

1. Considere um TBJ tipo npn, polarizado na região ativa. Faça diagramas esquemáticos:

- da estrutura, adicionando indicação dos vários componente de corrente (flechas com identificação) e a polarização das duas junções (direta ou reversa);
- da concentração de portadores minoritários nas três regiões (com ênfase na região neutra da base; como condições de contorno temos a lei do diodo:

$$n_p(0) = n_{p0} \exp(v/V_T) \Leftrightarrow ou \Leftrightarrow p_n(0) = p_{n0} \exp(v/V_T)$$
).

Defina α e β . Explique (baseada na física das junções, ilustrada pelos itens a) e b) acima) porque α tende a 1 e β é um número alto.

2. Repita os itens a) e b) da questão anterior, para a condição de polarização no modo saturação. Explique (baseada na física das junções, ilustrada pelos itens a) e b) deste caso) porque $\beta_{\text{forçado}}$ é reduzido.

3. Referente ao circuito da Fig.3, determine as correntes I_C , I_B e I_E e as tensões V_C , V_B e V_E , para casos de dois valores de R (entre base e fonte V_{CC}): a) $R = 20 \text{ k}\Omega$ e b) $R = 10 \text{ k}\Omega$. Assuma a tensão $V_{BE} = 0,7 \text{ V}$, $\beta = 100$ e se estiver em saturação, $V_{CE\text{sat}} = 0,2 \text{ V}$. Caso esteja em saturação, determine o valor de $\beta_{\text{forçado}}$.

4. Referente ao circuito amplificador da Fig.4: v_s é uma fonte de sinal ca de pequeno sinal senoidal, o JBT tem $\beta = 100$ e $V_A = 100 \text{ V}$ e os capacitores têm valor infinito. a) determine o ganho de tensão linear. b) Qual é a máxima amplitude de v_s para que não haja distorção no sinal na saída. Qual é o fator limitante para evitar esta distorção.

5. Simule (SPICE) o circuito do exemplo 4.18 do livro texto (Sedra, 4ª edição), realizando todas as simulações descritas no texto (Cópia ao final da lista).

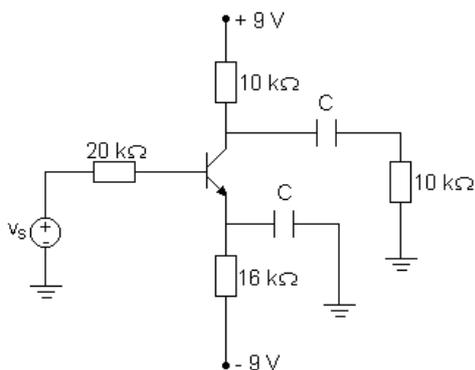


Fig. 4

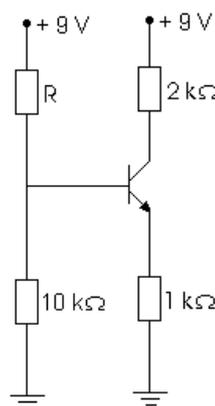


Fig. 3

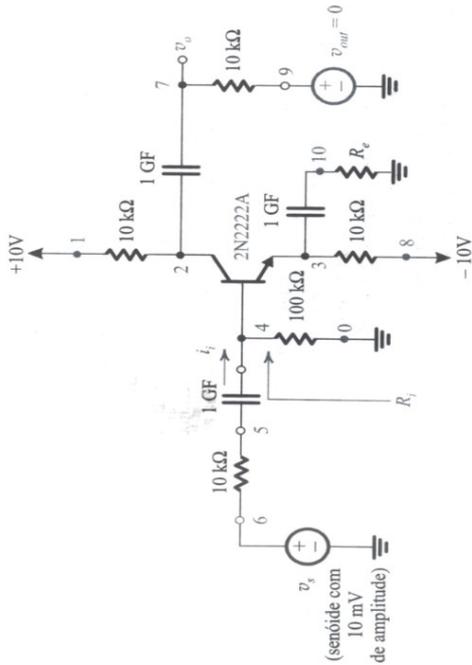


Figura 4.76 Circuito amplificador emissor comum para a simulação SPICE do Exemplo 4.18. O arquivo de entrada de dados é mostrado no Apêndice D.

A fim de possibilitar o estudo do efeito da colocação de uma resistência no caminho do sinal no emissor, um resistor R_e está conectado em série com o capacitor de passagem de emissor. Além disso, note que uma fonte v_{out} de valor zero está incluída em série com o resistor de carga para possibilitar ao SPICE o cálculo da corrente na carga.

O arquivo de entrada de dados é mostrado no Apêndice D. Utilizamos o transistor 2N2222A que está disponível nas bibliotecas que acompanham o SPICE. Instruímos o SPICE a realizar uma análise do ponto quiescente cc e, com um sinal senoidal de entrada de 10 mV e 1 kHz, realizar uma análise AC para dois casos: $R_e = 0$ e $R_e = 100 \Omega$.

Como deve ser sempre o caso com simulação por computador, uma análise manual aproximada deve ser feita de antemão para julgar os resultados de saída do SPICE. Dessa forma, pode-se apreciar em maiores detalhes e explorar mais adequadamente os resultados da simulação. Usando $V_{BE} = 0,7$ V, $\beta = 100$ e desprezando o efeito Early, obtemos $I_E = 0,85$ mA e $I_C = 0,84$ mA. Na análise para pequenos sinais, temos das especificações de fabricante do 2N2222A que, para $I_C = 1$ mA, β_{ca} (ou h_{fe}) está na faixa de 100 a 175. Adotando-se um valor conservador de 125 para o dispositivo "típico" e desprezando o efeito Early, podemos determinar os parâmetros do modelo π -híbrido:

$$g_m = 34 \text{ mA/V} \quad r_e = 29,4 \Omega \quad r_\pi = 3,7 \text{ k}\Omega$$

As fórmulas da Seção 4.11 podem agora ser usadas para determinar R_i e A_v ,

Assim,

$$\begin{aligned} \text{para } R_e = 0: \quad R_i &= 3,57 \text{ k}\Omega \quad \text{e} \quad A_v = -44,7 \text{ V/V} \\ \text{para } R_e = 100 \Omega: \quad R_i &= 13,1 \text{ k}\Omega \quad \text{e} \quad A_v = -21,9 \text{ V/V} \end{aligned}$$

E a saída SPICE fornece:

$$\begin{aligned} I_C &= 0,865 \text{ mA} \quad g_m = 33,4 \text{ mA/V} \quad r_\pi = 4,11 \text{ k}\Omega \\ r_x &= 57,2 \Omega \quad r_o = 117,5 \text{ k}\Omega \quad \beta_{ac} = 137,4 \end{aligned}$$

Observamos que esses resultados estão muito próximos de nos dos manualmente. Observe, no entanto, que β_{ca} é maior que o valor q mo assim, um bom projeto resultaria em um ganho de tensão q insensível ao valor de β . Veremos o que o SPICE encontrou para os Para $R_e = 0$, $R_i = 4,0 \text{ k}\Omega$ e $A_v = -45,2 \text{ V/V}$. Para $R_e = 100 \Omega$, $R_i = 15,0 \text{ V}$. Novamente, esses resultados estão muito próximos de nossos valor almente. Finalmente, usaremos o SPICE para estudar a sensibilidade lor de β . Os resultados obtidos são:

β_F	β_{ca}	$ A_{vL} $, ($R_e = 0$)
153 (caso típico)	137,4	45,2
100	92,8	33,7
200	174,2	53,1

Note que o resistor de degeneração de emissor torna o ganho valor de β , como era esperado. Essa menor sensibilidade, assim como da degeneração de emissor, são obtidas às custas da redução no ganho

RESUMO

- Dependendo das condições de polarização das duas junções, o TBJ pode operar em três modos possíveis: corte (as duas junções reversamente polarizadas), ativo (a JEB diretamente polarizada e a JCB reversamente polarizada) e saturação (as duas junções diretamente polarizadas).
- Nas aplicações como amplificador, o TBJ opera no modo ativo. Aplicações de chaveamento utilizam os modos de corte e de saturação.
- Uma operação do TBJ no modo ativo proporciona uma simplificação se fizermos
- Para garantir a operação no modo ativo, a tensão base-emissor deve ser maior que a tensão na base pnp , a tensão no coletor deve ser maior que a tensão na base npn .
- Para uma corrente de coletor I_C , a tensão base-emissor diminui com o aumento da temperatura.
- A análise cc de circuitos simplificados se faz com o modelo π -híbrido.