

题 7.1 在题 7.1 图中，假设电阻 $R=10\text{k}\Omega$ ， $V_{CC}=12\text{V}$ ， $V_{CC1}=9\text{V}$ ，三极管的 $U_{BE1}=U_{BE2}=0.6\text{V}$ ， $\beta_1=\beta_2=50$ ， $r_{ce1}=r_{ce2}=100\text{k}\Omega$ 。1)假如是理想的电流镜，求其输出电阻及输出电流 I_o 。2)如果 $R_L=10\text{k}\Omega$ ，试求其输出电流 I_o 。3)如果 $R_L=100\text{k}\Omega$ ，试求其输出电流 I_o 。

第（3）问 R_L 改为 $1\text{k}\Omega$

1) $\beta=50$ 则

$$I_o = I_{c2} \approx I_{REF} = \frac{V_{CC} - U_{BE1}}{R} = 1.14\text{mA}$$

$$R_o = r_{ce2} = 100\text{k}\Omega$$

2) 有负载 R_L 时输出电流

$$I_{C2} + \frac{V_{C2}}{r_{ce2}} = \frac{V_{CC1} - V_{C2}}{R_L}$$

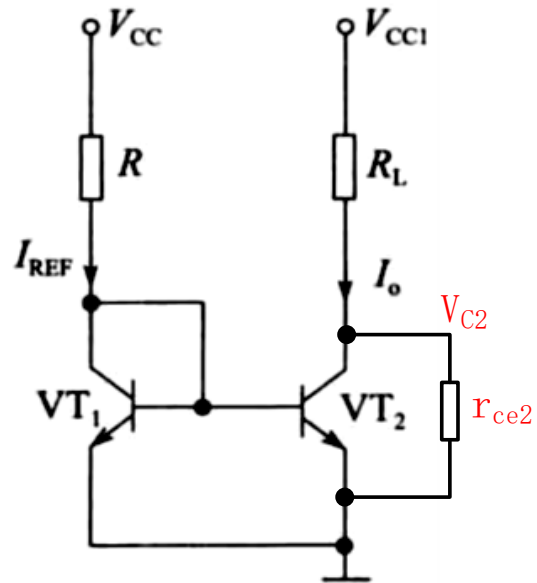
$$V_{C2} = (V_{CC1} - I_{C2}R_L) \frac{r_{ce2}}{r_{ce2} + R_L}$$

$$I_o' = \frac{V_{CC1} - V_{C2}}{R_L} = \frac{I_{C2}(r_{ce2} \parallel R_L)}{R_L} + \frac{V_{CC1}}{r_{ce2} + R_L}$$

上式也可将 I_{C2} 看作电流源，根据叠加原理直接得到。

将 $R_L=10\text{k}\Omega$ ，得 $I_o' = 1.12\text{mA}$

3) 将 $R_L=1\text{k}\Omega$ 带入，得 $I_o'' = 1.22\text{mA}$



题 7.1 图

题 7.5 如题 7.5 图所示的放大电路。设所有三极管 $\beta=50$, $U_{BE}=0.6V$, $r_{ce}=100k\Omega$, 同时要求输入为零时输出为零。1)求 R_4 阻值。2)放大电路的静态工作点。3)求放大电路的源电压放大倍数、输入电阻及输出电阻。

R_s 改为 $50k\Omega$

1) 对于 VT_3 而言

$$U_{B3} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (-12) = -4.6V$$

$$I_{E3} = \frac{U_{B3} - U_{BE} - V_{EE}}{R_3} = 1mA$$

$$I_{E3} \approx I_{C3} \approx I_{E2} \approx I_{C2} = 1mA$$

● 对于 VT_1 而言

$$R_s = 50k\Omega$$

$$I_{B1Q} = \frac{U_B - U_{BEQ}}{R_s} = 0.008mA$$

$$I_{C1Q} \approx I_{E1Q} = \beta I_{B1Q} = 0.4mA$$

$$U_{B2Q} = V_{CC} - I_{C1Q} \cdot R_{C1} = 8V$$

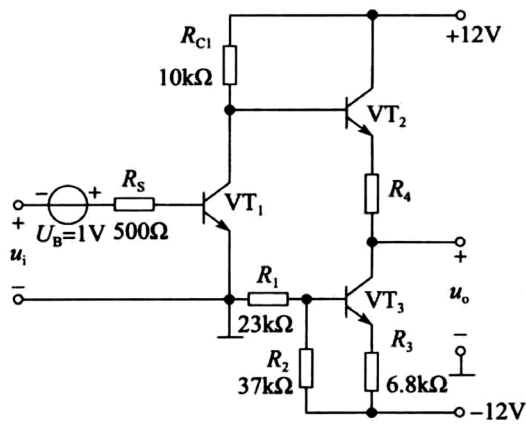
● 对于 VT_2 而言

因为是零输入零输出的情况

$$U_{B2Q} - U_{BE} - I_{E2Q} R_4 = 0$$

$$\frac{U_{B2Q} - U_{BE}}{R_4} = I_{E2Q}$$

$$\therefore R_4 = 7.4k\Omega$$



(2) 由 (1) 可知

VT_1 :

$$I_{B1Q} = 0.008mA$$

$$U_{CEQ1} = U_{B2Q} = 8V$$

VT_2 :

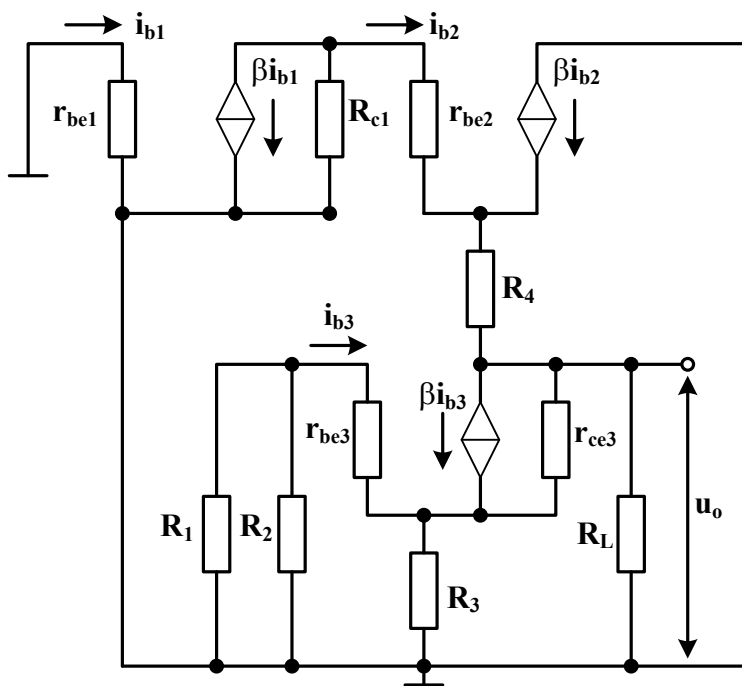
$$I_{E2Q} = 1mA$$

$$U_{CEQ2} = 4.6V$$

VT_3 :

$$I_{E3Q} = 1mA$$

$$U_{CEQ3} = 12 - I_{E3Q} \cdot R_3 = 5.2V$$



(3)

$$r_{bb'} = 200\Omega$$

$$r_{be1} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{E1Q}} = 3.4k\Omega$$

$$r_{be2} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{E2Q}} = 1.4k\Omega$$

$$r_{be3} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{E3Q}} = 1.4k\Omega$$

$$R_i = r_{be1} = 3.4k\Omega$$

含发射极退化电阻的共射电路的输出阻抗

$$R_o = r_{ce} \left(1 + \beta \frac{R_E / r_{be}}{1 + R_E / r_{be}} \right)$$

有源负载的输出阻抗

$$R_{o3} = r_{ce3} \left(1 + \beta \frac{R_E}{r_{be3} + R_E} \right)$$

建立方程组

$$i_{b2} (1 + \beta) R_4 = u_{e2} - u_t$$

$$i_{b2} = -\frac{u_{e2}}{R_{c1} + r_{be2}}$$

解方程组得到

$$R_{o2} = \frac{u_t}{i_{t2}} = R_4 + \frac{r_{be2} + R_{C1}}{1 + \beta}$$

总输出电阻

$$R_o = R_{o3} \parallel R_{o2} = R_{o3} \parallel \left[R_4 + \frac{r_{be2} + R_{C1}}{1 + \beta} \right]$$

第一级电压放大倍数

$$A_{us1} = -\frac{\beta(R_{C1} \parallel R_{i2})}{r_{be1}}$$

R4 与 Ro3 串联后接地

$$R_{i2} = r_{be2} + (1 + \beta)(R_4 + R_{o3}) = \text{很大}$$

$$\therefore A_{us1} = -\frac{\beta R_{C1}}{r_{be1}} = -9.1$$

第 2 级电压放大倍数

$$\frac{u_{i2}}{r_{be2} + (1 + \beta)(R_4 + R_{o3})} (1 + \beta) = \frac{u_{o2}}{R_{o3}}$$

$$A_{U2} = \frac{u_{o2}}{u_{i2}} = \frac{(1 + \beta) R_{o3}}{r_{be2} + (1 + \beta)(R_4 + R_{o3})} = 0.96$$

总电压放大倍数和源电压放大倍数

$$A_U = A_{U1} \cdot A_{U2} = -8.73$$

$$A_{US} = \frac{R_S}{R_S + r_{be1}} A_U = -8.14$$

题 7.7 差动放大器如题 7.7 图所示，假设电路完全对称，差分放大对管的 $\beta=40$ ， $r_{bb'}=200\Omega$ ， $U_{BEQ}=0.6V$ ； $V_{CC}=V_{EE}=15V$ ， $R_B=2k\Omega$ ， $R_C=R_L=10k\Omega$ ， $R_{EE}=100k\Omega$ 。求：1)放大电路的静态工作点。2)双端出差模电压放大倍数，双端输出共模电压放大倍数及共模抑制比 K_{CMR} 。3)差模输入电阻及输出电阻。

(1) 静态工作点

$$u_i = 0, \text{ 则 } U_B = -I_B R_B$$

$$U_E = U_B - U_{BEQ} = -U_B R_B - U_{BEQ} = -U_B R_B - 0.6$$

$$\text{又因为 } I_{EE} = 2I_{E1} = \frac{U_E - V_{EE}}{R_{EE}} = \frac{U_E - (-15)}{R_{EE}}$$

$$\text{所以 } 2(\beta+1)I_B = \frac{-I_B R_B - 0.6 + 15}{R_{EE}}$$

$$I_{BQ} = 1.8\mu A$$

$$I_{CQ} = 72\mu A$$

$$V_{CEQ} = 30 - I_{CQ}R_C - 2I_{CQ}R_{EE} = 14.88V$$

(2)

$$r_{be} = r_{bb'} + (1+\beta)\frac{26mV}{I_{EQ}} = 15k\Omega$$

$$A_{ud} = -\frac{\beta R_L}{r_{be} + R_B} = -7.8$$

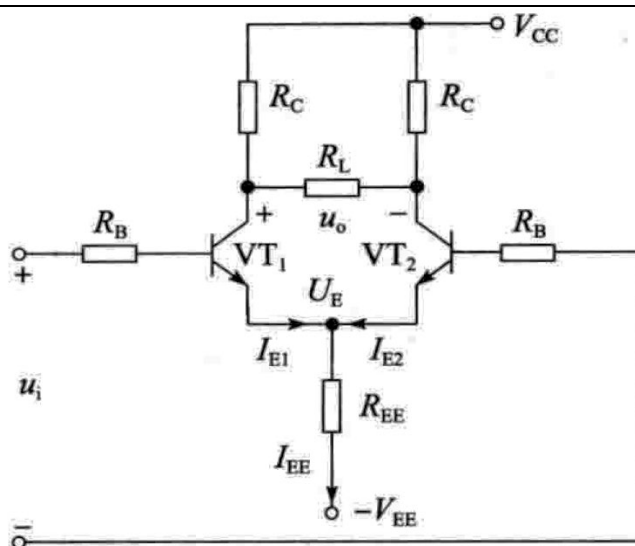
$$A_{uc} = 0$$

$$K_{CMR} = \infty$$

3)

$$R_i = 2(R_B + r_{be}) = 34K\Omega$$

$$R_o = 2R_C = 20K\Omega$$



题 7.7 图

题 7.8 如题 7.8 图所示的差动放大电路中, $V_{CC}=V_{EE}=12V$, $R_B=5k\Omega$, $R_C=56k\Omega$, $R_E=33k\Omega$, $R_1=100\Omega$, $R_2=3.3k\Omega$, $R_w=200\Omega$, 其滑动端调在中点, 稳压管的稳定电压为 $9V$, 各晶体管的 β 值均为 50 , $r_{bb'}=200\Omega$, $U_{BE}=0.6V$ 。试求: 1) 各晶体管的静态工作点。2) 差模电压放大倍数 A_{ud} 和差模输入电阻 R_{id} (不计 R_1 的影响)。

(1)

$$I_{E3Q} = \frac{U_Z - U_{BEQ}}{R_E} = 255\mu A$$

$$I_{C3Q} \approx I_{E3Q} = 255\mu A$$

VT1 和 VT2 构成对称结构

$$I_{E1} = I_{E2} = 127.5\mu A \approx I_{C1} \approx I_{C2}$$

$$I_{B1} = I_{B2} = I_{C1} / \beta = 2.55\mu A$$

$$U_B = -I_{B1}(R_1 + R_B) = -12mV$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{C1}R_C - (U_{B1} - U_{BE1}) = 5.46V$$

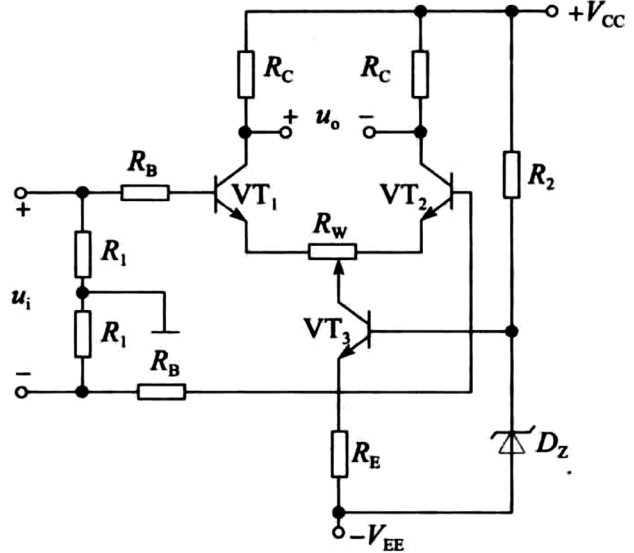
(2) 双输入双输出

$$A_{ud} = -\frac{\beta R_C}{R_B + r_{be1} + (1 + \beta) \frac{R_w}{2}}$$

$$r_{be1} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} = 10.8k\Omega$$

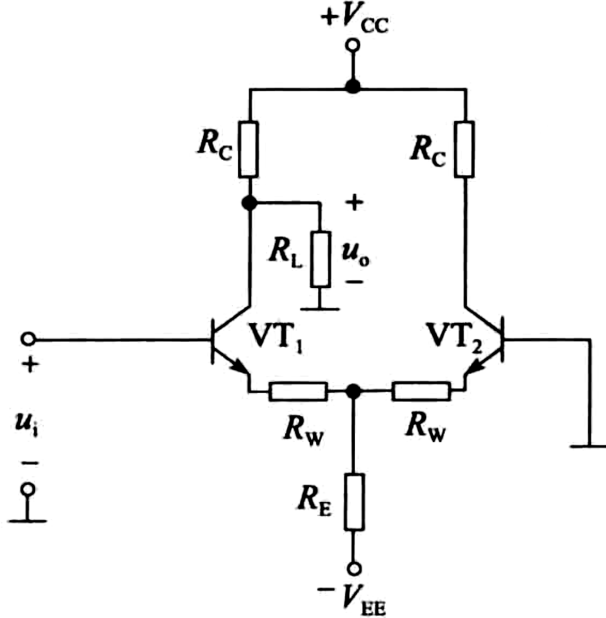
$$A_{ud} = -136.9$$

$$R_{id} = 2[R_B + r_{be} + (1 + \beta) \frac{R_w}{2}] = 41.4k\Omega$$



题 7.8 图

题 7.9 如题 7.9 图所示的单入单出差分放大电路中，电路完全对称，三极管的 $\beta=80$ ， $r_{be}=1k\Omega$ ，电阻 $R_c=R_L=10k\Omega$ ， $R_E=20k\Omega$ ， $R_W=100\Omega$ ， $V_{CC}=V_{EE}=12V$ 。1)求电路的静态工作点。2)画出差模等效电路并计算差模电压放大倍数、差模输入电阻和输出电阻。3)画出共模等效电路并计算共模电压放大倍数和共模输入电阻。4)求共模抑制比 K_{CMR} 。



题 7.9 图

(1)

$$U_i = 0$$

$$U_{E1} = U_{E2} = -0.6V$$

$$I_{EE} = \frac{-U_{BE} - (-V_{EE})}{\frac{R_W}{2} + R_E} = 0.57mA$$

$$I_{C1Q} = I_{C2Q} = \frac{1}{2} I_{EE} = 0.285mA$$

$$U_{C2Q} = V_{CC} - R_C \cdot I_{CQ} = 9.2V$$

$$U_{CEQ2} = 9.8V$$

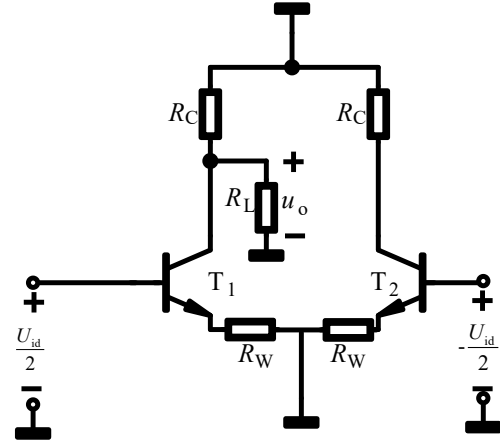
下面计算 T1 的管压降

$$\frac{U_{C1}}{R_L} + I_{C1} = \frac{V_{CC} - U_{C1}}{R_C}$$

得出：

$$U_{C1} = 4.575V$$

$$U_{CEQ1} = U_{C1} - U_{E1} = 3.975V$$

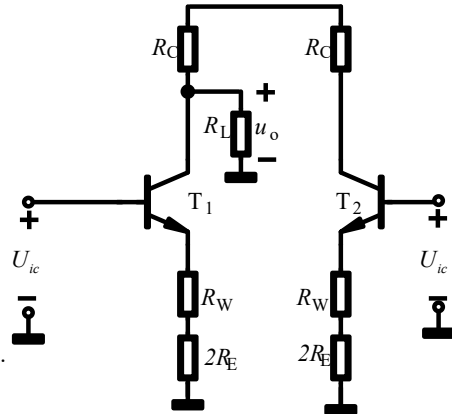


$$A_{ud} = \frac{U_o}{U_{id}} = -\frac{1}{2} \frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be1} + (1 + \beta)R_W} = -21.98$$

$$R_o = R_C = 10k\Omega$$

$$R_i = 2[r_{be} + (1 + \beta)R_W] = 18.2k\Omega$$

(3) 共模等效电路如下所示：



$$A_{uc} = \frac{U_o}{U_{ic}} = -\frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be1} + (1 + \beta)(R_W + 2R_E)} = -0.125$$

(4) 共模抑制比为

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| = 175.84$$

题 7.10 如题 7.10 图所示的差分放大电路中, $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 80$, $r_{bb'1} = r_{bb'2} = 100$, $U_{BE} = 0.6V$, $r_{ce3} = r_{ce4} = 100k\Omega$; $V_{CC} = V_{EE} = 12V$, $R_B = 1k\Omega$, $R_C = 27k\Omega$, $R_{REF} = 47k\Omega$ 。1) 求直流工作点(零输入)。2) 求差模增益 $A_{ud} = u_o / (u_{i1} - u_{i2})$ 、共模抑制比 K_{CMR} 和输入电阻。

(1)

VT3, VT4 构成镜像电流源

$$I_{C3} \approx I_{C4} \approx I_{REF} = \frac{0 - U_{BE} - (-V_{EE})}{R_{REF}} = 0.24mA$$

就 VT1 和 VT2 而言

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_{C3} = 0.12mA$$

$$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta} = 0.0015mA$$

基极电流很小, U_{E1} 参考 U_{B1} 计算。

$$U_{B1} = 0 - R_B I_{B1} = -1.5mV$$

$$U_{CE1Q} = V_{CC} - I_{C1Q} R_C - (U_{B1} - U_{BE1Q}) = 8.16V$$

(2)

$$\text{差模增益: } A_{ud2} = \frac{1}{2} \frac{\beta R_C}{r_{be} + R_B} = 58.6$$

共模增益:

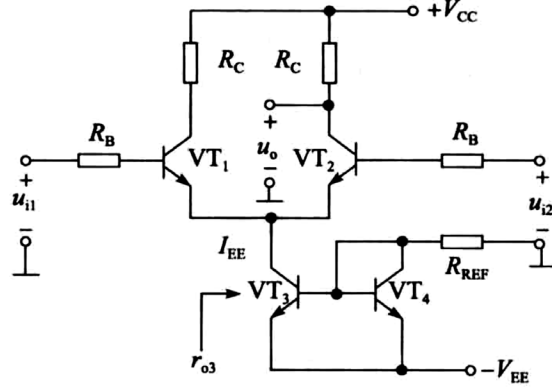
$$A_{uc2} = -\frac{\beta R_C}{r_{be1} + 2(1 + \beta)r_{o3} + R_B} = -0.13$$

$$\therefore K_{CMR} = \left| \frac{A_{ud}}{A_{uc}} \right| = 450.77$$

$$R_i = 2(r_{be2} + R_B)$$

$$r_{be2} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{B2Q}} = 17.5k\Omega$$

$$\therefore R_i = 37k\Omega$$



题 7.10 图

题 7.11 放大电路如题 7.11 图所示。已知 $R_{B31}=150k\Omega$, $R_{B32}=51k\Omega$, $R_{C1}=10k\Omega$, $R_{E4}=3k\Omega$, $R_s=500\Omega$, $R_{E1}=R_{E2}=100\Omega$, $V_{CC}=V_{EE}=12V$; 假设各晶体管的 $\beta=40$, $V_{BE}=0.6V$, $r_{bb'}=100\Omega$, 1) 要求静态时, 即 $u_i=0V$ 时, $u_o=0V$, 求电阻 R_{E3} 。2) 求电压放大倍数。3) 若要在 VT_4 管的输入端得到最大不失真输出幅度, 则输入信号 u_i 的有效值是多少?

(1).

$$U_{oQ} = 0V, \quad I_{C4} = \frac{V_{EE}}{R_{E4}} = \frac{12V}{3k\Omega} = 4mA$$

$$I_{B4} = \frac{I_{C4}}{\beta} = \frac{4mA}{40} = 0.1mA$$

$$U_{B4} = V_{cc} - V_{BE4} = 12 - 0.6 = 11.4V$$

$$U_{CE4Q} = V_{cc} = 12V, \text{ 在电源中点。}$$

$$I_{c1} = \frac{V_{cc} - V_{B4}}{R_{c1}} = \frac{12 - 11.4}{10k} = 0.06mA$$

静态时两输入端都是 $0V$, $V_{BE1}=V_{BE2}$, VT_1 与 VT_2 静态电流相等。

$$I_{EE} = 2I_{c1} = 0.12mA$$

$$U_{B3} = \frac{R_{B32}}{R_{B31} + R_{B32}} V_{cc} = \frac{51}{150 + 51} \times 12 = 3.04V$$

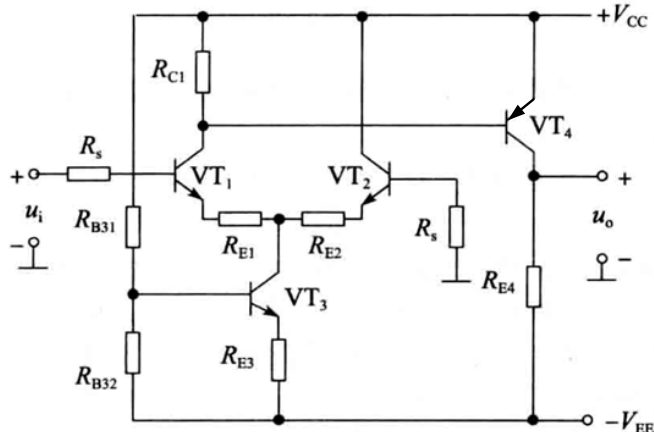
$$R_{E3} = \frac{U_{B3} - U_{BEQ} - V_{EE}}{I_{EE}} = \frac{3.04 - 0.6 + 12}{0.12mA} = 120k\Omega$$

(2) 电压放大倍数

$$\begin{aligned} r_{be1} &= r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{E1Q}} \\ &= 100 + (1 + 40) \frac{26}{0.06} = 17.9k\Omega \end{aligned}$$

$$r_{be4} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_{E4Q}} = 100 + (1 + 40) \frac{26}{4} = 367\Omega$$

$$\begin{aligned} A_{Vd1} &= -\frac{\beta(R_{c1} \parallel r_{be4})}{2[r_{be1} + R_s + (1 + \beta)R_{E1}]} \\ &= -\frac{40 \times (10k\Omega \parallel 367\Omega)}{2(17.9k\Omega + 0.5k\Omega + 41 \times 0.1)} = -0.39 \end{aligned}$$



题 7.11 图

$$\begin{aligned} A_{V4} &= -\frac{\beta R_{E4}}{R_{c1} \parallel r_{be4}} \\ &= -\frac{40 \times 3k\Omega}{(10k\Omega \parallel 367\Omega)} = -327 \end{aligned}$$

$$A_V = A_{Vd1} A_{V4} = 0.39 \times 327 = 128$$

(3) $U_{CE4Q} = V_{cc} = 12V$, 在电源中点。

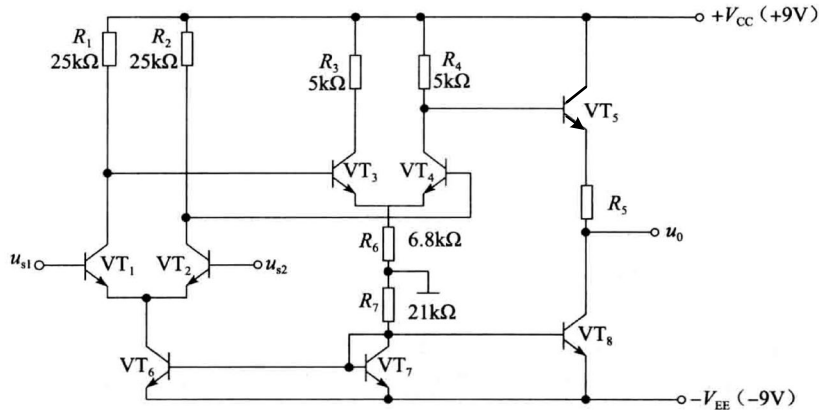
$$\text{满幅度输出有效值 } U_o = \frac{12V}{\sqrt{2}} = 8.49V$$

$$\text{满幅度输入有效值 } U_i = \frac{U_o}{A_V} = \frac{8.49V}{128} = 66.3mV$$

第一级饱和输入?

($3V_T=78mV$)

题 7.14 如题 7.14 图所示的电路中, 设所有三极管的 $\beta=80$, $U_{BEQ}=0.6V$, $I_{C7}=I_{C6}$, $I_{C8}=1.25I_{C6}$, 求: 1) 在静态时, 即 $u_{s1}=u_{s2}=0$ 时, 要求 $u_o=0$, 求 R_5 的值。2) 求总的电压放大倍数 $A_{ud} = u_o/(u_{s1}-u_{s2})$ 。3) 求电路的差模输入电阻和输出电阻。



题 7.14 图

(1)

$$\begin{aligned} \because U_{BE} &= 0.6V \\ \therefore U_{B7} &= U_{BE} - V_{EE} = -8.4V \\ \therefore I_{R7} &= \frac{-U_{B7}}{R_7} = 0.4mA \\ \therefore I_{C6} &= I_{C7} \approx I_{R7} = 0.4mA \quad I_{C8} = 1.25I_{C6} = 0.5mA \\ \therefore I_{E1} &= I_{E2} = 0.2mA \quad I_{C1} = I_{C2} = 0.2mA \\ \therefore U_{B3} &= U_{B4} = V_{CC} - I_{C1}R_1 = 4V \\ \therefore I_{R6} &= \frac{U_{B3} - U_{BE}}{R_6} = 0.5mA \quad I_{C3} = I_{C4} = 0.25mA \\ \therefore U_{B5} &= V_{CC} - I_{C4}R_4 = 7.75V \\ \therefore u_o &= 0 \\ \therefore R_5 &= \frac{U_{B5} - U_{BE}}{I_{C5}} = \frac{U_{B5} - U_{BE}}{I_{C8}} = 14.3k\Omega \end{aligned}$$

(2) 先求 r_{be} , 设 $r_{bb'} = 200\Omega$

$$\begin{aligned} r_{be1} &= r_{be2} = r_{bb'} + (1+\beta)\frac{26}{I_{E1Q}} = 10.73k\Omega \\ r_{be3} &= r_{be4} = r_{bb'} + (1+\beta)\frac{26}{I_{E3Q}} = 8.624k\Omega \\ r_{be5} &= r_{bb'} + (1+\beta)\frac{26}{I_{E5Q}} = 4.412k\Omega \end{aligned}$$

对于 VT_1 和 VT_2 组成的第一级双端输入, 双端输出电路, 注意: VT_3 发射极交流接地。

$$A_{ud1} = -\frac{\beta(R_1 \parallel r_{be3})}{r_{be1}} = -47.8$$

对于 VT_3 和 VT_4 组成的第二级双端输入, 单端输出电路

$$A_{ud2} = \beta \frac{R_4 \parallel [r_{be5} + (1+\beta)R_5]}{2r_{be4}} = 23.2$$

对于 VT_5 构成的第三级共射放大电路, VT_8 的内阻太大, VT_5 的输出电压全降在 VT_8 上, 而 R_5 上电压降很小。

$$A_{ud3} \approx 1$$

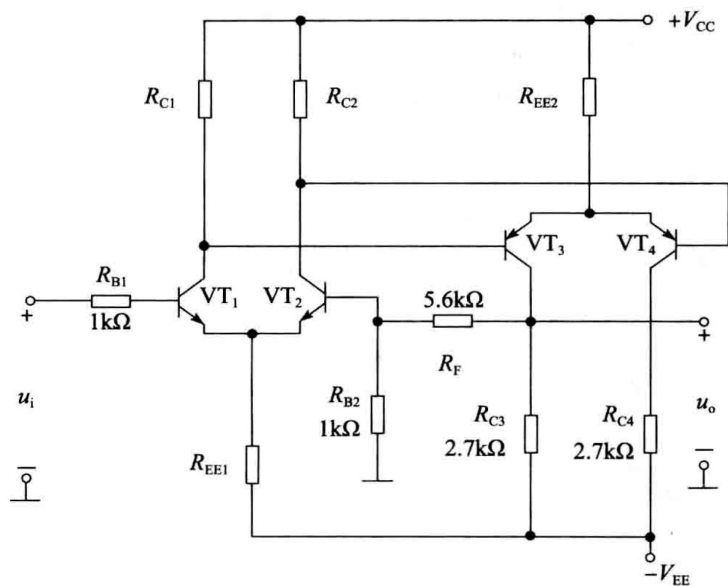
$$\therefore A_{ud} = A_{ud1}A_{ud2}A_{ud3} = -1108.96$$

(3)

输入电阻 $R_i = 2r_{be1} = 21.46k\Omega$

$$\text{输出电阻 } R_o = R_5 + \frac{r_{be5} + R_4}{1+\beta} = 14.4k\Omega$$

题 7.15 反馈放大电路如题 7.15 图所示。1)判断图中级间反馈的极性和类型。2)若满足深负反馈条件，则 $A_{uf} = u_o / u_i$ 为多少？



题 7.15 图

(1)交直流电压串联负反馈

(2)

$$F_u = \frac{1}{1 + 5.6} = \frac{1}{6.6}$$

$$A_{uf} = \frac{1}{F_u} = 6.6$$

题 7.16 如题 7.16 图所示的放大电路中, 假设三极管的参数为: $U_{BE1} = U_{BE2} = U_{BE4} = 0.6V$, $U_{BE3} = -0.3V$, $\beta_1 = \beta_2 = \beta_4 = 100$, $\beta_3 = 80$ 。1) 设电阻 R_{B1} 和 R_{B2} ($1k\Omega$) 上的压降可忽略, 求静态 ($u_i = 0$) 时的 I_{C2} 的值。2) 设 $R_{C2} = 6.8k\Omega$, 求 I_{C3} 的值。3) 求放大电路的闭环电压放大倍数, 判断放大电路的同相端与反相端。4) 如果要求零输入时, 输出也为零, 求 R_{C2} 的值。5) 若要求输入电阻高、输出电阻低, 其中的接线应如何变动? 求其闭环电压放大倍数。

(1) 可以忽略 R_{B1} 和 R_{B2} 上的压降

$$U_{BE1} + I_{EE} R_{EE} = 12$$

$$I_{EEQ} = 2mA$$

$$\therefore I_{C1} = I_{C2} = 1mA$$

(2) 当 $R_{C2} = 6.8k\Omega$

由(1) 并且忽略 VT_3 基极电流

$$U_{B3} = U_{C2} = V_{CC} - I_{C2} R_{C2} = 5.2V$$

$$U_{E3Q} = 5.5V$$

$$I_{C3} = \frac{12 - U_{E3Q}}{R_{E3}} = 1.97mA$$

校验 VT_3 基极电流是否远小于 I_{C2} 。

(3) 反馈类型为电压并联负反馈

U_i 为反相输入端

$$F = \frac{i_f}{U_o} = -\frac{1}{R_F}$$

$$A_{ug} = \frac{1}{F} = -R_F = \frac{U_o}{i_i}$$

$$\therefore A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{U_o}{i_i R_{S1}} = -\frac{R_F}{R_{S1}} = -8.2$$

(4) 由于 $U_o = 0$

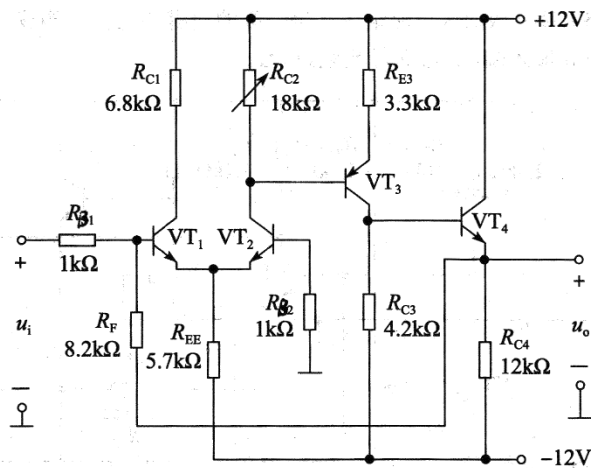
$$\therefore I_{C4Q} = \frac{12}{R_{C4}} = 1mA$$

$$U_{B4Q} = U_{BE4} = 0.6V$$

$$I_{C3} = \frac{U_{B4Q} + 12}{R_{C3}} = 3mA$$

$$U_{B3Q} = 12 - I_{E3} R_{E3} + U_{BE3} = 1.8V$$

$$\therefore R_{C2} = \frac{12 - U_{B3Q}}{I_{C2Q}} = 10.2k\Omega$$



题 7.16 图

(5) 要求输入电阻高, 输出电阻低

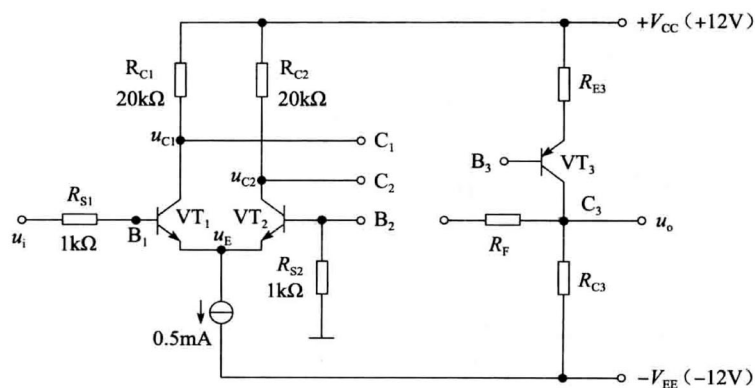
则要求引入电压串联负反馈

R_F 要接到 VT_2 基极上, 但极性是正反馈; 还需要把 VT_3 的基极改到 VT_1 的集电极。

$$F = \frac{R_{S2}}{R_{S2} + R_F}$$

$$\therefore A_{uf} = \frac{1}{F} = 9.2$$

题 7.17 如题 7.17 图所示电路中，假设 $\beta_1 = \beta_2 = 80$ ， $U_{BE1Q} = U_{BE2Q} = 0.6\text{V}$ 。1) 如 VT_3 的集电极 C_3 经 R_F 反馈连接到 B_2 ，如果要构成负反馈，试说明 B_3 应与 C_1 还是 C_2 相连。2) 假设处于深度负反馈，且要求 $\dot{A}_{uf} = 10$ ，求 R_F 的值。3) 如果想要减小放大电路的输出电阻与输入电阻，应该如何连接？



题 7.17 图

(1) B_3 应与 C_1 相连

$$(2) F = \frac{1}{A_u} = 0.1$$

$$\text{又 } F = \frac{R_{s2}}{R_{s2} + R_F} = \frac{1}{1 + R_F} = 0.1$$

所以 $R_F = 9k$

(3) 构成电压并联负反馈，因此 R_F 接 B_1 ， B_3 接 C_2 。

题 7.18 如题 7.18 图所示的电路中，假设 A 为理想的运放，三极管的 $U_{BE} = 0.6V$ 。1) 求放大电路的直流工作点(即 $u_i = 0$)。2) 要使图中的电路为负反馈，标出运放 A 的同相端与反相端。3) 判断引入负反馈的类型，并求闭环电压放大倍数。4) 假如反馈电阻 R_F 的一端断开与节点 B_2 的连接并连接到节点 B_1 处，重求解 1)、2)、3)。

(1) VT3:

$$U_{B3Q} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + (-V_{EE}) \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -7.2V$$

$$U_{E3Q} = U_{B3Q} - U_{BE} = -7.8V$$

$$I_{E3Q} = \frac{U_{E3Q} + 12}{R_{E3}} = 0.62mA$$

$$VT1, VT2: I_{C1Q} = I_{C2Q} = 0.31mA$$

(2) 上“正”下“负”

(3) 电压串联负反馈

$$F = \frac{U_F}{U_O} = \frac{R_{B2}}{R_{B2} + R_F}$$

$$\therefore A_u = \frac{1}{F} = 1.48$$

$$U_{B3Q} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

(4) 直流工作点不变

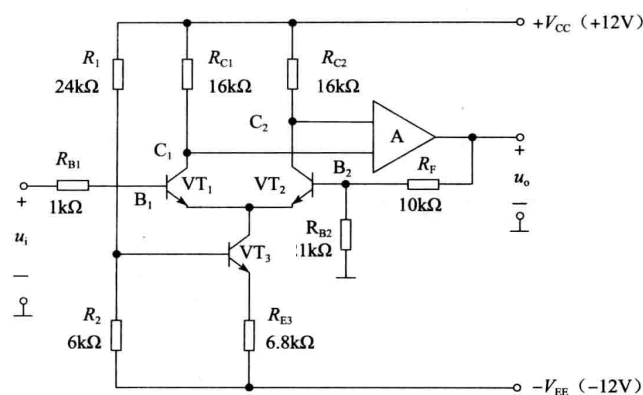
同相端和反相端位置互换

电压并联负反馈

$$F = \frac{i_f}{U_O} = -\frac{1}{R_F}$$

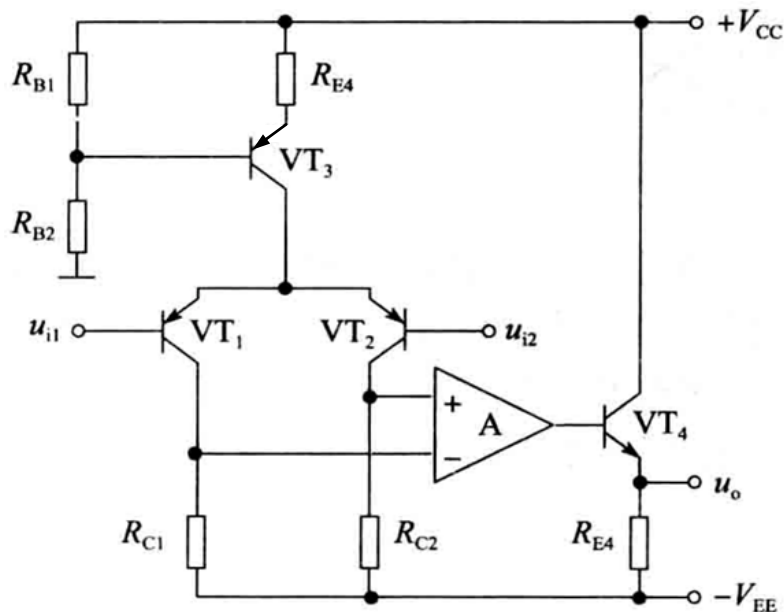
$$A_{uf} = \frac{1}{F} = -R_F = \frac{U_O}{i_i}$$

$$\therefore A_u = \frac{U_O}{U_i} = \frac{U_O}{i_i R_{B1}} = -\frac{R_F}{R_{B1}} = -10$$



题 7.18 图

题 7.20 如题 7.20 图所示的一个放大电路中, 假设 A 的增益为 100V/V , VT_1 、 VT_2 、 VT_3 、 VT_4 完全匹配, $U_{\text{BE}1}=U_{\text{BE}2}=U_{\text{BE}3}=-0.6\text{V}$, $U_{\text{BE}4}=0.6\text{V}$, 并且 r_{ce} 为无穷大; 已知 $V_{\text{CC}}=V_{\text{EE}}=12\text{V}$, $R_{\text{B}1}=R_{\text{B}2}=56\text{k}\Omega$, $R_{\text{C}1}=R_{\text{C}2}=82\text{k}\Omega$, $R_{\text{E}3}=15\text{k}\Omega$, $R_{\text{E}4}=5.6\text{k}\Omega$ 。1) 计算差分对的增益。2) 为了达到直流零输入零输出的要求, 估算运算放大器的输入补偿电压。3) 判断放大电路的同相输入端与反相输入端。



题 7.20 图

(1) 因为 $U_{\text{B}3}=6\text{V}$ $U_{\text{E}3}=6.6\text{V}$

$$\text{所以 } I_{\text{E}3} = \frac{12-6.6}{15} = 0.36\text{mA}$$

$$I_{\text{E}1} = I_{\text{E}2} = 0.18\text{mA}$$

$$r_{\text{be}} = 200 + (1+80) \times \frac{26}{0.18} = 11.9\text{K}\Omega$$

且运放的输入电阻为无穷大

$$\text{则 } R'_L = R_C$$

$$\text{所以 } A_{\text{ud}1} = -\beta \frac{R'_L}{r_{\text{be}}} = -80 \times \frac{82}{11.9} = -551$$

(2) $U_{\text{B}4} = 0.6\text{V}$

$$U_{\text{idb}} = \frac{U_{\text{B}4}}{A_{\text{ud}1} A} = \frac{0.6}{551 \times 100} = 10.9 \times 10^{-6}\text{V} = 10.9\mu\text{V}$$

(3) u_{i1} 是同相端。