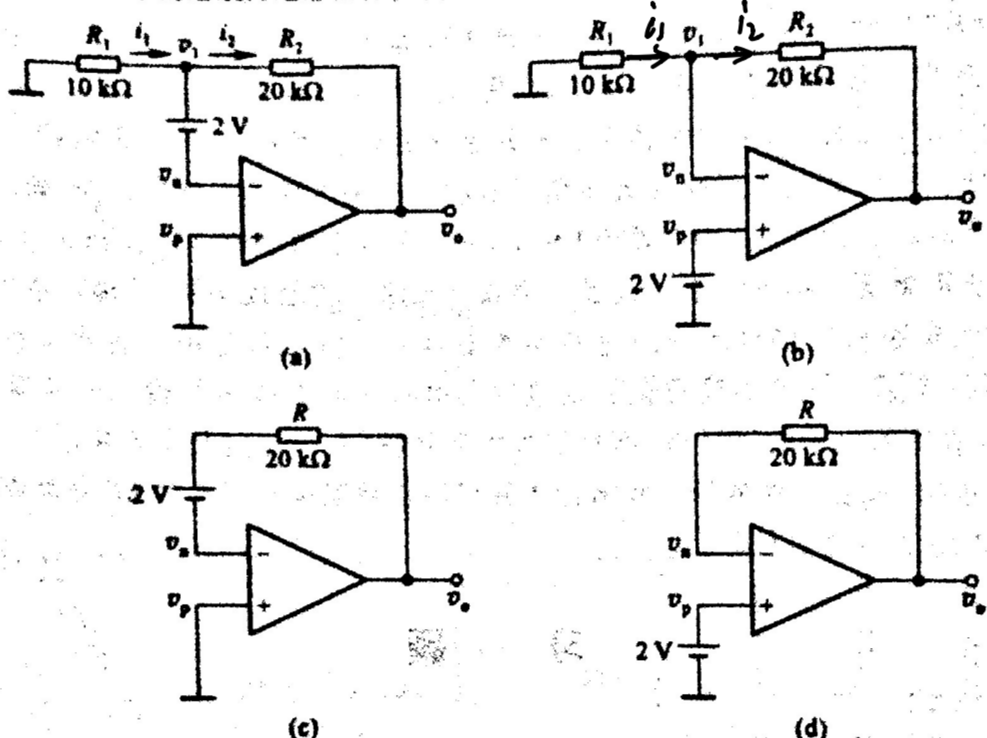
2.3.2 设图题 2.3.2 中的运放为理想器件，试求出图 a、b、c、d 中电路输出电压 v_o 的值。



图题 2.3.2

解: a) 由图可知, $i_1 = i_2$, $v_p = v_n = 0$ $\therefore V_1 = 2V$

$i_1 = \frac{v_1}{10k\Omega}$ $\quad i_2 = \frac{v_o - v_1}{20k\Omega}$

得: $v_o = 6V$

b) 由图可知, $i_1 = i_2$. $v_p = v_n = 2V$ $\therefore V_1 = 2V$

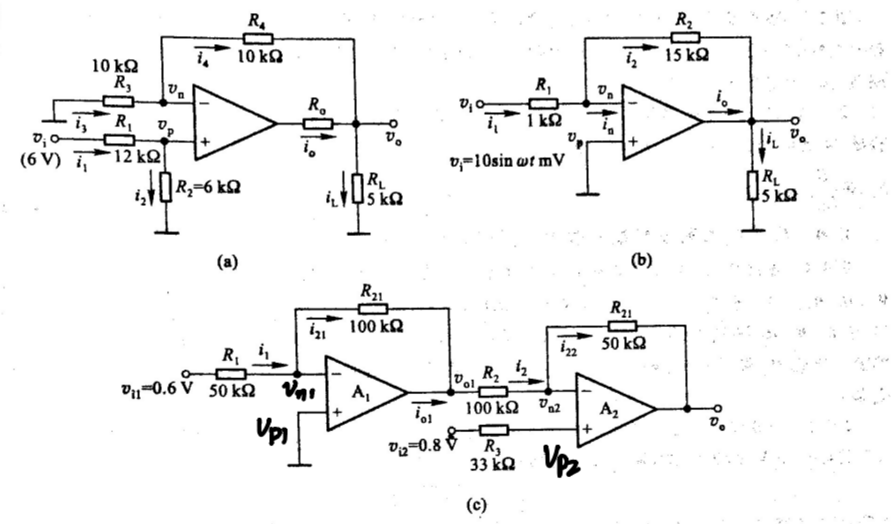
$i_1 = \frac{V_1}{10k\Omega}$ $\quad i_2 = \frac{V_o - V_1}{20k\Omega}$

得 $v_o = 6V$

c) 由图可知, $v_p = v_n = 0$. $\therefore V_o = 2V$

d) 由图可知, $v_p = v_n = 2V$ $\therefore V_o = 2V$

2.3.3 电路如图题 2.3.3 所示，设运放是理想的，图 a 电路中的 $v_i=6\ \text{V}$，图 b 电路 $v_i=10\sin\omega t\ \text{mV}$，图 c 电路中 $v_{i1}=0.6\ \text{V}$、$v_{i2}=0.8\ \text{V}$。求各运放电路的输出电压 v_o 和图 a、b 中各支路的电流。



图题 2.3.3

解：a) $i_1=i_2$. $\therefore \dfrac{v_p-v_i}{12k\Omega}=\dfrac{0-v_p}{6k\Omega}$，$v_i=6V$

$\therefore v_p=2V=v_n$

又 $i_3=i_4$ $\quad\therefore v_o=2v_n=4V$

$\therefore$各支路电流：$i_1=i_2=\dfrac{4V}{12k\Omega}=0.33mA \qquad i_3=i_4=\dfrac{-2V}{10k\Omega}=-0.2mA$

$i_L=\dfrac{4V}{5k\Omega}=0.8mA \qquad i_o=i_L-i_4=1mA$

b) $v_n=v_p=0$，$i_n=0$，且 $i_1=i_2$ $\quad\therefore \dfrac{v_i-v_n}{1k\Omega}=\dfrac{v_n-v_o}{15k\Omega}$

$\therefore v_o=-150\sin wt\ mV$

$\therefore$各支路电流：$i_1=i_2=\dfrac{10\sin wt\ mV}{1k\Omega}=10\sin wt\ \mu V$

$i_L=\dfrac{-150\sin wt\ mV}{5k\Omega}=-30\sin wt\ \mu V$

$i_o=i_L-i_2=-40\sin wt\ \mu V$

c) $v_{n1}=v_{p1}=0$，$i_1=i_{21}$ $\quad\therefore \dfrac{0.6V}{50k\Omega}=\dfrac{-v_{o1}}{100k\Omega} \quad \therefore v_{o1}=-1.2V$

$\therefore v_{i2}=v_{p2}=v_{n2}=0.8V \qquad \therefore$由 $i_2=i_{22}$ 得：$\dfrac{-1.2V-0.8V}{100k\Omega}=\dfrac{0.8V-v_o}{50k\Omega}$

$\therefore v_o=1.8V$

2.3.4 （1）设计一同相放大电路，如图 2.3.1a 所示，其闭环增益 $A_v=10$，当 $v_i=0.8$ V 时，流过每一电阻的电流小于 100 μA，求 R_1 和 R_2 的最小值；

（2）设计一反相放大电路，如图 2.3.6a 所示，要求电压增益 $A_v=v_o/v_i=-8$，当输入电压 $v_i=-1$ V 时，流过 R_1 和 R_2 的电流小于 20 μA，求 R_1 和 R_2 的最小值。

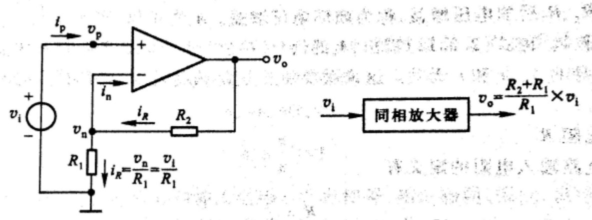


图 2.3.1 同相放大电路

(a)电路图 (b)电路运算功能的框图

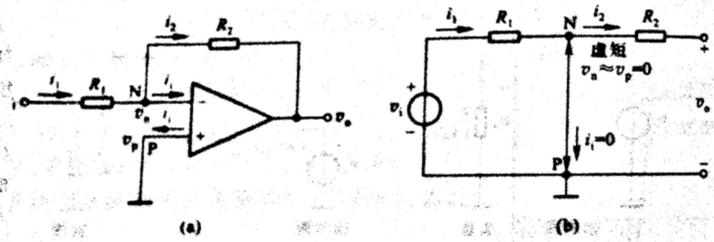


图 2.3.6 反相放大电路

(a) 电路图 (b) 由虚短引出虚地 $v_n\approx 0$

解：(1) 当 $v_i=0.8V$ 时，$v_p=v_n=0.8V$

且 $i_p=i_n=0$，$i_{R2}=i_{R1}$

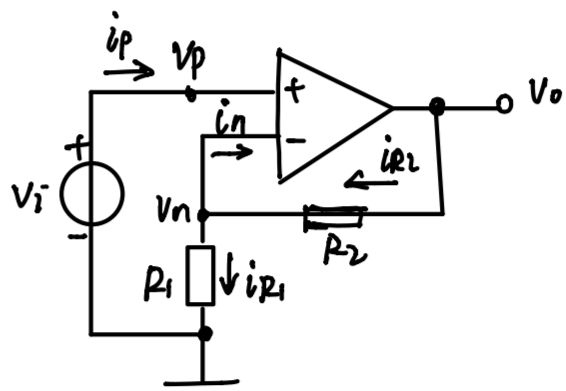
要使 $i_{R1}=i_{R2}<100\mu A$

$\therefore R_{1min}=\frac{0.8V}{100\mu A}=8k\Omega$

又 $\because A_v=10$ $\therefore v_o=8V$

$\therefore R_{2min}=\frac{8V-0.8V}{100\mu A}=72k\Omega$

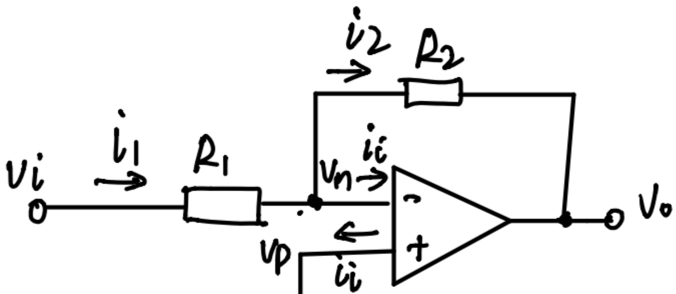
$\therefore R_{1min}=8k\Omega$，$R_{2min}=72k\Omega$



(2) $v_n=v_p=0$，$i_i=0$ $\therefore i_1=i_2$

当 $v_i=-1V$ 时，$\frac{-1V}{R_1}=\frac{-v_o}{R_2}$

又 $\because A_v=-8$ $\therefore v_o=8V$ $\therefore R_2=8R_1$

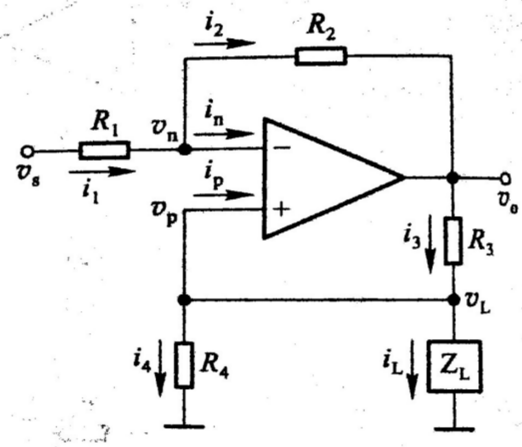


要使 $|i_1|=|i_2|<20\mu A$

$\therefore R_{1min}=\frac{-1V}{-20\mu A}=50k\Omega$

$R_{2min}=8\times 50k\Omega=400k\Omega$

2.3.8 将电压源 v_s 转换为电流源 i_L，驱动线圈 Z_L 的电压-电流转换器，如图题 2.3.8 所示。求 i_L/v_s 表达式。（注电路中为使 i_L 独立于 Z_L，设 $\frac{R_2}{R_1R_3}=\frac{1}{R_4}$。）



图题 2.3.8

解：$i_n = i_p = 0$，$v_n = v_p = v_L = i_L Z_L$

$\therefore i_1 = i_2 \quad \therefore \frac{v_s - v_n}{R_1} = \frac{v_n - v_o}{R_2}$

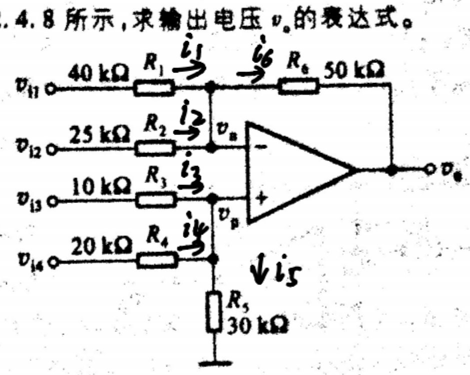
$i_3 = i_4 + i_L \quad \therefore \frac{v_o - v_L}{R_3} = \frac{v_p}{R_4} + \frac{v_L}{Z_L}$

又∵ $\frac{R_2}{R_1R_3} = \frac{1}{R_4}$ $\quad \therefore \frac{R_2}{R_1}(v_s - i_L \cdot Z_L) = -\frac{R_3}{R_4} i_L \cdot Z_L - R_3\frac{i_L \cdot Z_L}{Z_L}$

∴化简得：$v_s = -R_4 i_L$

$\therefore \frac{i_L}{v_s} = -\frac{1}{R_4}$

2.4.8 加减运算电路如图题 2.4.8 所示，求输出电压 v_o 的表达式。



图题 2.4.8

解：$v_s = v_p$

令 $v_{i3} = v_{i4} = 0$，则 $v_p = 0 = v_s$.

由 $i_1 + i_2 = i_6$，$\frac{v_{i1}}{40k\Omega} + \frac{v_{i2}}{25k\Omega} = \frac{-v_o'}{50k\Omega}$

得：$v_o' = -\frac{5}{4}v_{i1} - 2v_{i2}$

令 $v_{i1} = v_{i2} = 0$，由 $i_3 + i_4 = i_5$，$\frac{v_{i3} - v_p}{10k\Omega} + \frac{v_{i4} - v_p}{20k\Omega} = \frac{v_p}{30k\Omega}$

$\therefore v_p = \frac{6}{11}v_{i3} + \frac{3}{11}v_{i4} = v_n$

由 $i_1 + i_2 = i_6$，$\frac{-v_n}{40k\Omega} + \frac{-v_n}{25k\Omega} = \frac{v_n - v_o''}{50k\Omega}$

$\therefore v_o'' = \frac{17}{4}v_n = \frac{51}{22}v_{i3} + \frac{51}{44}v_{i4}$

由叠加定理：$v_o = v_o' + v_o'' = -\frac{5}{4}v_{i1} - 2v_{i2} + \frac{51}{22}v_{i3} + \frac{51}{44}v_{i4}$