC} / R_E$
- f) β_{CC} e β_{CA} - calculados

QUESTÕES:

1 - Numa verificação experimental, determinou-se num certo transistor $\alpha = 0,99$. A partir do valor real que é $\alpha = 0,98$ calcule o erro percentual em β .

2 - Defina o que é α_{CA}

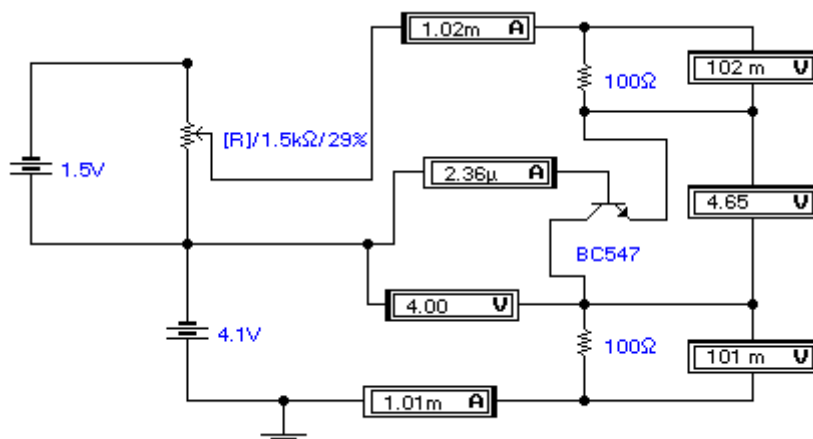
3 - Defina o que é β_{CA}

4 - Qual é a diferença entre β_{CC} e β_{CA} ?

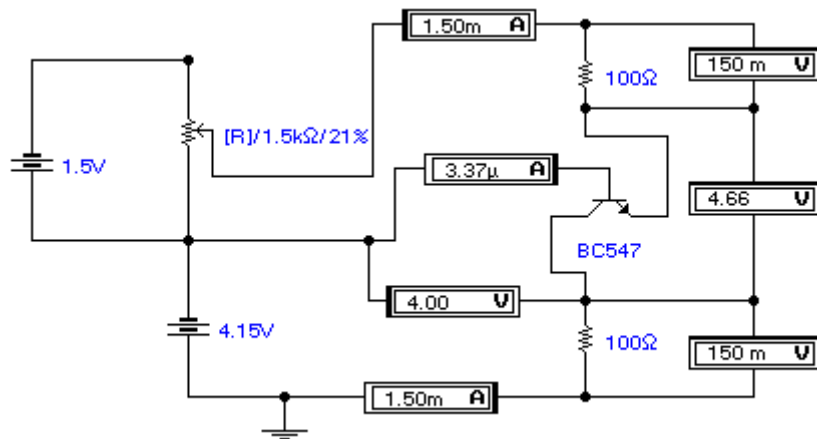
5 - Qual é a diferença entre α_{CC} e α_{CA} ?

**VALORES OBTIDOS NO SIMULADOR
EWB**

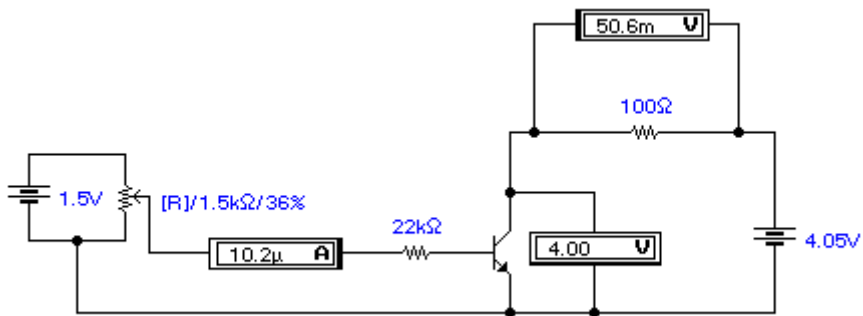
CONDIÇÃO: $I_E \cong 1\text{mA}$



CONDIÇÃO: $I_E = 1,5\text{mA}$



CONDIÇÃO: $I_B \cong 10\mu\text{A}$



CONDIÇÃO: $I_B \cong 15\mu\text{A}$

