

Preparação do Exp. IV — Estágio de acoplamento com Transistor de Junção Bipolar (BJT)

Bianca Yoshie Itiroko - 164923, Luiz Eduardo Cartolano - 183012, Seong Eun Kim - 177143
EE534 - Turma Y - Grupo 2

Setembro de 2018

1 Topologia do circuito

Considerando os seguintes requisitos:

- Alto ganho de corrente;
- Ganho de tensão = 1;
- Resistência de entrada alta;
- Resistência de saída baixa.

Podemos concluir que o *BJT* deve ser usado com a topologia de **Coletor comum (Seguidor de Emissor)**. A escolha por tal topologia se dá com base nas equações apresentadas no [4]. Para um circuito desse tipo (Figura 1), podemos chegar nas seguintes equações para os parâmetros (usa-se o circuito equivalente para pequenos sinais, Figura 2 a fim de facilitar encontrar as equações):

- Ganho de tensão

$$A_v = \frac{(\beta + 1) \cdot R_L \parallel r_o}{R_s + (\beta + 1) \cdot (r_e + R_L \parallel r_o)} \quad (1)$$

- Impedância de entrada

$$R_i = (\beta + 1) \cdot R_L \quad (2)$$

- Impedância de saída

$$R_o = \frac{r_\pi + R_s}{\beta + 1} \quad (3)$$

- Corrente no terminal de saída

$$i_x = v_x \cdot \left[\frac{1}{r_o} + \frac{\beta + 1}{r_\pi + R_s} \right] \quad (4)$$

Analisando as equações, é possível perceber que o circuito em questão atende aos requisitos, por isso é uma boa escolha.

2 Projeto de um amplificador como estágio de acoplamento

2.1 a) Valor de V_{CE} de modo que se obtenha a máxima excursão

O ponto de máxima excursão para o transistor visa obter o seu funcionamento, a maior parte do tempo, em modo linear. Para encontrá-lo é preciso que a tensão no emissor, V_E , esteja a meio caminho entre a tensão limiar de funcionamento, V_{BE} e a tensão de alimentação, V_{CC} . Para isso fazemos:

$$V_E = \frac{V_{BE} + V_{CC}}{2} \quad (5)$$

Para o qual encontramos $V_E = 6,35V$. Sabendo que:

$$V_B = V_{BE} + V_E \quad (6)$$

Temos que $V_B = 7,05V$. E, uma vez que $V_C = V_{CC} = 12V$ e que:

$$V_{CE} = V_C - V_E \quad (7)$$

Podemos concluir que $V_{CE} = 5,65V$.

2.2 b) Calcule o ganho, impedância de entrada e impedância de saída para pequenos sinais

Primeiro, iremos mostrar o cálculo para a impedância de entrada. Analisando o circuito equivalente da Figura 2, podemos perceber que a resistência efetiva no emissor é dada por $r_e + R_E$. Logo, a impedância no transistor é $Z_{in} = (r_e + R_E) \cdot \beta$. E então, é possível concluir que a impedância de entrada do circuito vai ser aproximadamente igual ao resistor R_B .

Já para calcularmos a impedância de saída, a abordagem foi semelhante. Sobre o mesmo circuito usado anteriormente, aplicou-se Thévenin, de onde obtemos que $Z_{TH} = R_g \parallel R_B$, e $V_{TH} = V_B$. Analisando a tensão de saída, foi possível perceber que R_E está em paralelo com a tensão de saída do transistor, logo:

$$Z_o(T) = \frac{R_g \parallel R_B}{\beta} + r_e \quad (8)$$

E como R_E é muito maior que $Z_o(T)$, a impedância de saída será, aproximadamente, a impedância de saída do transistor, logo:

$$Z_o = r_e = \frac{\beta}{\beta + 1} \cdot \frac{V_T}{I_C} \quad (9)$$

Que é um valor extremamente baixo.

Por fim, buscou-se descobrir o ganho de tensão (A_v) do circuito. Para isso comparou-se a tensão de entrada com a de saída, obtendo:

$$A_v = \frac{R_E \cdot i_e}{(R_E \cdot i_e) + r_e} \quad (10)$$

Como, R_E é muito maior que r_e , o ganho de tensão pode ser considerado igual a 1.

2.3 c) Encontre o valor de R_E x I_C

Sabemos que:

$$i_c = \left(\frac{\beta}{\beta + 1} \right) \cdot i_e \quad (11)$$

Uma vez que, analisando o circuito em [3], encontramos:

$$i_e = \frac{V_E}{R_E} \quad (12)$$

Foi possível obter que $i_c \cdot R_E = 6,29$.

2.4 d) Encontre o valor de R_B x I_C

Uma vez que, analisando o circuito em [3], encontramos:

$$i_b = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} \quad (13)$$

E sabendo que:

$$i_c = \beta \cdot i_b \quad (14)$$

Foi possível obter que $i_c \cdot R_B = 594$.

2.5 e) Encontre o valor de $R_B \setminus R_E$

Sabemos que:

$$i_b = \frac{i_e}{\beta + 1} \quad (15)$$

Uma vez que, analisando o circuito em [3], encontramos:

$$\frac{V_{CC} - V_B}{R_B} = \frac{V_E}{R_E \cdot (\beta + 1)} \quad (16)$$

Foi possível obter que $R_B \setminus R_E = 94,3$.

2.6 f) Encontre R_B e R_E para $I_C = I_{C,max}/2$ e para $I_C = 100\text{mA}$. Extraia $I_{C,max}$ do datasheet.

A partir do *datasheet* 1, foi possível descobrir que $I_{C,max} = 600\text{mA}$.

Então usando as equações obtidas nos itens anteriores, obtemos que, para $I_C = I_{C,max}/2 = 300\text{mA}$, $R_E = 20\Omega$ e $R_B = 2k\Omega$.

Enquanto que para $I_C = 100\text{mA}$, $R_E = 62,5\Omega$ e $R_B = 6k\Omega$.

2.7 g) Para os valores encontrados no item anterior de R_B e R_E para $I_C = 100\text{mA}$, calcule os valores numéricos do ganho, impedância de entrada e impedância de saída. Assuma $V_T = 26\text{mV}$. Comente estes valores sob a perspectiva do item 1.

Usando as equações e as discussões dos itens anteriores, podemos concluir que:

- Impedância de entrada = $6\text{ k}\Omega$
- Impedância de saída = $0,25\text{ }\Omega$
- Ganho de tensão = 1V

Os valores encontrados vão ao encontro do que discutimos no Item 1. O circuito simulado com os valores das resistências calculadas pode ser visto em 2.

Referências

- [1] Datasheet. Disponível em: <https://tinyurl.com/mg5x8ep>, Acesso em: 10-09-2018.
- [2] Simulação do circuito. Disponível em: <http://tinyurl.com/y73525ab>, Acesso em: 10-09-2018.
- [3] MASIERO Bruno. Pre relatorio 4. Disponível em: <https://tinyurl.com/y9er7y7a>, Acesso em: 10-09-2018.
- [4] Adel S. Sedra and Kenneth C. Smith. *Microelectronic Circuits*. Oxford University Press, fifth edition, 2004.

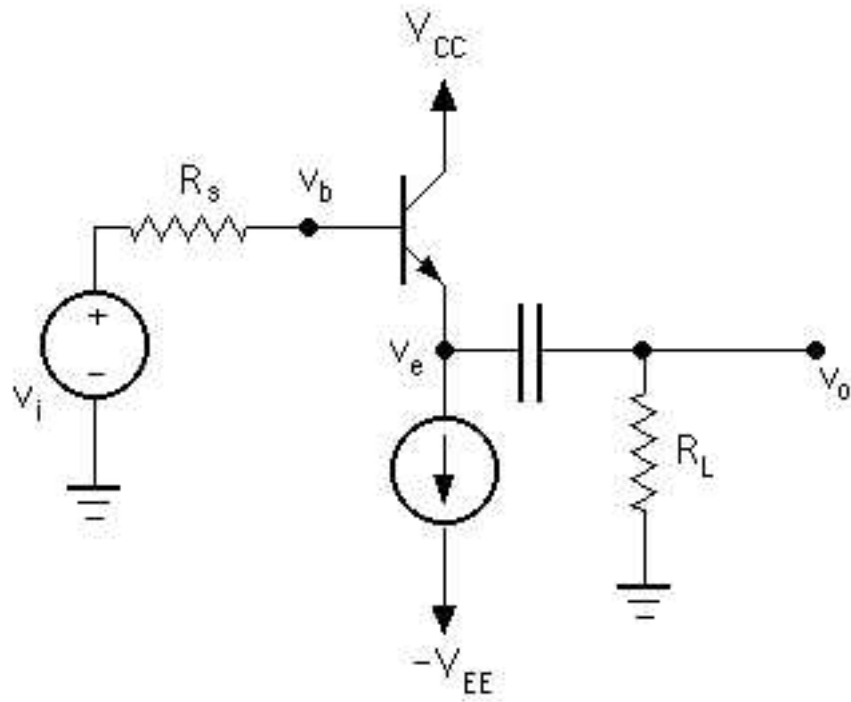


Figura 1: Exemplo de circuito para o Coletor Comum

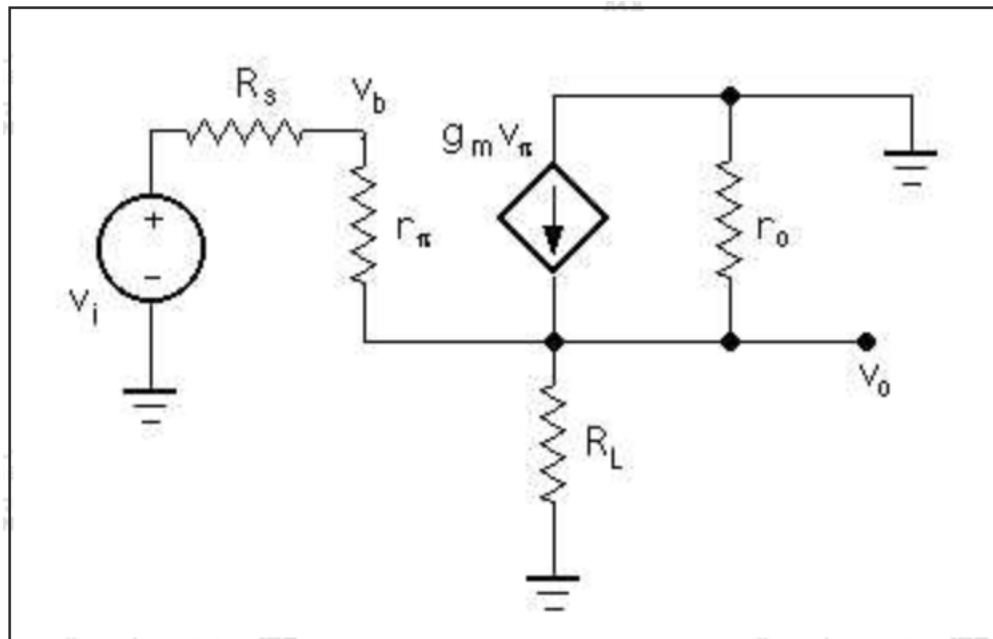


Figura 2: Exemplo de circuito equivalente de pequenos sinais para o Coletor Comum