



铁道信号自动控制专业教学资源库

共集放大电路

哈尔滨铁道职业技术学院





共集放大电路分析

共集电极放大电路分析：如图 16-44。

1. 输入电阻

$$R_i = R_B // R'_i$$

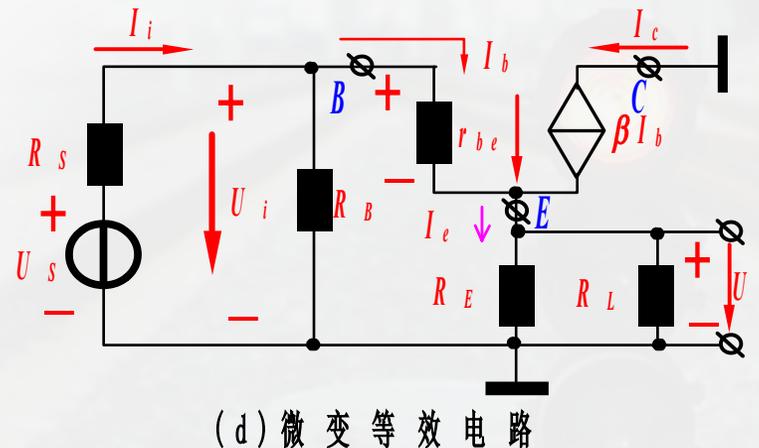
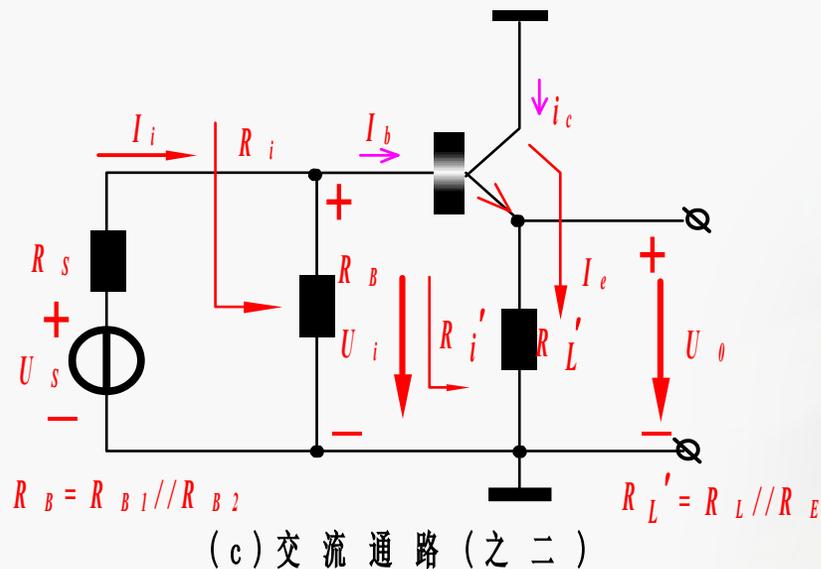
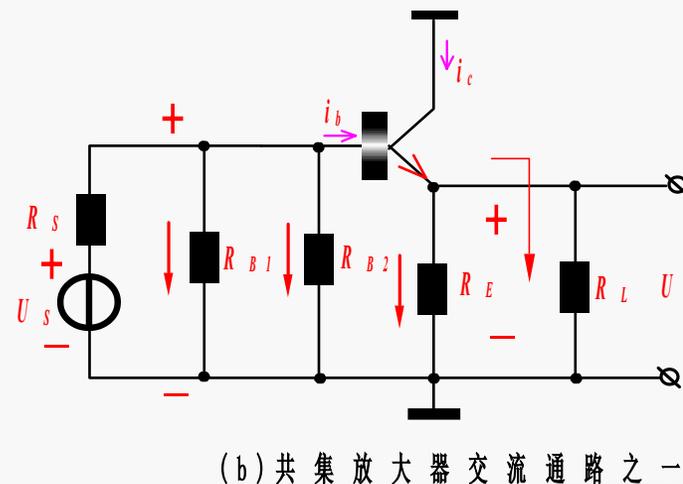
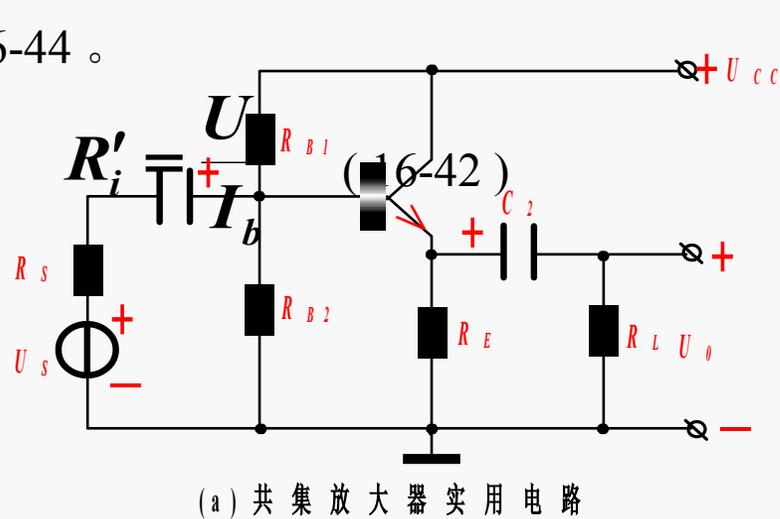


图 16-44 共集电极放大器



共集放大电路分析

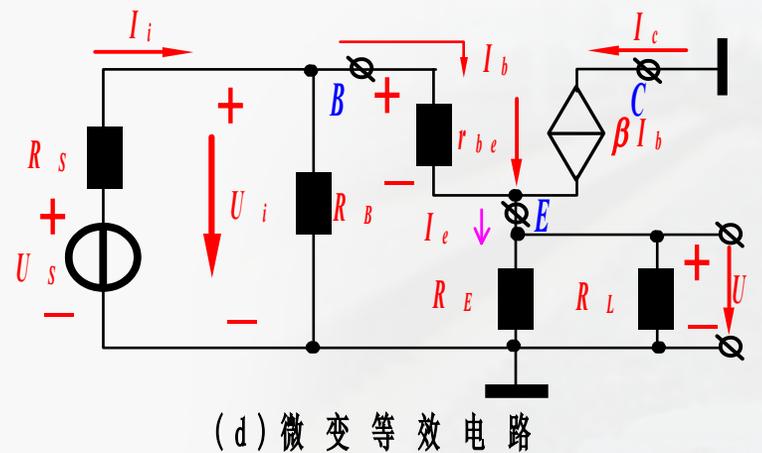
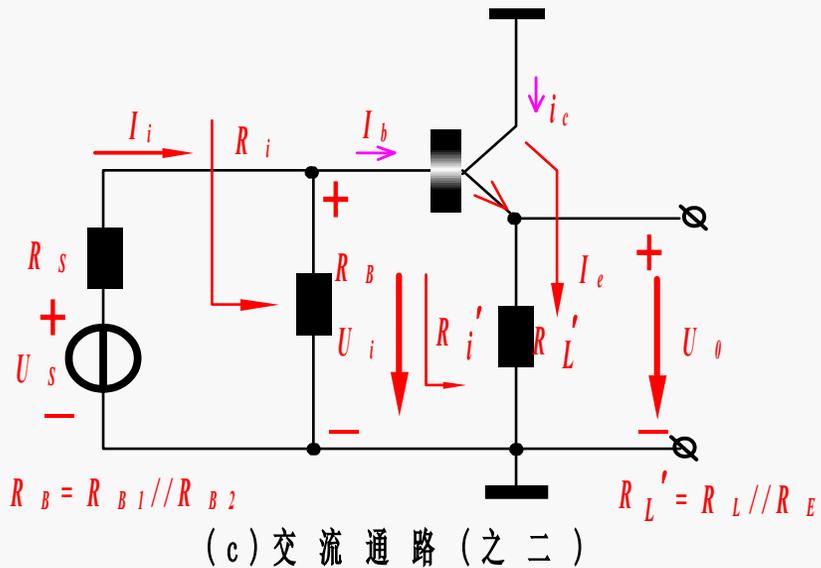
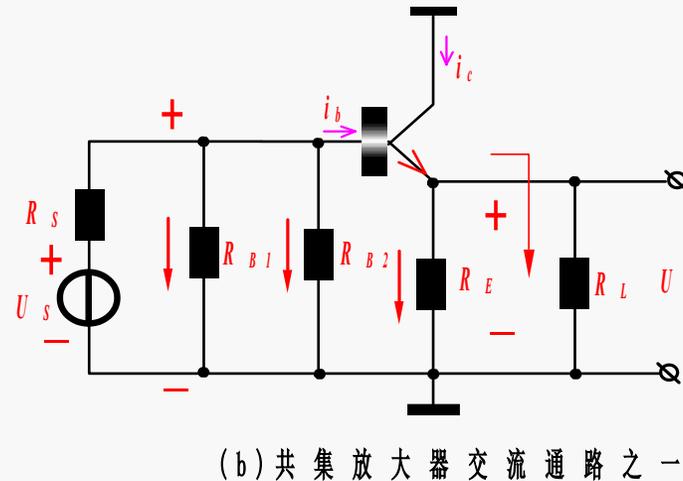
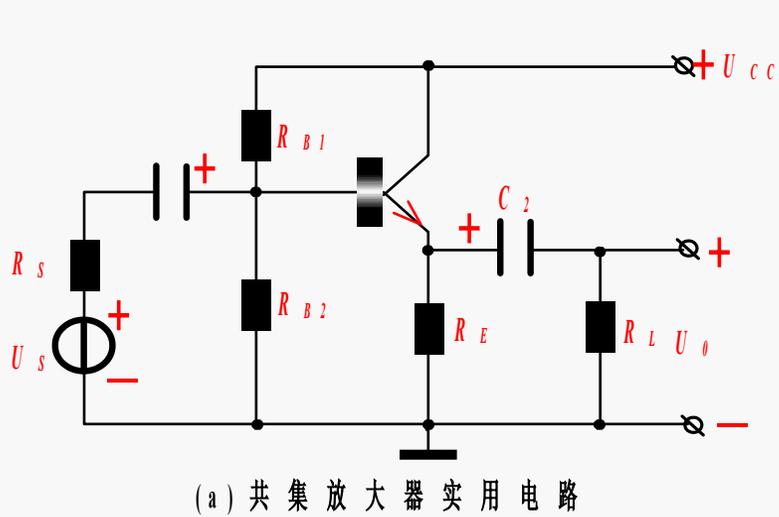


图 16-44 共集电极放大器



$$\therefore U_i = U_{be} + U_0$$

而

$$U_{be} = I_b \cdot r_{be}$$

$$U_0 = I_e \cdot R'_L = (1 + \beta) I_b R'_L$$

$$\begin{aligned} \therefore U_i &= I_b r_{be} + (1 + \beta) R'_L I_b \\ &= I_b [r_{be} + (1 + \beta) R'_L] \end{aligned}$$

则

$$R'_i = \frac{U_i}{I_b} = r_{be} + (1 + \beta) R'_L \quad (16-43)$$

上式右边第二项是 R'_L 折算到基极的值，当满足 $(1 + \beta) R'_L \gg r_{be}$ 以及 $R_B \gg R'_i$ 时， $R_i \approx (1 + \beta) R'_L$



2. 电流增益

$$\begin{aligned} A_i &= \frac{I_0}{I_i} = \frac{I_0}{I_b} \cdot \frac{I_b}{I_i} = \frac{I_e}{I_b} \cdot \frac{I_b}{I_i} \\ &= -(1 + \beta) \frac{R_B}{R_B + R'_i} \quad (16-44) \end{aligned}$$

负号表示实际方向与假定方向相反

3. 外观电压增益

$$A_u = \frac{U_0}{U_i} = \frac{I_e R'_L}{I_b R'_i} = (1 + \beta) \frac{R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R'_L} \quad (16-45)$$

一般 $(1 + \beta) R'_L \gg r_{be}$ 则 $A_u \approx 1$ (16-46)



共集放大电路分析

结论：

式 (16-46) 表明，共集电极电路输出电压与输入电压同相，而且 $U_o \approx U_i$ ，因而输出端电位跟随着输入端电位的变化而变化，故共集放大器又称射极跟随器。

由于它的输出端是在发射极上，故又称射极输出器。

4. 输出电阻

利用微变等效电路来求 R_o ，

如图 16-45 所示，将电压源短路，

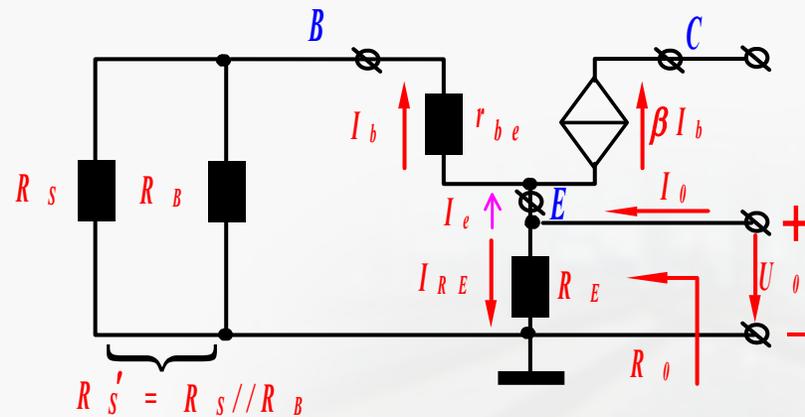
外加电压 U_o ，若产生 I_o ，

则按定义：

$$R_o = \frac{U_o}{I_o}$$

$$\because I_o = (1 + \beta) I_b + I_{R_E}$$

$$\text{而 } I_b = \frac{U_o}{r_{be} + R'_S} \quad I_{R_E} = \frac{U_o}{R_E}$$



(a) 求 R_o 的微变等效电路

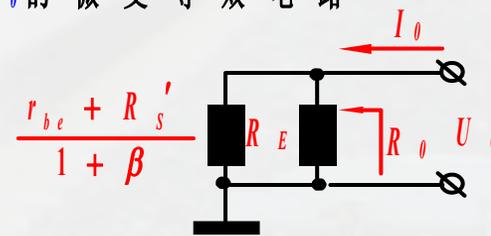


图 16-45

(b) 共集放大器输出电阻 R_o



故

$$R_0 = \frac{1}{\frac{1+\beta}{r_{be} + R'_S} + \frac{1}{R_E}} = \left(\frac{r_{be} + R'_S}{1+\beta} \right) // R_E \quad (16-47)$$

式 (16-47) 表明, 共集放大器的输出电阻包含两部分: R_E 和三极管接成共集连接时的输出电阻 $\frac{r_{be} + R'_S}{1+\beta}$

一般 $R_E \gg \frac{r_{be} + R'_S}{1+\beta}$

故 $R_0 \approx \frac{r_{be} + R'_S}{\beta}$ (16-48)



结论:

射极输出器的输出电阻远比共发或共基低，因而它具有恒压输出特性。

综上所述，共集放大器的主要特点是电压放大倍数接近 1；输入电阻高；输出电阻低。

表 16-2 是三种组态放大电路基本特性比较。

例 16-4 共发射极放大器实用电路如图 16-46(a)，已知 $U_{BEQ}=0.7$ 伏， $\beta=100$ ， $r_{bb}'=400\Omega$

(1). 估算集电极静态工作点电流 I_{CQ} 及 U_{CEQ}

(2). 画出交流通路

(3). 求外观电压增益 $A_u = \frac{U_0}{U_i}$ ， C_1 、 C_2 、 C_E 对交流

均可认为短路。



表 2-2 BJT 三种组态放大电路基本特性比较

性能	共射电路	共集电路	共基电路
电压放大倍数	大 (几十至几百)	小 (小于 1)	大 (几十至几百)
电流放大倍数	大 ($\leq \beta$)	大 ($\leq \beta + 1$)	小 ($\leq \alpha$)
功率放大倍数	大 (几千)	小 (几千)	中 (几百)
输入电阻	中 (几百欧至几千欧)	大 (几十千欧)	小 (几欧至几十欧)
输出电阻 (不包直流负载电阻)	中 (几百欧至几千欧)	小 (几至几十欧)	大 (几百千欧)
频率特性	差	好	最好
主要用途	功率放大倍数最大， 使用最为广泛	用于高输入电阻，低输出电阻电路及阻抗变换电路	用于高频电路



共集放大电路分析

解：

(1) 根据戴维南定理，由图 16-46(b) 电路，

求出

$$R_B = R_{B1} // R_{B2} = 2.83 \text{ K}\Omega$$

$$U_{BB} = 1.7 \text{ 伏}$$

由图 16-46(c) 及相应公式 (16-17)

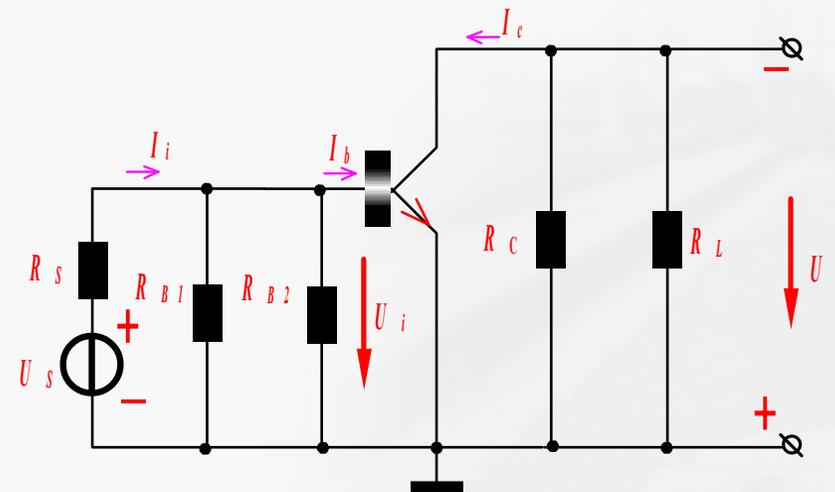
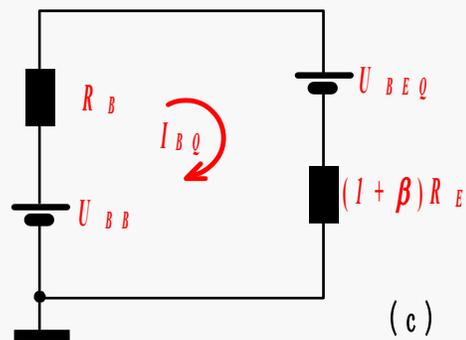
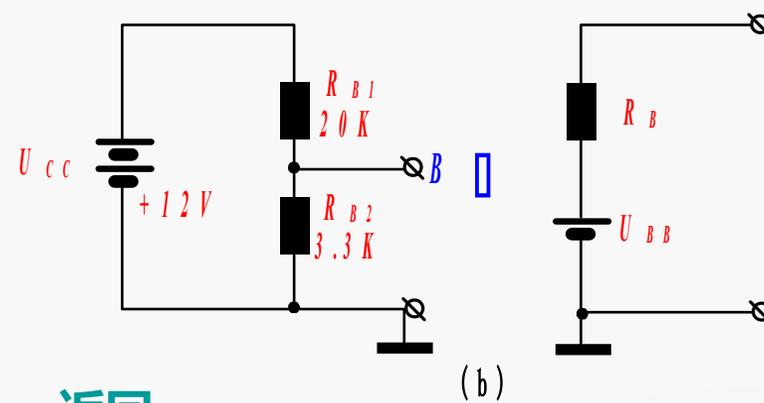
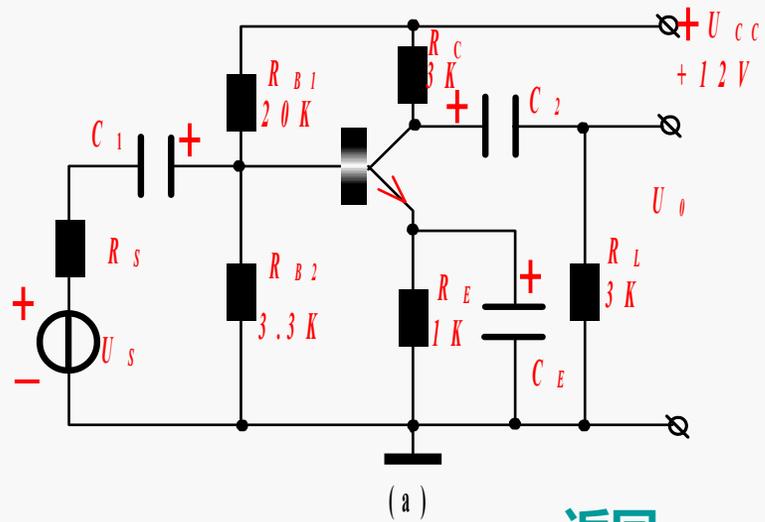
$$\begin{aligned} I_{BQ} &\approx \frac{U_{BB} - U_{BEQ}}{R_B + (1 + \beta)R_E} \\ &= \frac{(1.7 - 0.7)V}{2.83 \text{ K} + (100 + 1) \cdot 1 \text{ K}} \approx 0.01 \text{ mA} = 10 \mu\text{A} \end{aligned}$$

$$I_{CQ} = \beta I_{BQ} = 100 \times 10 \mu\text{A} = 1 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} U_{CEQ} &= U_{CC} - I_{CQ}R_C - I_{EQ}R_E \\ &\approx U_{CC} - I_{CQ}(R_E + R_C) = 8 \text{ V} \end{aligned}$$



共集放大电路分析





(2). 交流通路如图 16-46(d) 所示

(3). 根据外观增益公式即式 (16-34):

$$A_u = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}}$$

$$\approx 400 + (1 + 100) \frac{26}{1}$$

$$\approx 3000 \Omega = 3 K\Omega$$

$$R'_L = R_C // R_L = 1.5 K\Omega$$

代入已知数，得：

$$A_u = -100 \times \frac{1.5 K\Omega}{3 K\Omega} = -50$$



共集放大电路分析

②. 求 发射极直流电位

$$U_E = U_B - U_{BEQ} = (1.7 - 0.7)V = 1V$$

③. 求发射极静态电流

$$I_{EQ} = \frac{U_E}{R_E} = \frac{1V}{1K\Omega} = 1mA$$

④. 求集电极静态工作点电流

$$I_{CQ} \approx I_{EQ} = 1mA$$

⑤. 求 CE 之间静态电压降

$$U_{CEQ} \approx U_{CC} - I_{CQ}(R_E + R_C) = 8V$$

⑥. 求共发交流输入电阻

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} \approx 3K\Omega$$

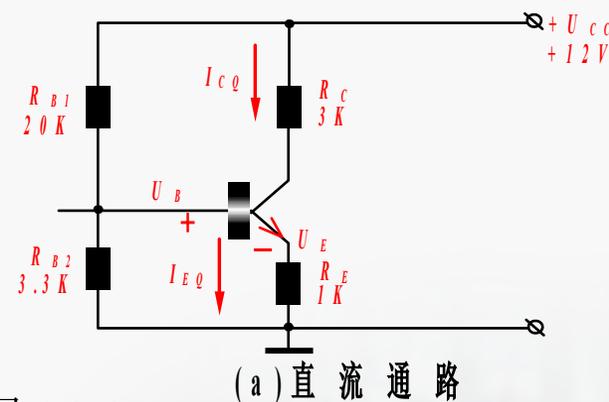
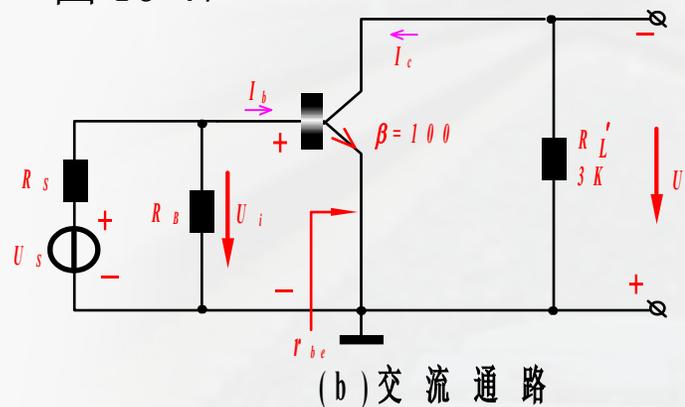


图 16-47





共集放大电路分析

⑦. 求外观电压增益

$$A_u = -\beta \frac{R'_L}{r_{be}}$$

$$\therefore R'_L = R_L // R_C = 1.5K$$

$$\therefore A_u = -100 \cdot \frac{1.5k}{3K} = -50 \text{ 倍}$$

例 16-5 发射极输出器如图 16-48 所示，

已知： $\bar{\beta} = \beta = 60$

求： (1) 估算静态工作点， (2) A_u ， R_i ， R_o

解：

$$(1). I_{BQ} = \frac{U_{CC} - U_{BEQ}}{R_B + (1 + \bar{\beta})R_E}$$

选取 $U_{BEQ} = 0.6$ 伏，代入已知条件

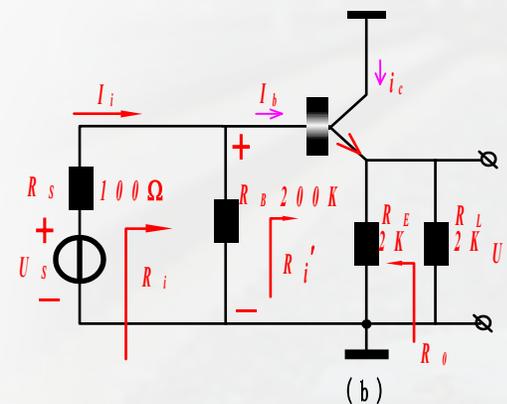
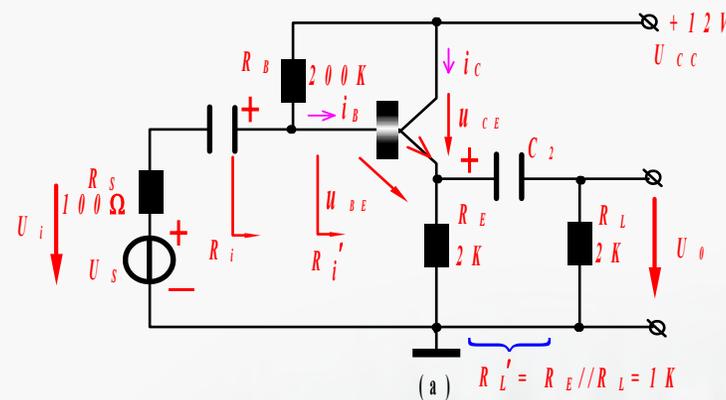


图 15-48



$$I_{BQ} = \frac{12 - 0.6}{200K + (1 + 60) \cdot 2K} = 0.035mA = 35\mu A$$

$$I_{EQ} = (1 + \bar{\beta}) I_{BQ} = 2.14mA \approx I_{CQ}$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{EQ} R_E = 12 - 2.14mA \times 2K\Omega = 7.7V$$

$$(2). \quad r_{be} = 300\Omega + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} = 1.04K\Omega \approx 1K\Omega$$

$$A_u = \frac{(1 + \beta) R'_L}{(1 + \beta) R'_L + r_{be}} = 0.98$$



$$I_{BQ} = \frac{12 - 0.6}{200K + (1 + 60) \cdot 2K} = 0.035mA = 35\mu A$$

$$I_{EQ} = (1 + \bar{\beta}) I_{BQ} = 2.14mA \approx I_{CQ}$$

$$U_{CEQ} = U_{CC} - I_{EQ} R_E = 12 - 2.14mA \times 2K\Omega = 7.7V$$

$$(2). \quad r_{be} = 300\Omega + (1 + \beta) \frac{26}{I_{EQ}} = 1.04K\Omega \approx 1K\Omega$$

$$A_u = \frac{(1 + \beta) R'_L}{(1 + \beta) R'_L + r_{be}} = 0.98$$



谢谢

Thank you!