

模拟电子技术作业 (二) 参考答案

一、在下图所示电路中, 在 VT 的发射极接有一个恒流源, 设 $U_{BEQ} = 0.7V$ 、 $\beta = 50$, $r_{bb'} = 100\Omega$,

各电容值足够大。试求:

(1) 静态工作点(I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 V_{CEQ});

(2) 动态参数 \dot{A}_u 、 R_i 、 R_o 。

解: (1) 画出直流通路, 由直流通路可得:

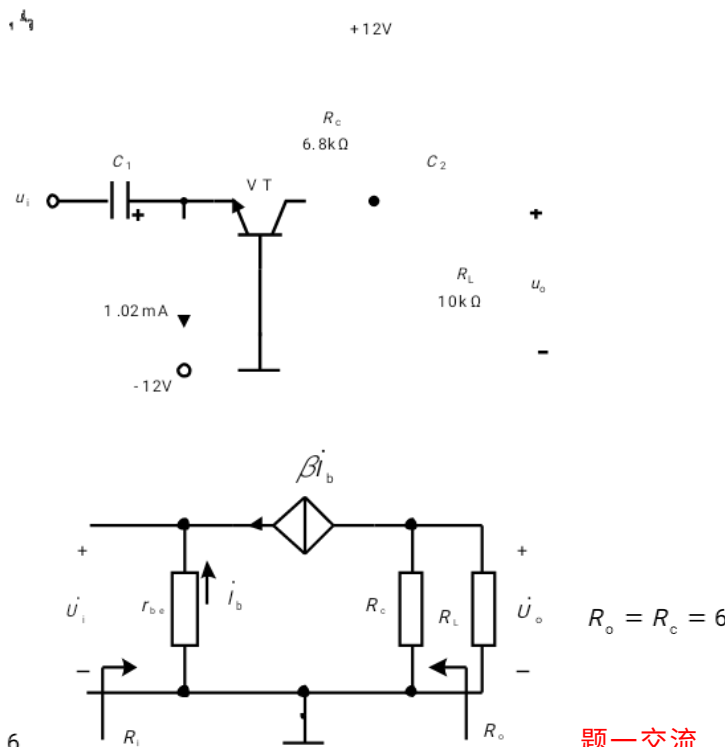
$$I_{BQ} = \frac{I_{EQ}}{1 + \beta} = \frac{1.02}{51} = 20(\mu A) \quad I_{CQ} = \beta \cdot I_{BQ} = 1(mA)$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot R_c = 12 - 1 \times 6.8 = 5.2(V)$$

$$(2) \quad r_{be} = 100 + 51 \times \frac{26}{1.02} = 1.4(k\Omega)$$

$$(3) \quad R_i = \frac{\dot{U}_i}{\dot{I}_i} = \frac{\dot{I}_b r_{be}}{\dot{I}_b(1 + \beta)} = \frac{r_{be}}{1 + \beta} \approx 27.5(\Omega)$$

$$(4) \quad \dot{A}_u = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = \frac{-\beta \dot{I}_b (R_c // R_L)}{-\dot{I}_b r_{be}} = \frac{\beta \cdot R_L'}{r_{be}} = \frac{50 \times (6.8 // 10)}{1.4} \approx 144.6$$



等效电路图

二、电路如下图所示, 晶体管的 $\beta = 50$, $r_{bb'} = 100\Omega$ 。

(1) 计算静态时 T_1 管和 T_2 管的集电极电流和集电极电位;

(2) 用直流表测得 $u_o = 2V$, $u_i = ?$ 若 $u_i = 10mV$, 则 $u_o = ?$

解: (1) 用戴维宁定理计算出左边电路的等效电阻和电源为

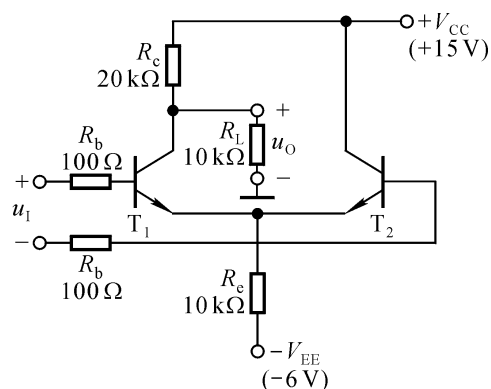
$$R_L' = R_c // R_L \approx 6.67k\Omega, \quad V_{cc}' = \frac{R_L}{R_c + R_L} \cdot V_{cc} = 5V$$

静态时 T_1 管和 T_2 管的集电极电流和集电极电位分别为

$$I_{CQ1} = I_{CQ2} = I_{CQ} \approx I_{EQ} \approx \frac{V_{EE} - U_{BEQ}}{2R_e} = 0.265mA$$

$$U_{CQ1} = V_{cc}' - I_{CQ} R_L' \approx 3.23V$$

$$U_{CQ2} = V_{cc} = 15V$$



(2) 差分电路为双入单出方式, 无共模信号输入即 $u_{ic} = 0$ 。先求出输出电压变化量, 再求解差模放大倍数, 最后求出输入电压, 如下:

$$\Delta u_o = u_o - U_{CQ1} \approx -1.23V$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26 \text{ mA}}{I_{EQ}} \approx 5.1k\Omega$$

$$A_d = -\frac{\beta R_L'}{2(R_b + r_{be})} \approx -32.7$$

(电路对差模信号的等效电路图见教材 163 页图 3.3.39)

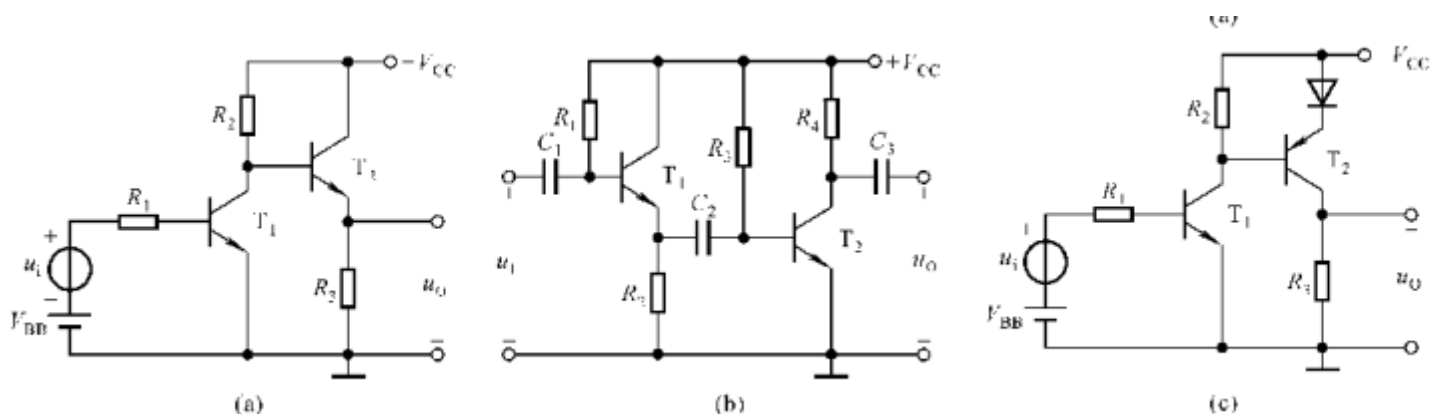
$$u_i = \frac{\Delta u_o}{A_d} \approx 37.6 \text{ mV}$$

若 $u_i = 10 \text{ mV}$, 则

$$\Delta u_o = A_d u_i \approx -0.327 \text{ V}$$

$$u_o = U_{CQ1} + \Delta u_o \approx 2.9 \text{ V}$$

三、 设下图(a)(b)(c)所示各电路的静态工作点均合适, 分别画出它们的交流等效电路, 并写出 \dot{A}_u 、 R_i 和



R_o 的表达式。

解: (1) 图示各电路的交流等效电路如解图解所示。

(2) 各电路 \dot{A}_u 、 R_i 和 R_o 的表达式分别为

图 (a)

$$\dot{A}_u = -\frac{\beta_1 \{R_2 // [r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3]\}}{R_1 + r_{be1}} \cdot \frac{(1 + \beta_2) R_3}{r_{be2} + (1 + \beta_2) R_3}$$

$$R_i = R_1 + r_{be1}$$

$$R_o = R_3 // \frac{r_{be2} + R_2}{1 + \beta_2}$$

图 (b)

$$\dot{A}_u = \frac{(1 + \beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})}{r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})} \cdot \left(-\frac{\beta_2 R_4}{r_{be2}}\right)$$

$$R_i = R_1 // [r_{be1} + (1 + \beta_1)(R_2 // R_3 // r_{be2})]$$

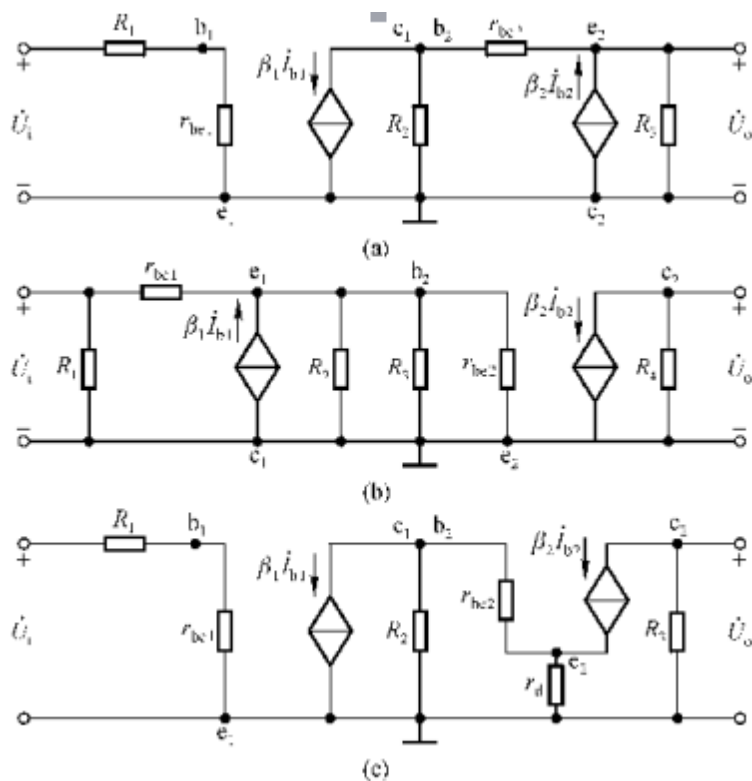
$$R_o = R_4$$

图 (c)

$$\dot{A}_{u'} = -\frac{\beta_1 \{R_2 // [r_{be2} + (1 + \beta_2) r_d]\}}{R_1 + r_{be1}} \cdot \left[-\frac{\beta_2 R_3}{r_{be2} + (1 + \beta_2) r_d} \right]$$

$$R_i = R_1 + r_{be1}$$

$$R_o = R_3$$



题三交流等效电路图

四、若下图所示电路参数理想对称， $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ， $r_{be1} = r_{be2} = r_{be}$

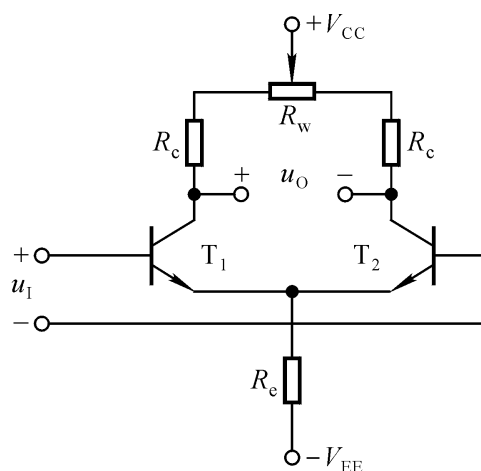
(1) 写出 R_W 的滑动端在中点时 A_d 的表达式；

(2) 写出 R_W 的滑动端在最右端时 A_d 的表达式，比较两个结果有什么不同。

解：(1) R_W 的滑动端在中点时 A_d 的表达式为

$$A_d = \frac{\Delta u_o}{\Delta u_i} = -\frac{\beta(R_c + \frac{R_W}{2})}{r_{be}}$$

(2) R_W 的滑动端在最右端时



$$\Delta u_{c1} = -\frac{\beta(R_c}{2}$$

$$\Delta u_o = \Delta u_{c1} - \Delta u_{c2}$$

所以 A_d 的表达式为

$$A_d = \frac{\Delta u_o}{\Delta u_i} = -\frac{\beta(R_c + \frac{R_w}{2})}{r_{be}}$$

比较结果可知，两种情况下的 A_d 完全相等；但第二种情况下的 $|\Delta u_{c1}| > |\Delta u_{c2}|$ 。

五、电路如图所示。已知电压放大倍数为 -100 ，输入电压 u_i 为正弦波， T_2 和 T_3 管的饱和压降

$|U_{CES}| = 1V$ 。试问：

(1) 在不失真的情况下，输入电压最大有效值 U_{imax} 为多少伏？

(2) 若 $U_i = 10mV$ (有效值)，则 $U_o = ?$ 若此时 R_3 开路，则 $U_o = ?$ 若 R_3 短路，则 $U_o = ?$

解： (1) 最大不失真输出电压有效值为

$$U_{om} = \frac{V_{CC} - U_{CES}}{\sqrt{2}} \approx 7.78V$$

故在不失真的情况下，输入电压最大有效值 U_{imax}

$$U_{imax} = \frac{U_{om}}{|A_u|} \approx 77.8mV$$

(2) 若 $U_i = 10mV$ ，则 $U_o = |A_u|U_i = 100 \times 10mV = 1V$ (有效值)。

若 R_3 开路，则 T_1 和 T_3 组成复合管，等效 $\beta \approx \beta_1 \beta_3$ ， T_3 可能饱和，使得 $u_o \approx -12V + |U_{CES}| = -11V$ (直流)。

若 R_3 短路，则 $u_o = V_{CC} - U_{BE} = 11.3V$ (直流)。

