

## 习题 8

8.1 判断下列说法是否正确，用“√”或“×”表示判断结果填入括号内。

(1) 与分立元件比较，集成电路的主要优势是低成本和优良的性能。( )

(2) 集成放大器采用直接耦合的主要原因是集成电路技术很难制造大容量的耦合电容。

(3) 直接耦合的主要缺点是零点漂移。( )

(4) 晶体管的参数受温度的影响，但不影响零点漂移。( )

(5) 零点漂移受电源电压变化、器件参数老化和温度变化的影响。( )

(6) 在集成电路中元件的对称性差。( )

(7) 集成放大器主要有由输入级、中间放大级、输出级和偏置电路组成。( )

答：(1) √      (2) √      (3) √      (4) ×      (5) √      (6) ×  
(7) √

8.2 选择合适答案填入空内。

(1) 集成运放电路采用直接耦合方式是因为\_\_\_\_\_。

- A. 可获得很大的放大倍数      B. 可使温漂小  
C. 集成工艺难于制造大容量电容

(2) 通用型集成运放适用于放大\_\_\_\_\_。

- A. 高频信号      B. 低频信号  
C. 任何频率信号

(3) 集成运放制造工艺使得同类半导体管的\_\_\_\_\_。

- A. 指标参数准确      B. 参数不受温度影响  
C. 参数一致性好

(4) 集成运放的输入级采用差分放大电路是因为可以\_\_\_\_\_。

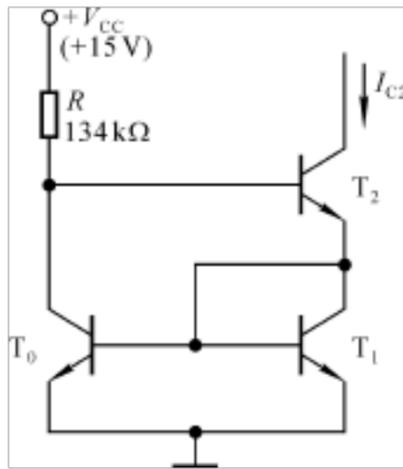
- A. 减小温漂      B. 增大放大倍数  
C. 提高输入电阻

(5) 为增大电压放大倍数，集成运放的中间级多采用\_\_\_\_\_。

- A. 共射放大电路      B. 共集放大电路  
C. 共基放大电路

答：(1) C      (2) B      (3) C      (4) A      (5) A

8.3 电路如题图 8.3 所示，已知  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 100$ 。各管的  $V_{BE}$  均为 0.7V，试求  $I_{C2}$  的值。



题图 8.3

解：分析估算如下：

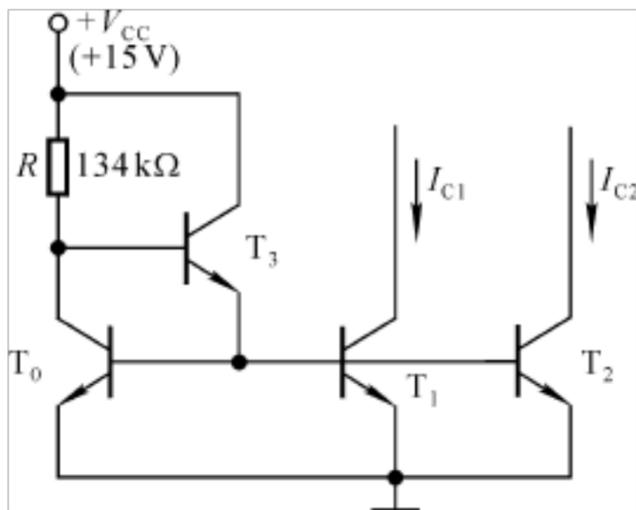
$$I_R = \frac{V_{CC} - U_{BE2} - U_{BE1}}{R} = 100 \mu A$$

$$I_{C2} = I_{E2} = (I_{C1} + 2I_{B1}) = \frac{2}{1} I_{C1} = \frac{2}{1} I_{C0}$$

$$I_R = I_{C0} = \frac{I_{C2}}{2} = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) I_{C2}$$

$$I_{C2} = \frac{2}{2} \frac{2}{2} I_R = 100 \mu A$$

8.4 多路电流源电路题图 8.4 所示，已知所有晶体管的特性均相同， $V_{BE}$  均为 0.7V， $\beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 100$ 。试求  $I_{C1}$ 、 $I_{C2}$  各为多少。



题图 8.4

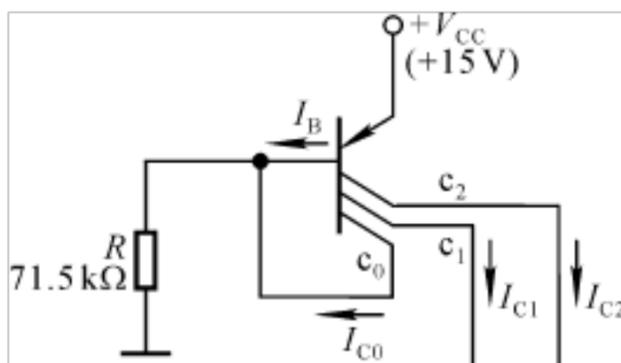
解：因为  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  的特性均相同，且  $V_{BE}$  均相同，所以它们的基极、集电极电流均相等，设集电极电流为  $I_C$ 。先求出  $R$  中电流，再求解  $I_{C1}$ 、 $I_{C2}$ 。

$$I_R = \frac{V_{CC} - V_{BE3} - V_{BE0}}{R} = 100 \mu A$$

$$I_R = I_{C0} = I_B = I_{C0} \frac{3I_B}{1} = I_C \frac{3I_C}{(1)}$$

$$I_C = \frac{2}{3} I_R = I_R = 100 \mu A$$

8.5 题图 8.5 所示为多集电极晶体管构成的多路电流源。已知集电极  $C_0$  与  $C_1$  所接集电区的面积相同， $C_2$  所接集电区的面积是  $C_0$  的两倍， $I_{C0}/I_B = 4$ ，e-b 间电压约为 0.7V。试求解  $I_{C1}$ 、 $I_{C2}$  各为多少



题图 8.5

解：多集电极晶体管集电极电流正比于集电区的面积。  
先求出 R 中电流，再求解  $I_{C1}$ 、 $I_{C2}$ 。

$$I_R = \frac{V_{CC} - V_{EB}}{R} = 200 \mu A$$

$$I_R = I_{C0} = I_B = I_{C0} \frac{I_{C0}}{I_{C0}}$$

$$I_{C0} = \frac{I_R}{1} = 160 \mu A$$

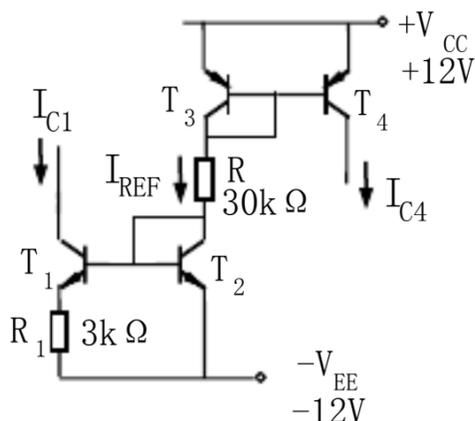
$$I_{C1} = I_{C0} = 160 \mu A$$

$$I_{C2} = 2I_{C0} = 320 \mu A$$

8.6 在题图 8.6 电路中，已知所有晶体管的特性相同， $V_{BE} = 0.6V$ 。试求：

(1)  $\beta = 5$  时， $I_{REF} = ?$   $I_{C4} = ?$   $I_{REF}$  与  $I_{C4}$  的差值是多少？写出求  $I_{C1}$  的表达式。

(2)  $\beta = 50$  时， $I_{REF} = ?$   $I_{C4} = ?$   $I_{REF}$  与  $I_{C4}$  的差值是多少？



题图 8.6

解：(1)  $\beta = 5$  时，

$$I_{REF} = \frac{V_{CC} - V_{EE} - 2V_{BE}}{R} = 0.76\text{mA}$$

$$I_{C4} = I_{C3} = \frac{I_{REF}}{2} = 0.54\text{mA}$$

$$I_{REF} = I_{C4} = 0.22\text{mA}$$

$$I_{C1} = \frac{V_T}{R_1} \ln \frac{I_{REF}}{I_{C1}}$$

(2)  $\beta = 50$  时，

$$I_{REF} = \frac{V_{CC} - V_{EE} - 2V_{BE}}{R} = 0.76\text{mA}$$

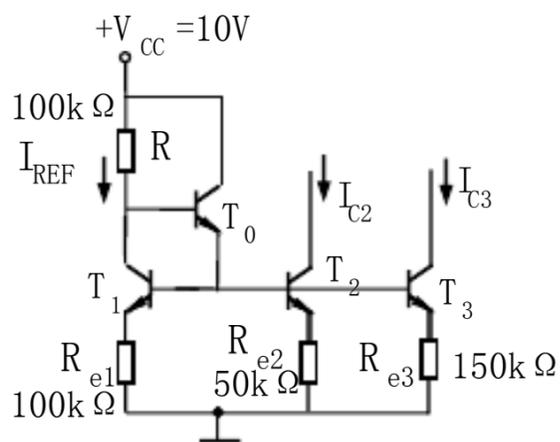
$$I_{C4} = I_{C3} = \frac{I_{REF}}{2} = 0.73\text{mA}$$

$$I_{REF} = I_{C4} = 0.03\text{mA}$$

8.7 题图 8.7 电路，已知所有晶体管的特性相同， $V_{BE} = 0.6\text{V}$ ， $\beta \gg 2$ 。试求：

(1)  $I_{REF} = ?$   $I_{C2} = ?$   $I_{C3} = ?$

(2) 若使  $I_{C3} = 2\text{mA}$ ， $R_{e3}$  的阻值为多少？



题图 8.7

解：(1)  $I_{REF} = I_{C1} = \frac{V_{CC} - V_{BE0} - V_{BE1}}{R + R_{e1}} = 0.044\text{mA}$

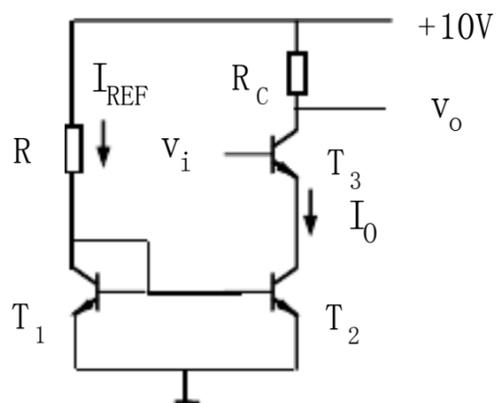
$$I_{C2} = \frac{R_{e1}}{R_{e2}} I_{REF} = 0.088\text{mA}$$

$$I_{C3} = \frac{R_{e1}}{R_{e3}} I_{REF} = 0.03\text{mA}$$

(2) 若使  $I_{C3} = 2\text{mA}$ ， $R_{e3}$  的阻值为

$$R_{e3} = \frac{R_{e1}}{I_{C3}} I_{REF} = 4.4\text{k}$$

8.8 题图 8.8 是镜像电流源对共射极电路进行直流偏置, 已知  $T_1$ 、 $T_2$  晶体管的特性相同,  $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = 0.6V$ 。要使  $I_0 = 2mA$ , 问  $R$  应为多少?



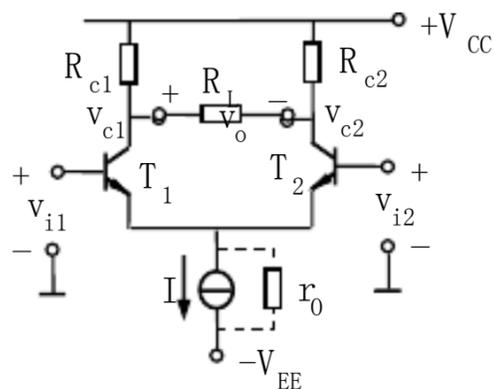
题图 8.8

解:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_{REF}} = \frac{10V - 0.6V}{2mA} = 4.7k\Omega$$

8.9 在题图 8.9 电路中,  $T_1$ 、 $T_2$  的  $\beta = 100$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $r_{bb'} = 200\Omega$ ,  $R_{C1} = R_{C2} = 10k\Omega$ ,  $V_{CC} = -V_{EE} = 10V$ ,  $I_0 = 1mA$ ,  $r_o = 100k\Omega$ 。试求:

- (1) 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$ ;
- (2)  $R_L$  开路时的  $A_{vdo}$ 、 $A_{vco}$  和  $K_{CMR}$ ;
- (3) 接入负载  $R_L = 10k\Omega$  时的  $A_{vd}$ 、 $R_i$  和  $R_o$ ;
- (4) 若用直流电压表测得输出电压为 6V, 试问输入电压  $v_{id}$  约为多少?



题图 8.9

解: (1) 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_0 = 0.5mA$$

$$I_{B1} = I_{B2} = I_C / \beta = 0.005mA$$

$$V_{C2} = V_{C1} = V_{CC} - R_{C1} I_{C1} = 5V$$

$$V_{E2} = V_{E1} = V_{BE1} = 0.7V$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} = 5.7V$$

(2)  $R_L$  开路时的  $A_{vdo}$ 、 $A_{vco}$  和  $K_{CMR}$

$$r_{be} = 200\Omega \left( 1 + \frac{V_{BE}}{I_E} \right) = 5.5k\Omega$$

$$A_{vdo} = \frac{v_{od}}{v_{id}} \bigg|_{R_L} = \frac{R_c}{r_{be}} = 180$$

$$A_{vco} = \frac{v_{oc}}{v_{ic}} \bigg|_{R_L} = 0$$

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{vd}}{A_{vc}} \right|$$

(3) 接入负载  $R_L = 10k\Omega$  时,  $A_{vd}$ 、 $R_i$  和  $R_o$

$$A_{vd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} \bigg|_{R_L} = \frac{(R_c // \frac{R_L}{2})}{r_{be}} = 60$$

$$R_{id} = \frac{v_{id}}{i_{id}} = r_{be1} // r_{be2} = 11k$$

$$R_{od} = R_{c1} // R_{c2} = 20k$$

$$(4) |v_{id}| = |v_{id}| / |A_{vd}| = 0.1V$$

8.10 题图 8.9 电路改为单端输出, 负载  $R_L = 10k\Omega$  接入  $c_2$  和地之间。  $V_{CC} = -V_{EE} = 12V$ ,  $R_{c1} = R_{c2} = 5k\Omega$ , BJT 的  $\beta = 50$ ,  $V_{BE} = 0.6V$ ,  $V_{bb'} = 300\Omega$ ,  $I_0 = 2mA$ ,  $r_o = 50k\Omega$ 。试求:

- (1) 电路的静态工作点  $I_{C2}$ 、 $V_{C2}$ 、 $V_{CE2}$ ;
  - (2)  $R_L$  开路时的  $A_{vdo}$ 、 $A_{vco}$  和  $K_{CMR}$ ;
  - (3) 接入单端输出负载  $R_L = 10k\Omega$  时的  $A_{vd}$ 、 $R_i$  和  $R_o$ ;
- 解: 负载  $R_L = 10k\Omega$  接入  $T_2$  的集电极与点位参考点之间。

(1) 电路的静态工作点  $I_{C2}$ 、 $V_{C2}$ 、 $V_{CE2}$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_0 = 1mA$$

$$I_{B1} = I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = 0.02mA$$

$$V_{C2} = \frac{R_{c2}}{R_{c2} + R_L} V_{CC} = \frac{(R_{c2} // R_L) I_{C2}}{R_{c2} + R_L} = 4.6V$$

$$V_{E2} = V_{BE2} = 0.6V$$

$$V_{CE2} = 5.2V$$

(2)  $R_L$  开路时的  $A_{vdo}$ 、 $A_{vco}$  和  $K_{CMR}$

$$r_{be} = 200 \left( 1 + \frac{V_T}{I_E} \right) = 1.5k$$

$$A_{vdo} = \frac{v_{c2d}}{v_{id}} \bigg|_{R_L} = \frac{R_{c2}}{2r_{be}} = 83$$

$$A_{vc} = \frac{v_{e2e}}{v_{ic}} = \frac{R_{c1}}{r_{be} + 2(1 + \beta)r_o} = 0.05$$

$$K_{CMR} = \left| \frac{A_{vd}}{A_{vc}} \right| = 1690$$

3) 接入单端输出负载  $R_L = 10k\Omega$  时的  $A_{vd}$ 、 $R_i$  和  $R_o$

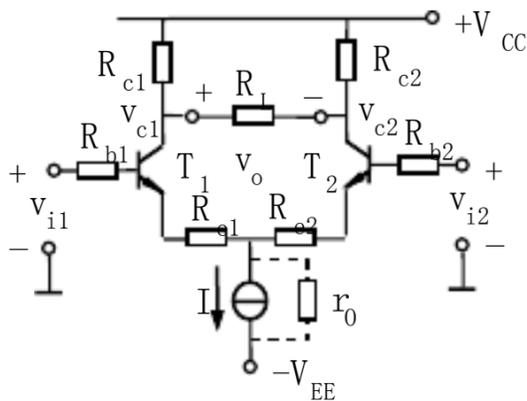
$$A_{vd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = \frac{(R_{c1} // R_L)}{2r_{be}} = 55.5$$

$$R_{id} = \frac{v_{id}}{i_{id}} = r_{be1} + r_{be2} = 3k$$

$$R_{od} = R_{c2} = 5k$$

8.11 在题图 8.11 中,  $V_{CC} = -V_{EE} = 10V$ ,  $R_{c1} = R_{c2} = 5k\Omega$ ,  $R_{e1} = R_{e2} = 100\Omega$ ,  $R_{b1} = R_{b2} = 10k\Omega$ , BJT 的  $\beta = 50$ ,  $V_{BE} = 0.6V$ ,  $r_{bb'} = 300\Omega$ ,  $I_0 = 2mA$ 。试求:

- (1) 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$ ;
- (2) 当电路接入  $R_L = 10k\Omega$  的负载时,  $A_{vd}$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ 。



题图 8.11

解: (1) 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_0 = 1mA$$

$$I_{B1} = I_{B2} = \frac{I_C}{\beta} = 0.02mA$$

$$V_{C2} = V_{C1} = V_{CC} - R_{c1} I_{C1} = 5V$$

$$V_{E2} = V_{E1} = R_{e1} I_{E1} = 0.8V$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} = 5.8V$$

2) 当电路接入  $R_L = 10k\Omega$  的负载时

$$r_{be} = 200 + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_E} = 1600$$

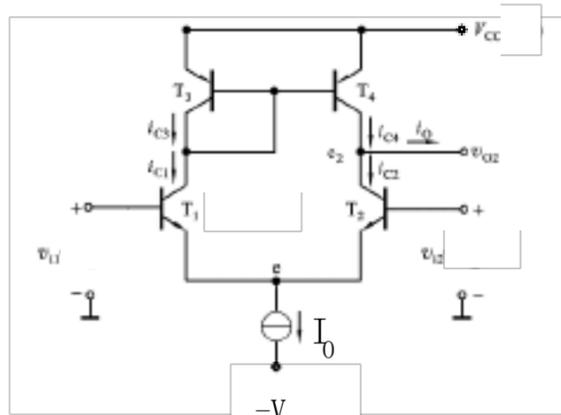
$$A_{vd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = \frac{(R_c // \frac{R_L}{2})}{r_{be}} = 83$$

$$R_{id} = \frac{V_{id}}{i_{id}} = R_{b1} + r_{be1} (1 + \beta) R_{e1} + R_{b2} + r_{be2} (1 + \beta) R_{e2} = 33.4k$$

$$R_{od} = R_{c1} + R_{c2} = 10k$$

8.12 在题图 8.12 电路中, 设各管的  $r_{ce}$  均为  $500k\Omega$ 。  $T_1$ 、 $T_2$  的  $\beta=100$ ,  $V_{BE}=0.7V$ ,  $r_{bb'}=200\Omega$ ,  $V_{CC}=-V_{EE}=10V$ ,  $I_0=1mA$ ,  $r_o=100k\Omega$ 。

- (1) 求  $R_L=\infty$  时的差模电压增益  $A_{vdo}$ ;
- (2)  $R_L=10k\Omega$ , 接入  $c_2$  点对地, 求差模电压增益  $A_{vd}$ ;
- (3) 计算结果与题 8.9 的  $A_{vdo}$  和  $A_{vd}$  比较可得出什么结论?



题图 8.12

解: 恒流源的  $I_0=1mA$ ,  $r_o=100k\Omega$ 。差分管的动态输入电阻为

$$r_{be} = 200 + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_E} = 5.5k$$

$R_L=\infty$  时,

$$A_{vdo} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = \frac{(r_{ce2} // r_{ce4})}{r_{be}} = \frac{100 (500 // 500)}{5.5} = 4545$$

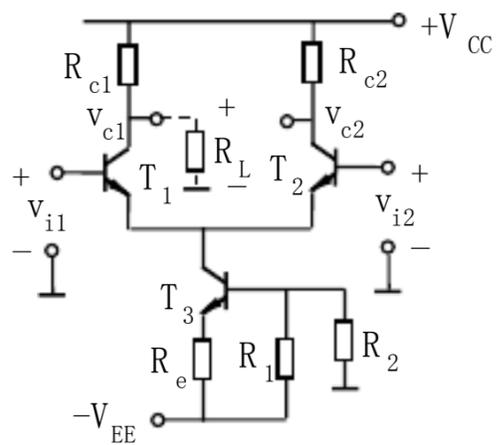
$R_L=10k\Omega$  时,

$$A_{vd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = \frac{(r_{ce2} // r_{ce4} // R_L)}{r_{be}} = 175$$

计算结果表明: 恒流源负载提高增益和输出电阻, 并实现双端输出转换为单端输出。

8.13 在题图 8.13 电路中,  $V_{CC}=-V_{EE}=12V$ ,  $R_{C1}=R_{C2}=5k\Omega$ ,  $R_1=40k\Omega$ ,  $R_2=20k\Omega$ ,  $R_e=2k\Omega$ , BJT 的  $\beta=50$ ,  $V_{BE}=0.7V$ ,  $r_{bb'}=200\Omega$ 。试求:

- (1) 双端输出  $R_L=10k\Omega$  时, 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$ , 动态参数  $A_{vd}$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ ;
  - (2) 单端输出  $R_L=5k\Omega$  时, 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$ , 动态参数  $A_{vd}$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ 。
- (提示:  $T_3$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_e$  分压式偏置电路构成差分电路的电流源。)



题图 8.13

解: (1) 双端输出,  $R_L=10k\Omega$  时, 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$   
 $T_3$  作为电流源, 输出电流为

$$I_{C3} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{EE} - V_{BE3} \right) / R_e = 3.65\text{mA}$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_{C3} = 1.83\text{mA}$$

$$I_{B1} = I_{B2} = I_C / \beta = 0.0365\text{mA}$$

$$V_{C2} = V_{C1} = V_{CC} - R_{c1} I_{C1} = 2.9\text{V}$$

$$V_{E2} = V_{E1} = V_{BE1} = 0.7\text{V}$$

$$V_{CE2} = V_{CE1} = 3.0\text{V}$$

$$r_{be} = 200 \left( 1 + \frac{V_T}{I_E} \right) = 925$$

$$A_{vd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = \frac{(R_c // \frac{R_L}{2})}{r_{be}} = 135$$

$$R_{id} = \frac{v_{id}}{i_{id}} = r_{be1} = r_{be2} = 1.85\text{k}$$

$$R_{od} = R_{c1} = R_{c2} = 10\text{k}$$

(2)  $R_L=5k\Omega$  负载接 c1 与地之间, 电路的静态工作点  $I_{C1}$ 、 $V_{C1}$ 、 $V_{CE1}$

$$I_{C3} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{EE} - V_{BE3} \right) / R_e = 3.65\text{mA}$$

$$I_{C1} = I_{C2} = \frac{1}{2} I_{C3} = 1.83 \text{mA}$$

$$I_{B1} = I_{B2} = I_C / \beta = 0.0365 \text{mA}$$

$$V_{C1} = \frac{R_{c1}}{R_{c1} + R_L} V_{CC} = (R_{c1} // R_L) I_{C1} = 1.43 \text{V}$$

$$V_{E1} = V_{BE1} = 0.7 \text{V}$$

$$V_{CE2} = 2.1 \text{V}$$

$$r_{be} = 200 + (1 + \beta) \frac{V_T}{I_E} = 925 \Omega$$

$$A_{vd} = \frac{v_{od}}{v_{id}} = \frac{(R_{c1} // R_L)}{2r_{be}} = 67$$

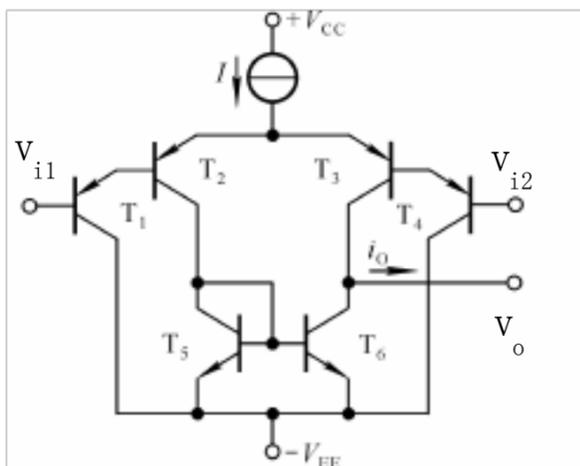
$$R_{id} = \frac{v_{id}}{i_{id}} = r_{be1} + r_{be2} = 1.85 \text{k}\Omega$$

$$R_{od} = R_{c1} = 5 \text{k}\Omega$$

8.14 电路如题图 8.14 所示，具有理想的对称性。设各管  $\beta$  均相同。

(1) 说明电路中各晶体管的作用；

(2) 求差模电压增益  $A_{vd}$ 。



题图 8.14

解：(1) 图示电路为双端输入、单端输出的差分放大电路。 $T_1$  和  $T_4$  组成共集电极差放； $T_2$  和  $T_3$  组成共射差放， $T_5$  和  $T_6$  组成其有源负载。

(2)

$$A_{vi} = \frac{v_o}{v_{i1} - v_{i2}} = \frac{(r_{ce3} // r_{ce6})}{r_{be3}}$$

8.15 电路如题图 8.15 所示，具有理想的对称性。

(1) 说明电路中各晶体管的作用；

(2) 求差模电压增益  $A_{vd}$ 。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/896120204031011002>