

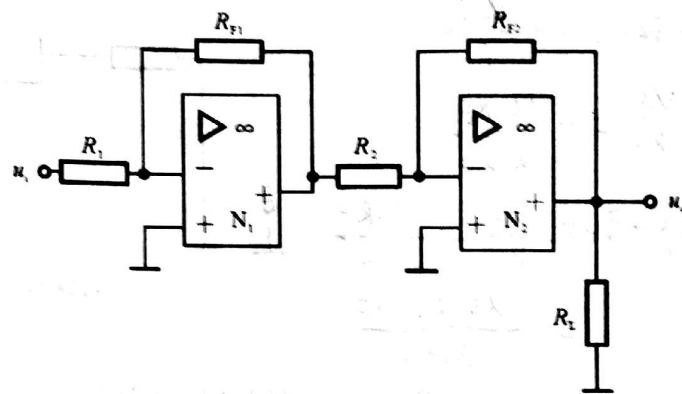
班级 _____

姓名 _____

学号 _____

第6章 集成运算放大电路

6.1 在图示放大电路中,引入反馈后,希望能够:①降低输出电阻;②稳定输出电流。试问应引入什么样的反馈?并在图中接上反馈电路。



习题 6.1 图

6.2 已知一个负反馈放大电路的 $A_{uo} = 300$, $F = 0.01$, 试求:

- (1) 负反馈放大电路的闭环电压放大倍数 A_{uf} 为多少?
- (2) 如果由于某种原因使 A_{uo} 发生 $\pm 6\%$ 的变化, 则 A_{uf} 的相对变化量为多少?

$$(1) A_{uf} = \frac{A_{uo}}{1 + F A_{uo}} = \frac{300}{1 + 0.01 \times 300} = 75$$

$$(2) \frac{dA_{uf}}{A_{uf}} = \frac{1}{1 + F A_{uo}} \frac{dA_{uo}}{A_{uo}} = \frac{1}{1 + 0.01 \times 300} \times (\pm 6\%) = \pm 1.5\%$$



6.3 为了获得较高的电压放大倍数,而又可避免采用高值电阻,将反向比例运算电路改为如图所示的电路,并设 $R_F \gg R_4$ 。试证明

$$A_{uf} = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{R_F}{R_1} \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)$$

$$i_1 = i_2 = i_3 = \frac{U_i}{R_1}$$

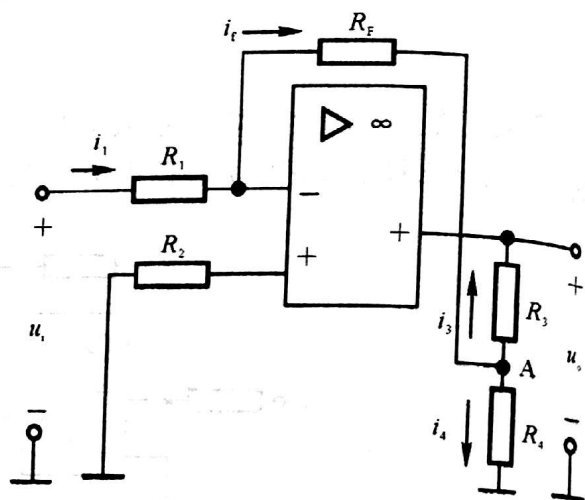
$$V_A = -i_2 R_F = -\frac{U_i R_F}{R_1}$$

$$i_4 = \frac{V_A}{R_4} = -\frac{U_i R_F}{R_1 R_4}$$

$$\begin{aligned} i_3 &= i_2 - i_4 = \frac{U_i}{R_1} + \frac{U_i R_F}{R_1 R_4} \\ &= \frac{U_i (R_4 + R_F)}{R_1 R_4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_o &= V_A - i_3 R_3 = -\frac{U_i R_F}{R_1} - \frac{U_i R_3 (R_4 + R_F)}{R_1 R_4} \quad (R_F \gg R_4) \\ &\approx -U_i \left(\frac{R_F}{R_1} + \frac{R_3 R_F}{R_1 R_4} \right) = -\frac{U_i R_F}{R_1} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore A_{uf} &= \frac{u_o}{u_i} \\ &= -\frac{R_F}{R_1} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) \end{aligned}$$



习题 6.3 图

6.4 在习题 6.3 图中,已知 $R_1 = 50 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 33 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_F = 100 \text{ k}\Omega$ 。试求:

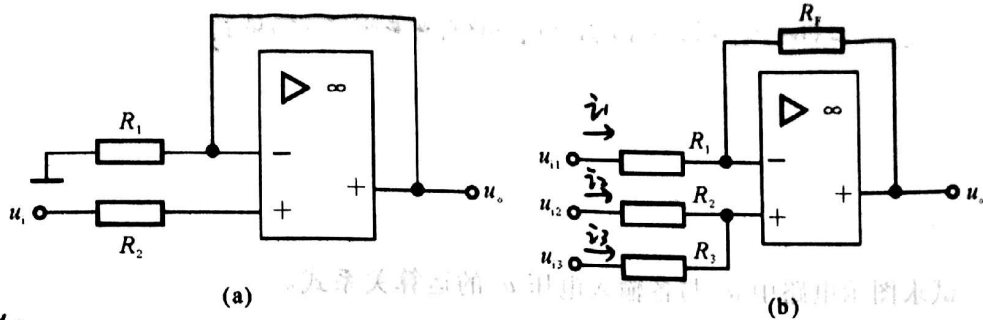
- (1) 电压放大倍数 A_{uf} ;
- (2) 如果 $R_3 = 0 \text{ k}\Omega$, 要求得到同样大的电压放大倍数, R_F 的阻值应增加到多少?

$$(1) A_{uf} = -\frac{R_F}{R_1} \left(1 + \frac{R_3}{R_4} \right) = -\frac{100}{50} \times \left(1 + \frac{3}{2} \right) = -5$$

$$(2) R_F = -\frac{R_1 A_{uf}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} = -\frac{50 \times (-5)}{1 + \frac{0}{2}} = 250 \text{ k}\Omega$$



6.5 试推导出图示各运算放大电路中输出与输入的关系。



$$1a) u_o = u_i$$

$$1b) \begin{cases} i_1 = i_2 \\ i_2 + i_3 = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{u_{i1} - u_-}{R_1} = \frac{u_- - u_o}{R_F} \\ \frac{u_{i2} - u_+}{R_2} + \frac{u_{i3} - u_+}{R_3} = 0 \end{cases}$$

$$u_+ = u_-$$

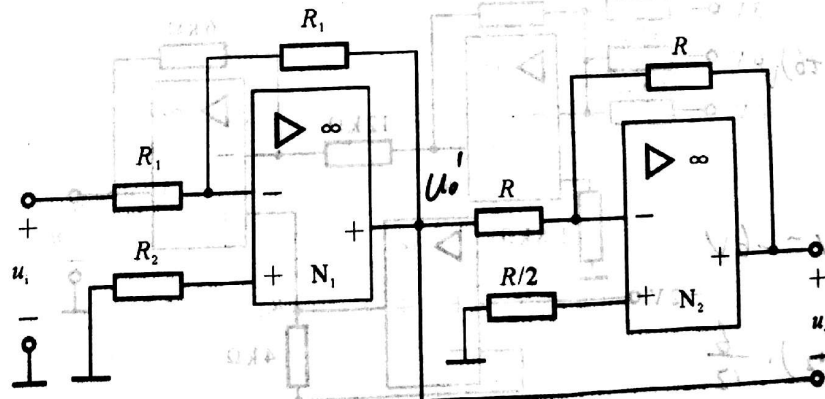
$$\therefore u_o = \frac{R_1 + R_F}{(R_2 + R_3)R_1} (u_{i2}R_3 + u_{i3}R_2) - \frac{R_F}{R_1} u_{i1}$$

习题 6.5 图

$$1c) u_{o1} = -\frac{R_{F1}}{R} u_{i1}$$

$$\begin{aligned} u_o &= -\left(\frac{R_{F2}}{R} u_{o1} + \frac{R_{F2}}{R} u_{i2}\right) \\ &= -\left[\frac{R_{F2}}{R} \left(-\frac{R_{F1}}{R} u_{i1}\right) + \frac{R_{F2}}{R} u_{i2}\right] \\ &= \frac{R_{F2}R_{F1}}{R^2} u_{i1} - \frac{R_{F2}}{R} u_{i2} \end{aligned}$$

6.6 试求图示电路中 u_o 与 u_i 的运算关系式。



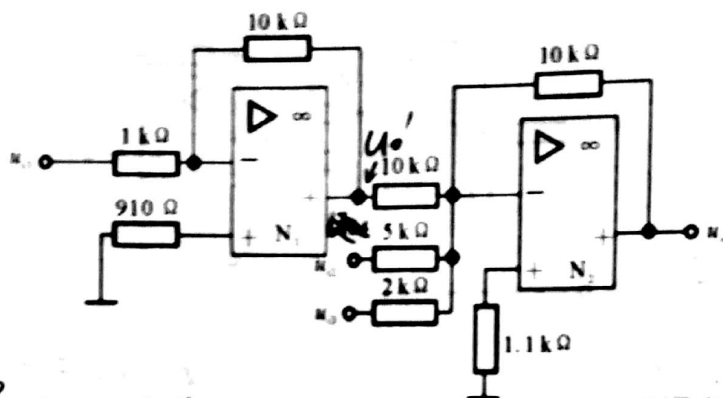
习题 6.6 图

$$u_{o'} = -\frac{R_1}{R_1} u_i = -u_i$$

$$u_o = -\frac{R}{R} u_{o'} - u_{o'} = -2u_{o'} = 2u_i$$



6.7 试求图示电路中 u_o 与各输入电压 u_i 的运算关系式。

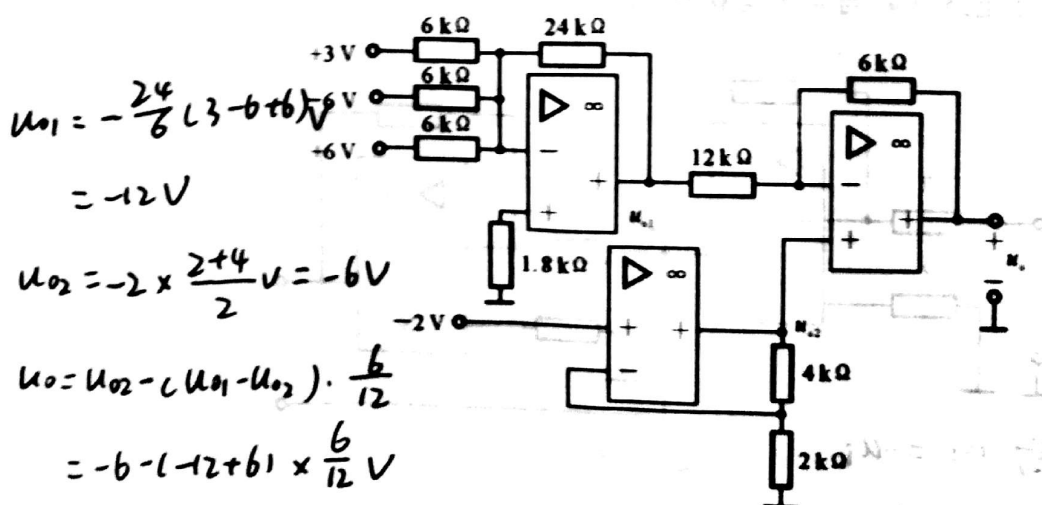


习题 6.7 图

$$u_{o'} = -\frac{10}{1} u_{i1} = -10u_{i1}$$

$$\begin{aligned} u_o &= -\frac{10}{1} u_{o'} - \frac{10}{5} u_{i2} - \frac{10}{2} u_{i3} \\ &= 10u_{i1} - 2u_{i2} - 5u_{i3} \end{aligned}$$

6.8 试求图示电路中的输出电压 u_{o1} 、 u_{o2} 及 u_o 。



习题 6.8 图

$$\begin{aligned} u_{o1} &= -\frac{24}{6} (3 - 6 + 6) \text{ V} \\ &= -12 \text{ V} \end{aligned}$$

$$u_{o2} = -2 \times \frac{2+4}{2} \text{ V} = -6 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} u_o &= u_{o2} - (u_{o1} - u_{o2}) \cdot \frac{6}{12} \\ &= -6 - (-12 + 6) \times \frac{6}{12} \\ &= -3 \text{ V} \end{aligned}$$



6.9 图示是监控报警装置。当需对某一参数(如温度、压力等)进行监控时,可由传感器取得监控信号 u_i , U_R 是参考电压。当 u_i 超过正常值时,报警灯亮,试说明其工作原理。二极管 D 和电阻 R_3 在此起何作用?

运算放大器构成比较电路。

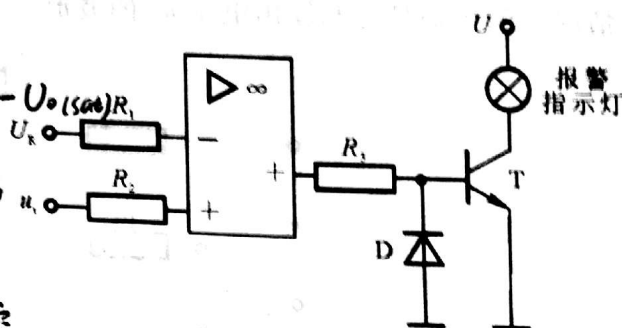
$U_i < U_R$ 时, 运算放大器反相饱和, $U_o = -U_o(\text{sat})$, 二极管导通, T 承受 $-u_o$ 反向偏置, 集电极电流 $I_c = 0$, 报警指示灯灭。

D 的作用: 限制 T 反向电压过高时被击穿

R_3 : 限制二极管 D 电流的大小, 保护作用。

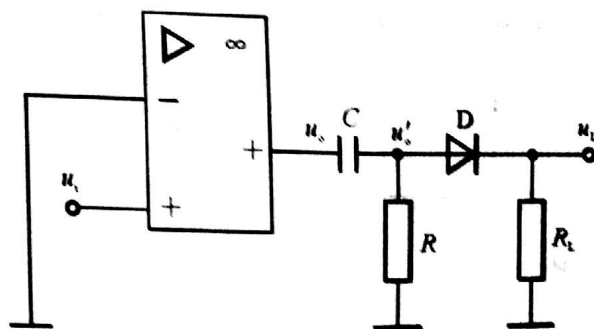
$U_i > U_R$ 时, 运算放大器正向饱和, $U_o = +U_o(\text{sat})$, 二极管 D 截止, 晶体管 T 导通, 报警指示灯亮, 起到监控报警作用。

此时, R_3 作用: ① 限制晶体管 T 基极电流。② 为晶体管 T 提供基极偏置。



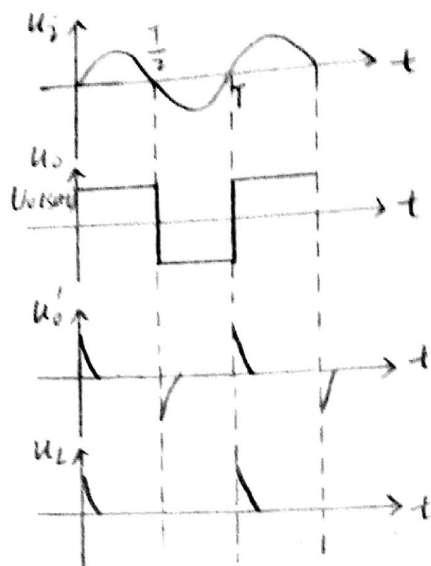
习题 6.9 图

6.10 在图示电路中, 设 $u_i = U_{im} \sin \omega t$, $RC \ll \frac{T}{2}$ 。试作出 u_o , u' 及 u_L 的波形。

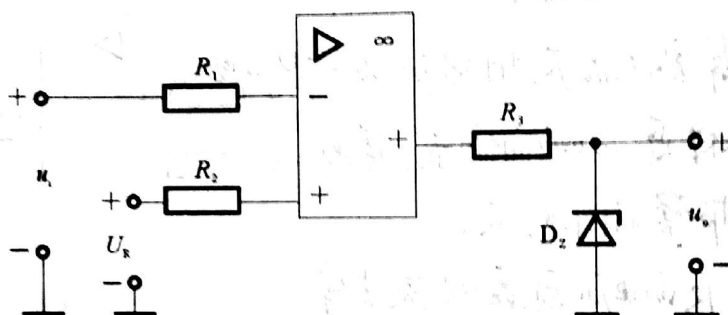


习题 6.10 图





6.11 在图示电路中,运算放大器的最大输出电压 $U_{opp} = \pm 12\text{ V}$,稳压管的稳定电压是 $U_Z = 6\text{ V}$,其正向压降 $U_D = 0.7\text{ V}$, $u_i = 12\sin\omega t$ 。试画出参考电压 U_R 为 $+3\text{ V}$ 和 -3 V 两种情况下的传输特性和输出电压 u_o 的波形。



习题 6.11 图

