

8-4 由集成运放组成的晶体管 β 测量电路如图 8-27 所示。设晶体管的

$U_{BE} = 0.7V$ 。

1. 算出 e、b、c 各点电压的大致数值。
2. 若电压表读数为 0.8V，试求被测晶体管的 β 值。

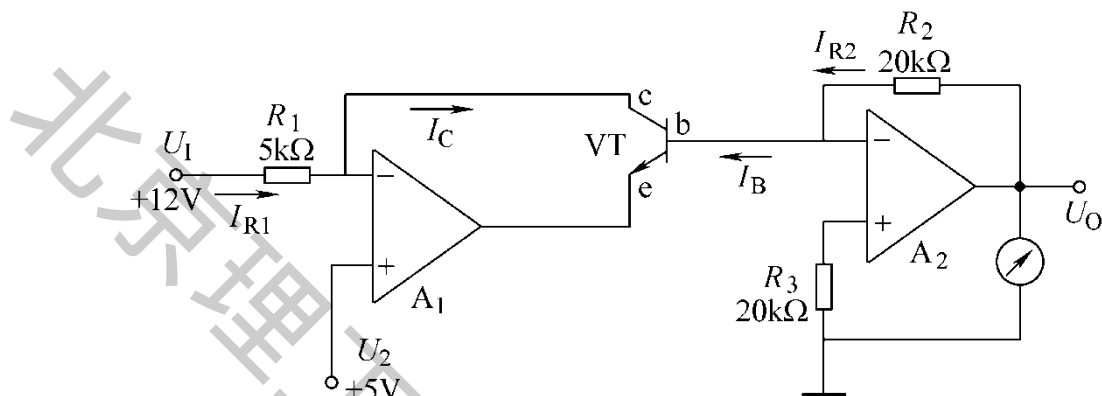


图 8-27 题 8-4 图

解：1. 由运放 A_1 ： $U_- \approx U_+ = 5V = U_c$

由运放 A_2 ： $U_B = U_- \approx U_+ = 0$ 和 $U_E = U_B - 0.7 = -0.7$ 。

$$2. \quad I_C \approx I_{R1} = \frac{U_1 - U_c}{R_1} = \frac{12 - 5}{5} = 1.4mA$$

$$I_B \approx I_{R2} = \frac{U_o}{R_2} = \frac{800mV}{20K\Omega} = 40\mu A$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{1.4mA}{0.04mA} = 35$$

8-7 试求图 8-30 所示各电路输出电压和输入电压的运算关系式。

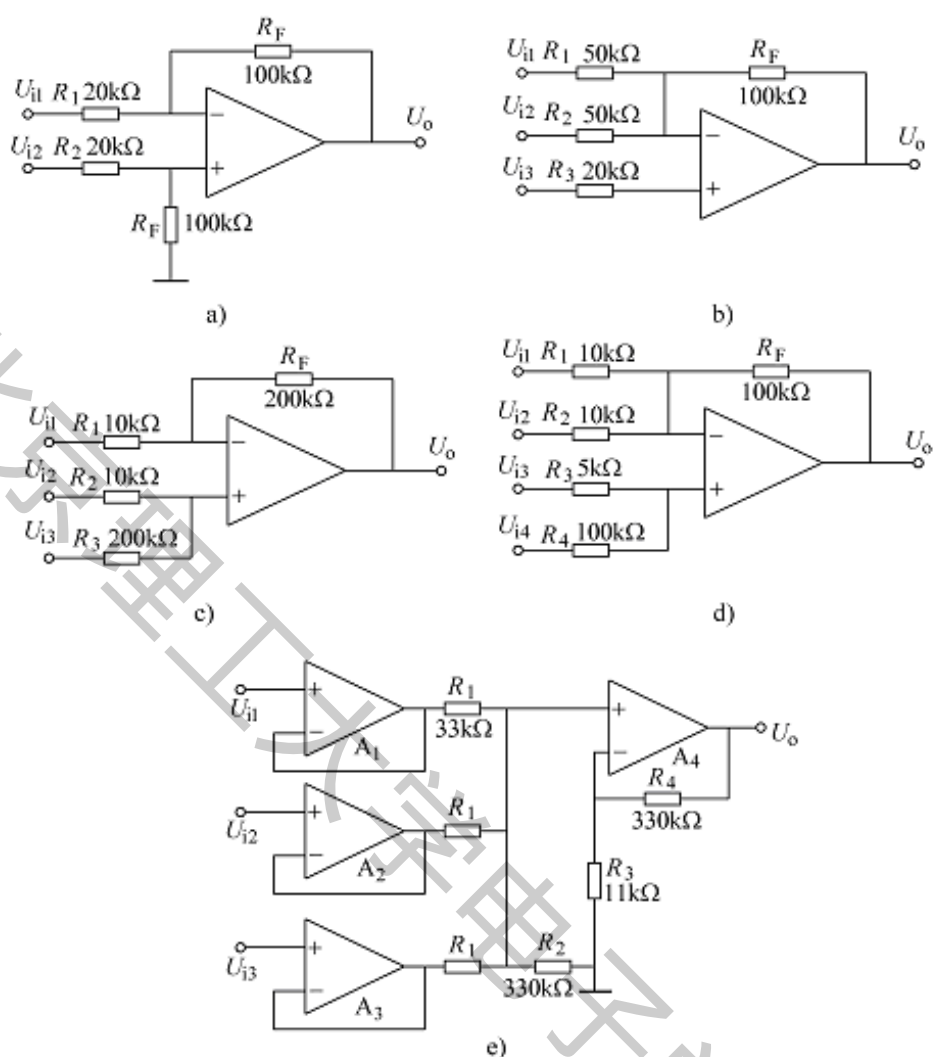


图 8-30 题 8-7 图

解：a) 差动输入加减运算电路。因为 $R_n = R_p$ ，

$$U_o = R_F \left(\frac{U_{i2}}{R_2} - \frac{U_{i1}}{R_1} \right) = 5(U_{i2} - U_{i1})$$

b) 因为 $R_n = R_p$ ，

$$U_o = R_F \left(\frac{U_{i3}}{R_3} - \frac{U_{i2}}{R_2} - \frac{U_{i1}}{R_1} \right) = 5U_{i3} - 2U_{i2} - 2U_{i1}$$

c) 因为 $R_n = R_p$ ，

$$U_o = R_F \left(\frac{U_{i3}}{R_3} + \frac{U_{i2}}{R_2} - \frac{U_{i1}}{R_1} \right) = U_{i3} + 20U_{i2} - 20U_{i1}$$

d) 因为 $R_n = R_p$,

$$U_o = R_F \left(\frac{U_{i4}}{R_4} + \frac{U_{i3}}{R_3} - \frac{U_{i2}}{R_2} - \frac{U_{i1}}{R_1} \right) = U_{i4} + 20U_{i3} - 10U_{i2} - 10U_{i1}$$

e) 运放 A_1 、 A_2 、 A_3 构成电压跟随电路, $U_{o1} = U_{i1}$, $U_{o2} = U_{i2}$, $U_{o3} = U_{i3}$

运放 A_4 , 因为 $R_n = R_p$

$$U_o = R_4 \left(\frac{U_{i3}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_1} + \frac{U_{i1}}{R_1} \right) = 10(U_{i3} + U_{i2} + U_{i1})$$

8—9 设计电路并完成运算 $U_0 = 4.5U_{i1} + 0.5U_{i2}$ 。

解: 可以用两种方案实现。

1. 采用反相加法和反相电路来实现, 如图 8—32 所示。

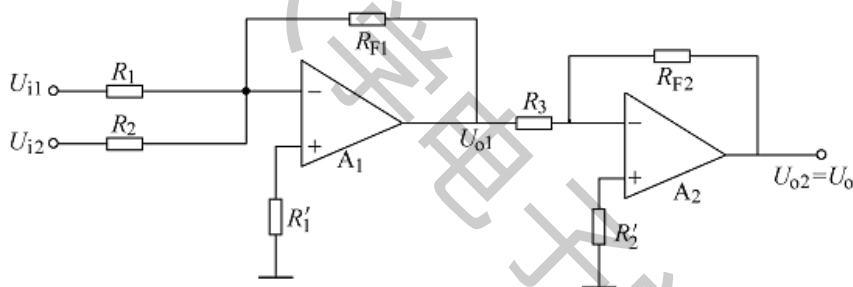


图 8—32 利用两级集成运放实现加法运算电路

运放 A_1 构成反相加法运算电路。

$$U_{o1} = -R_{F1} \left(\frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i1}}{R_1} \right)$$

运放 A_2 构成反相电路。

$$U_o = -\frac{R_{F2}}{R_3} U_{o1}, \text{ 取 } R_{F2} = R_3, \text{ 则 } \frac{R_{F1}}{R_1} = 4.5, \frac{R_{F1}}{R_2} = 0.5。$$

设 $R_1 = 1K\Omega$, 则 $R_{F1} = 4.5K\Omega$, $R_2 = 9K\Omega$ 。考虑到使 $R_n = R_p$, 则

$$R'_1 = R_1 // R_2 // R_{F1} = 0.75K\Omega。$$

对于 A_2 , $R_{F2} = R_3 = 5K\Omega$, $R'_2 = 2.5K\Omega$ 。

2. 采用同相加法电路，如图 8-33 所示。

利用 $R_n = R_p$ ，则 $U_o = R_F \left(\frac{U_{i2}}{R_2} + \frac{U_{i1}}{R_1} \right)$ 。

取 $R_1 = 1K\Omega$ ，则 $R_F = 4.5K\Omega$ ， $R_2 = 9K\Omega$ ，根据 $R_1 // R_2 = R // R_F$ ， $R = 1.125K\Omega$

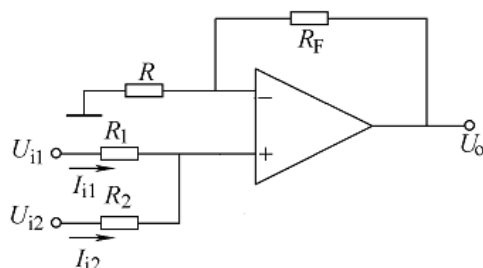


图 8-33 利用单级集成运放实现加法运算电路

3. 两方案的比较：方案 1 电路多用了—个运放，而且因为都采用反相输入，输入电阻小。方案 2 采用同相加法电路，调试比较困难，而且运放有共模输入，要求它的 K_{CMR} 大。

8-10 图 8-34 是一个增益可以进行线性调节的运算电路。说明各运放的功能，并推导 $\frac{U_o}{U_{i1} - U_{i2}}$ 的表达式。

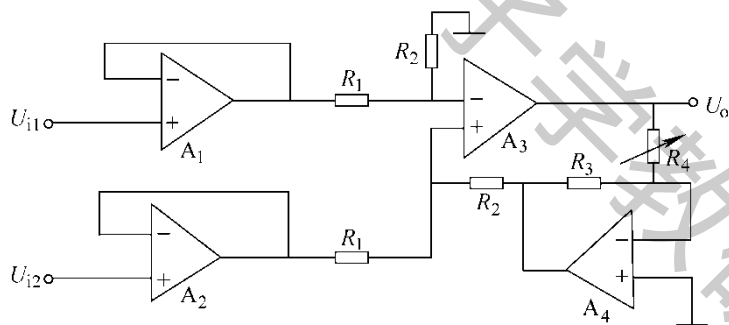


图 8-34 题 8-10 图

解： A_1 、 A_2 是电压跟随器， $U_{o1} = U_{i1}$ ， $U_{o2} = U_{i2}$ ， A_3 是差动输入运算电路， A_4 是

反比例电路，其输入为 U_o ，通过电阻 R_4 加到 A_4 的反相输入端，有 $U_{o4} = -\frac{R_3}{R_4} U_o$ 。

电路简化如图 8-35 所示

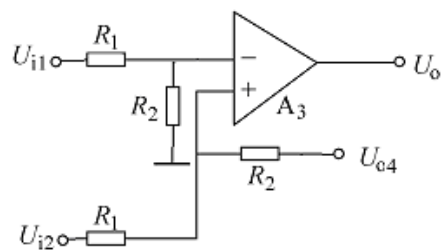


图 8—35 题 8—10 简化图

由于电路有深度电压并联负反馈， $U_+ = U_-$ ，

$$U_- = U_{i1} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad U_+ = U_{i2} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} - U_o \cdot \frac{R_3}{R_4} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad \text{所以}$$

$$U_o = \frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} (U_{i2} - U_{i1})$$