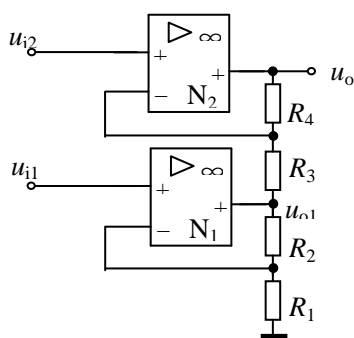


第3章 信号放大电路

3-3 如图所示电路， N_1 、 N_2 为理想运算放大器， $R_4=R_2=R_1=R_3=R$ ，试求其闭环电压放大倍数。（20'）



解：

双运放高共模抑制比放大电路：同相串联结构

$N1$ 同相端： $u_P = u_{i1}$

$N1$ 反相端： $I_N=0$, $u_N = u_P = u_{i1}$

$$i_{R1} = i_{R2} = \frac{u_{i1}}{R_1} = \frac{u_{o1} - u_{i1}}{R_2}$$

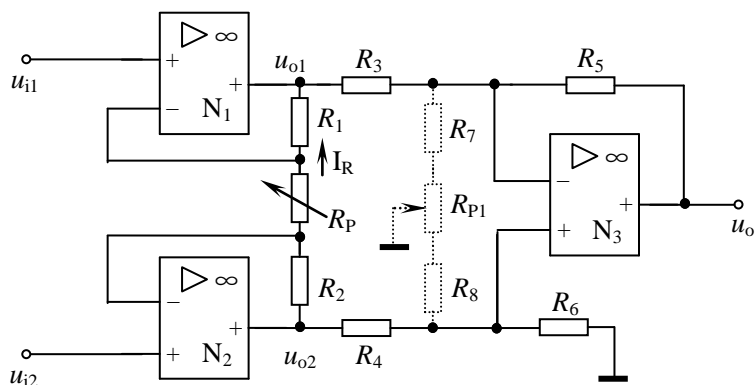
$N2$ 同相端： $u_P = u_{i2}$

$$i_{R3} = i_{R4} = \frac{u_{i2} - u_{o1}}{R_3} = \frac{u_o - u_{o1}}{R_4}$$

解得：

$$u_o = (1 + \frac{R_4}{R_3})u_{i2} - (1 + \frac{R_2}{R_1})\frac{R_4}{R_3}u_{i1} = 2(u_{i2} - u_{i1})$$

3-4 如图所示电路， N_1 、 N_2 、 N_3 工作在理想状态， $R_1=R_2=100k\Omega$ ， $R_P=10k\Omega$ ， $R_3=R_4=20k\Omega$ ， $R_5=R_6=60k\Omega$ ， N_2 同相输入端接地，试求电路的差模增益？电路的共模抑制能力是否降低？为什么？（20'）



解：由图和题设可得 $u_o = (u_{o2} - u_{o1}) R_5 / R_3 = 3(u_{o2} - u_{o1})$, $u_{o1} = u_{i1} (1 + R_1 / R_p) - u_{i2} R_1 / R_p = 11u_{i1}$, $u_{o2} = u_{i2} (1 + R_2 / R_p) - u_{i1} R_2 / R_p = -10u_{i1}$, 即 $u_o = 3(-10u_{i1} - 11u_{i1}) = -63u_{i1}$, 因此, 电路的差模增益为 63。电路的共模抑制能力将降低, 因 N_2 同相输入端接地, 即 $u_{i2} = 0$, u_{i1} 的共模电压无法与 u_{i2} 的共模电压相抵消。

3-7 请说明 ICL7650 斩波稳零集成运算放大器是如何提高其共模抑制比的？

(20')

解：ICL7650 的输出

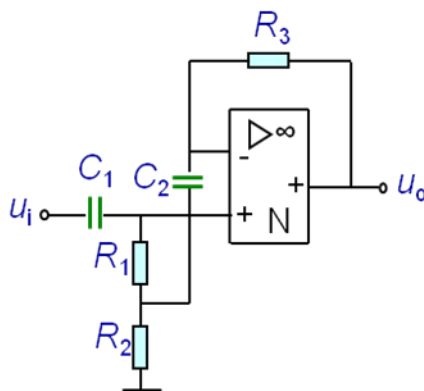
$$U_o = (K_1 + K_1' K_2) U_i + K_1 U_{os1} + K_{c1} U_c$$

其共模信号误差项 $K_{c1} U_c$ 相当于输入端的共模误差电压 U_c' , 即

$$U_c' = \frac{K_{c1} U_c}{K_1 + K_1' K_2} \approx \frac{K_{c1} U_c}{K_1 K_2} = \frac{U_c}{K_2 CMRR_1} = \frac{U_c}{CMRR}$$

式中 K_1 、 K_{c1} 分别为运算放大器 N_1 的开环放大倍数和开环共模放大倍数; K_1' 为运算放大器 N_1 由侧向端 A_1 输入时的放大倍数; K_2 为运算放大器 N_2 的开环放大倍数。设计中可使 $K_1' \approx K_1$, $K_2 \gg 1$, 所以 $CMRR = K_2 CMRR_1$, 因此整个集成运算放大器的共模抑制比 $CMRR$ 比运算放大器 N_1 的共模抑制比 $CMRR_1$ (一般可达 80dB) 提高了 K_2 倍。

3-9 请简述如图所示的同相交流放大电路为何有高输入阻抗特性？ (10')

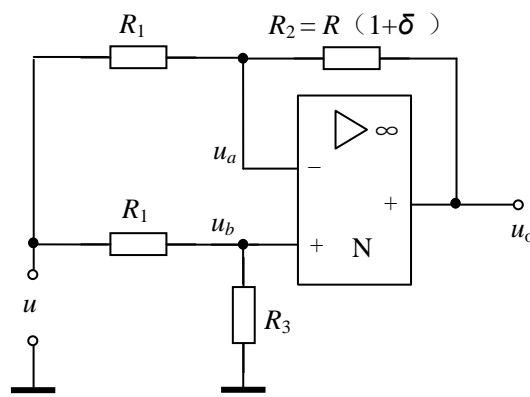


解：图中所示的同相交流放大电路采用反馈的方法, 通过电容 C_2 将运算放大器两输入端之间的交流电压作用于电阻 R_1 的两端。由于处于理想工作状态的运算放大器两输入端是虚短的 (即近似等电位), 因此 R_1 的两端等电位, 没有信号电流流过 R_1 , 故对交流而言, R_1 可看作无穷大。为了减小失调电压, 反馈电阻 R_3 应与 R (即 $R_1 + R_2$) 相等。

3-10 何谓电桥放大电路?应用于何种场合? (10')

解：由传感器电桥和运算放大器组成的放大电路或由传感器和运算放大器构成的电桥都称为电桥放大电路。应用于电参量式传感器，如电感式、电阻应变式、电容式传感器等，经常通过电桥转换电路输出电压或电流信号，并用运算放大器作进一步放大，或由传感器和运算放大器直接构成电桥放大电路，输出放大的电压信号。

3-11 如图所示线性电桥放大电路中，若 u 采用直流，其值 $U=10\text{V}$ ， $R_1=R_3=R=120\Omega$ ， $\Delta R=0.24\Omega$ 时，试求输出电压 U_o 。如果要使失调电压和失调电流各自引起的输出小于 1mV ，那么输入失调电压和输入失调电流应为多少？（20'）



解：

$$\begin{cases} u_a = u_o \frac{R_1}{R_1 + R_2} + u \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ u_b = u \frac{R_3}{R_1 + R_3} \\ u_a = u_b \end{cases}$$

解得

$$\begin{aligned}u_o &= (1 + \frac{R_2}{R_1})(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_1 + R_2})u = [\frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_2}{R_1}]u \\&= \frac{R_3 - R_2}{R_1 + R_3}u = \frac{R - R - \Delta R}{2R}u \\&= \frac{-\Delta R}{2R}u = -0.01V\end{aligned}$$

满足 $R_p = R_1 \parallel R_2$ 则由偏置电流和失调电流引起的误差为:

$$u_o = R_2 I_{OS} = 120\Omega \times I_{OS} \leq 1mV$$

则:

$$I_{OS} \leq \frac{1mV}{120\Omega} = 8.3\mu A$$

失调电压:

$$u_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) U_{OS} \leq 1mV$$

则:

$$U_{OS} \leq 0.5mV$$