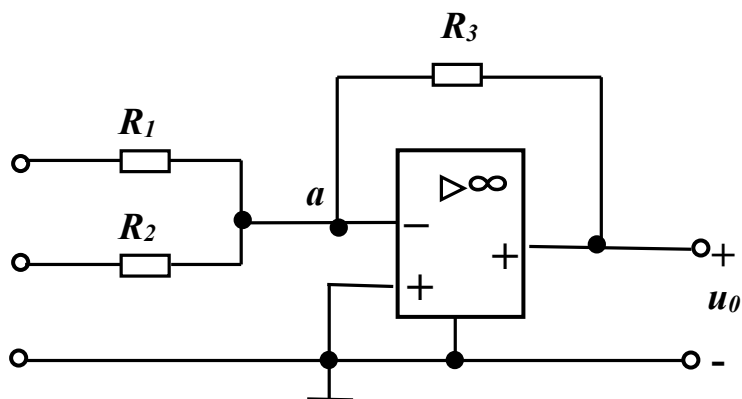


习题五

5-1 假设题 5-1 图示的电路输出为 $u_0 = -(5u_1 + 0.5u_2)$ 。已知 $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ ，求 R_1 和 R_2 。



题 5-1 图

解：对节点 a 列节点电压方程：

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) u^- - \frac{u_1}{R_1} - \frac{u_2}{R_2} - \frac{u_0}{R_3} = 0$$

因为 $u^- = u^+ = 0$

所以 $-\frac{u_1}{R_1} - \frac{u_2}{R_2} - \frac{u_0}{R_3} = 0$

即 $u_0 = -R_3 \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} \right)$

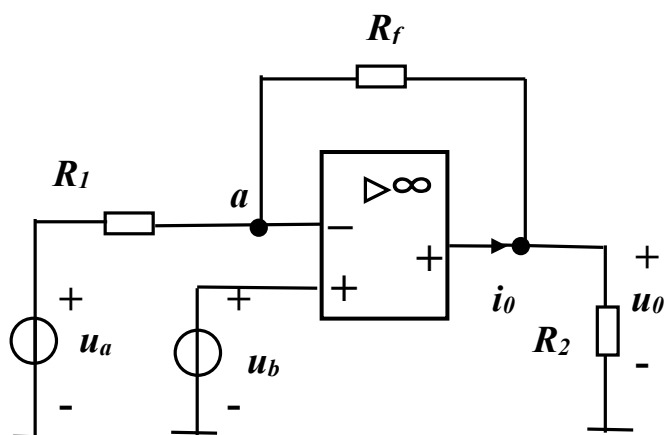
由已知 $u_0 = -(5u_1 + 0.5u_2)$ 且 $R_3 = 10\text{ k}\Omega$ 得

$$\frac{R_3}{R_1} = 5 \quad \text{即} \quad R_1 = \frac{R_3}{5} = 2\text{ k}\Omega$$

$$\frac{R_3}{R_2} = 0.5 \quad \text{即} \quad R_2 = \frac{R_3}{0.5} = 20\text{ k}\Omega$$

5-2 在题 5-2 图示电路中，已知 $R_1 = 3\text{ k}\Omega$ ， $R_2 = 4\text{ k}\Omega$ ， $R_f = 9\text{ k}\Omega$ ，

$u_a = 4\text{ V}$ ， $u_b = 2\text{ V}$ ，试求 u_0 和 i_0 。



题 5-2 图

解：对节点 a 列节点电压方程：

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_f} \right) u^- - \frac{u_a}{R_1} - \frac{u_0}{R_f} = 0$$

又由 $u^- = u^+ = u_b$ 代入上式化简得

$$\frac{u_a - u_b}{R_1} = \frac{u_b - u_0}{R_f}$$

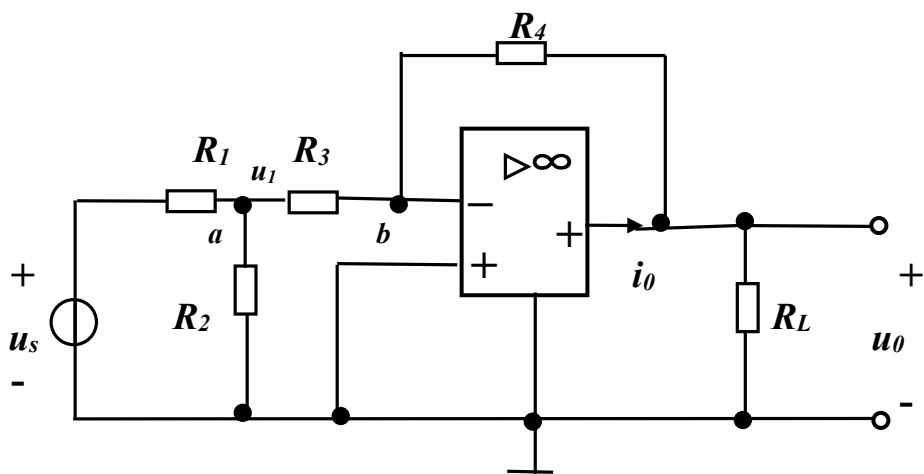
将 $R_1 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_f = 9 \text{ k}\Omega$, $u_a = 4 \text{ V}$, $u_b = 2 \text{ V}$ 代入上式

解得： $u_0 = 2 - 6 = -4 \text{ V}$

再对 b 点列 KCL 方程：

$$i_0 = \frac{u_0}{R_2} + \frac{u_0 - u_b}{R_f} = \frac{-4}{4} + \frac{-4 - 2}{9} = -\frac{5}{3} \text{ mA}$$

5-3 求题 5-3 图示电路的电压比 u_0/u_s 。



题 5-3 图

解：对节点 a 列节点电压方程：

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) u_1 - \frac{u_s}{R_1} - \frac{u_b}{R_3} = 0$$

由 $u^- = u^+ = u_b = 0$

化简可得
$$u_1 = \left(\frac{R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3} \right) u_s$$

对节点 b 列节点电压方程：

$$-\frac{u_0}{R_4} - \frac{u_1}{R_3} = 0$$

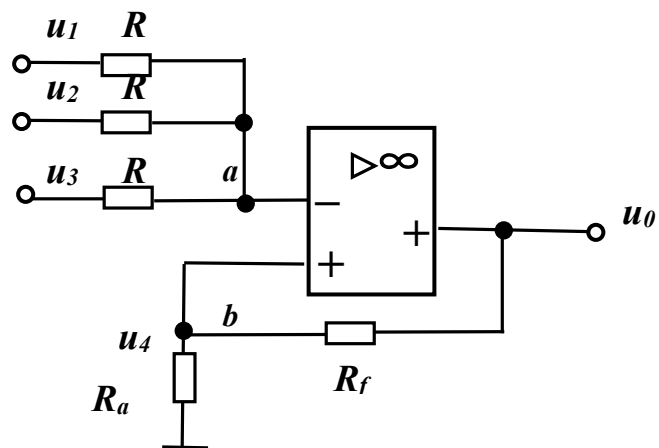
解得
$$u_0 = -\frac{R_4}{R_3} u_1$$

将 u_1 代入上式并解之得

$$u_0 = -\left(\frac{R_2 R_4}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3} \right) u_s$$

综合可得
$$\frac{u_0}{u_s} = -\frac{R_2 R_4}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}$$

5-4 求题 5-4 图示电路的电压 u_0 的表达式。



题 5-4 图

解：对节点 a、b 分别列节点电压方程：

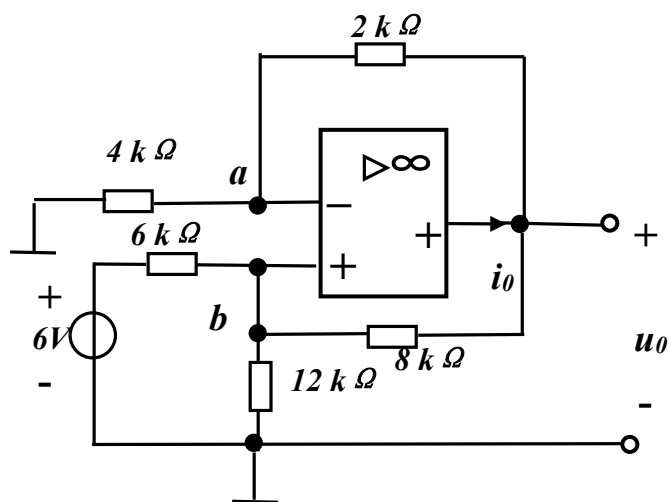
$$\text{节点 a: } \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \right) u_a - \frac{u_1}{R} - \frac{u_2}{R} - \frac{u_3}{R} = 0$$

$$\text{节点 b: } \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_f} \right) u_b - \frac{u_0}{R_f} = 0$$

$$\text{且 } u_a = u_b$$

$$\begin{aligned} \text{解得: } u_0 &= \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_f} \right) R_f u_b \\ &= \left(\frac{1}{R_a} + \frac{1}{R_f} \right) R_f \cdot \frac{(u_1 + u_2 + u_3)}{3} \\ &= \frac{1}{3} \left(1 + \frac{R_f}{R_a} \right) (u_1 + u_2 + u_3) \end{aligned}$$

5-5 求题 5-5 图示电路的 u_0 。



题 5-5 图

解：对节点 a、b 分别列节点电压方程：

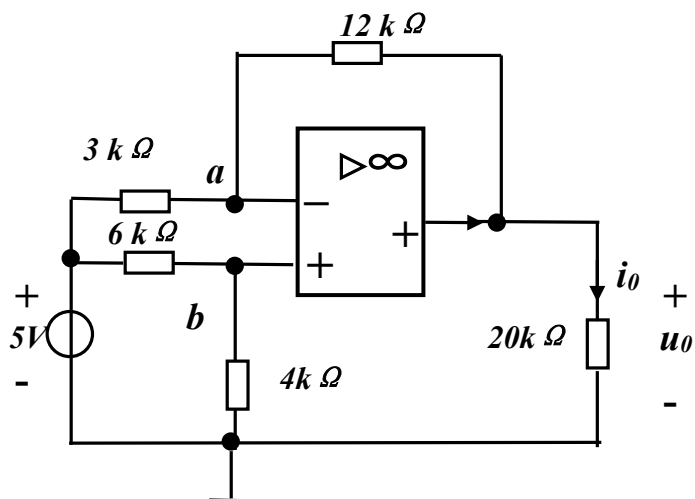
$$\text{节点 a:} \quad \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2} \right) u_a - \frac{u_0}{2} = 0 \quad \text{解得} \quad u_a = \frac{2}{3} u_0$$

$$\text{节点 b:} \quad \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8} \right) u_b - \frac{1}{6} \times 6 - \frac{1}{8} u_0 = 0$$

$$\text{由} \quad u_a = u_b$$

$$\text{代入化简得:} \quad u_0 = 8V$$

5-6 求题 5-6 图示运放电路中的输出电流 i_0 。



题 5-6 图

解：对节点 a、b 分别列节点电压方程：

$$\text{节点 a:} \quad \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{12}\right)u_a - \frac{5}{3} - \frac{u_0}{12} = 0 \quad \text{①}$$

$$\text{节点 b:} \quad \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{4}\right)u_b - \frac{1}{6} \times 5 = 0 \quad \text{②}$$

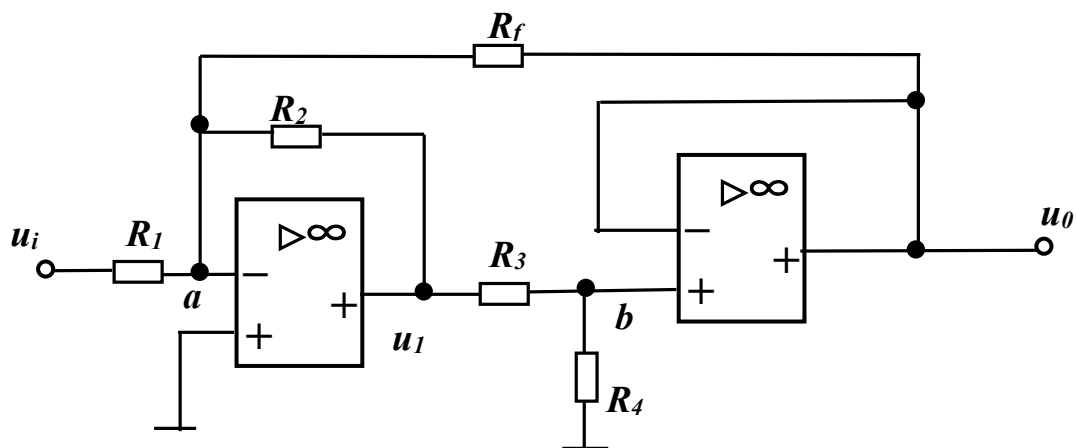
且 $u_a = u_b$ 则由 ①、②式可解得

$$\frac{5}{12}u_a = \frac{5}{6} \quad \text{即} \quad u_a = 2V$$

将 u_a 代入①式解得 $u_0 = -10V$

$$\text{则} \quad i_0 = \frac{u_0}{20} = -0.5mA$$

5—7 求题 5—7 图示电路的闭环电压增益 u_0/u_i 。



题 5—7 图

解：由理想运放的特性可得

$$u_a = u^+ = 0$$

$$u_b = u^- = u_0$$

对节点 a、b 分别列节点电压方程：

$$\text{节点 a:} \quad -\frac{u_i}{R_1} - \frac{u_1}{R_2} - \frac{u_0}{R_f} = 0 \quad \text{①}$$

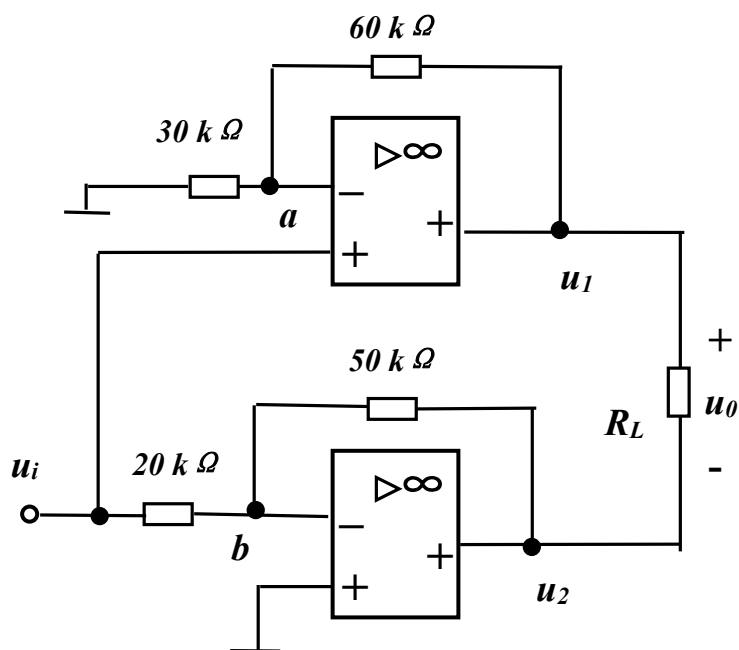
节点 b:
$$\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)u_0 - \frac{u_1}{R_3} = 0 \quad ②$$

由①得:
$$u_1 = -R_2 \left(\frac{u_i}{R_1} + \frac{u_0}{R_f} \right)$$

代入②式:
$$\left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)u_0 + \frac{R_2}{R_3} \left(\frac{u_i}{R_1} + \frac{u_0}{R_f} \right) = 0$$

化简得:
$$\frac{u_0}{u_i} = -\frac{R_2 R_4 R_f}{R_1 (R_3 R_f + R_4 R_f + R_2 R_4)}$$

5-8 求题 5-8 图示电路中的电压增益 u_0/u_i 。



题 5-8 图

解：由理想运放的特性可得

$$u_a = u_i \quad u_b = 0$$

对节点 a、b 分别列节点电压方程：

节点 a:
$$\left(\frac{1}{30} + \frac{1}{60}\right)u_i - \frac{u_1}{60} = 0 \quad \text{解得} \quad u_1 = 3u_i$$

节点 b: $-\frac{u_i}{20} - \frac{u_2}{50} = 0$ 解得 $u_2 = -\frac{5}{2}u_i$

则 $u_0 = u_1 - u_2 = 3u_i + \frac{5}{2}u_i = \frac{11}{2}u_i$

所以 $\frac{u_0}{u_i} = \frac{11}{2}$