

第6章集成运算放大器-复习要点

基本概念:

分析方法:

难点:

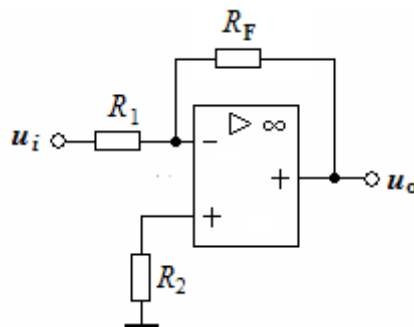
电路名称	电路	关系式
反相比例运算		$A_{uf} = \frac{u_o}{u_s} = -\frac{R_f}{R_1}$
同相比例运算		$A_{uf} = \frac{u_o}{u_s} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$
加法运算		$u_o = -\left(\frac{R_f}{R_{11}}u_{s1} + \frac{R_f}{R_{12}}u_{s2} + \frac{R_f}{R_{13}}u_{s3}\right)$
减法运算		$u_o = -\frac{R_f}{R_1}u_{s1} + \frac{R_1 + R_f}{R_1} \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}u_{s2}$
积分运算		$u_o = -\frac{1}{R_1 C_f} \int u_s dt$
微分运算		$u_o = -R_f C_1 \frac{du_s}{dt}$

## 一、填空题

1. 运算放大器工作在线性区的分析依据是  $u_+ = u_-$  和  $i_+ = i_- \approx 0$ 。
2. 运算放大器工作在饱和区的分析依据是  $u_+ > u_-$ ,  $u_o = U_{o(sat)}$  和  $u_+ < u_-$ ,  $u_o = -U_{o(sat)}$ 。
3. 运算放大器工作在线性区的条件 引入深度负反馈。
4. 运算放大器工作在非线性区的条件 开环或引入正反馈。
5. “虚短”是指运算放大器工作在线性区时  $u_+ = u_-$ 。
6. “虚断”是指运算放大器工作在线性区时  $i_+ = i_- \approx 0$ 。
7. 反相比例运算电路中, 由于  $u_+ = u_- \approx 0$ , 所以反相输入端又称为 “虚地” 点。
8. 运算放大器的输出端与同相输入端的相位关系是 同相。
9. 运算放大器的输出端与反相输入端的相位关系是 反相。
10. 反相比例运算电路的反馈类型是 并联电压负反馈。
11. 同相比例运算电路的反馈类型是 串联电压负反馈。
12. 集成运算放大器  $A_{uo} = 10^5$ , 用分贝表示 100 dB dB。

## 二、计算题

1. 图示反相比例运算电路, 设  $R_1 = 3.3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_F = 680 \text{ k}\Omega$ 。试求放大倍数  $A_{uf}$  和平衡电阻  $R_2$ 。若  $u_i = 10 \text{ mV}$ , 则  $u_o$  为多少?

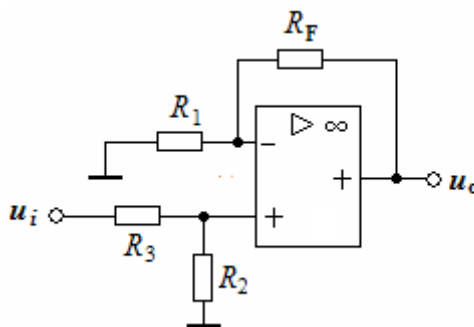


$$\text{解: } A_{uf} = -\frac{R_f}{R_1} = -\frac{680}{3.3} = -206$$

$$R_2 = R_f // R_1 = 3.3 // 680 \approx 3.28 \text{ k}\Omega$$

$$\text{当 } u_i = 10 \text{ mV 时, } u_o = A_{uf} \times u_i = -206 \times 10 = -2.06 \text{ V}$$

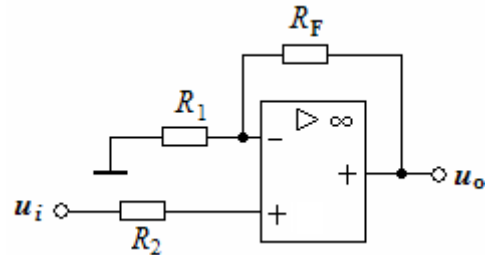
2. 图示同相比例运算电路, 已知  $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$ ,  $R_F = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 18 \text{ k}\Omega$ 。试求放大倍数  $A_{uf}$ 。若  $u_i = 1 \text{ V}$ , 则  $u_o$  为多少?



解:  $A_{uf} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} (1 + \frac{R_F}{R_1}) = \frac{2}{2+18} (1 + \frac{50}{5}) = 1.1$

当  $u_i=1V$  时,  $u_o = A_{uf} \times u_i = 1 \times 1.1 = 1.1V$

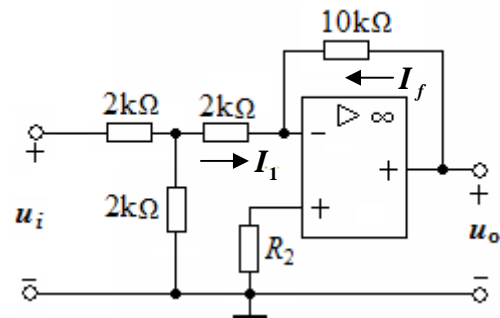
3. 图示同相比比例运算电路, 已知  $R_1=10k\Omega$ ,  $R_F=100k\Omega$ 。试求放大倍数  $A_{uf}$ 。若  $u_i=10mV$ , 则  $u_o$  为多少?



解:  $A_{uf} = (1 + \frac{R_F}{R_1}) = (1 + \frac{100}{10}) = 11$

当  $u_i=1V$  时,  $u_o = A_{uf} \times u_i = 11 \times 10 = 0.11V$

4.  $\triangle$ 图示电路, 试求放大倍数  $A_{uf}$ 。若  $u_i=0.3V$ , 则  $u_o$  为多少?



解: 设  $I_1$ 、 $I_f$  电流如图所示

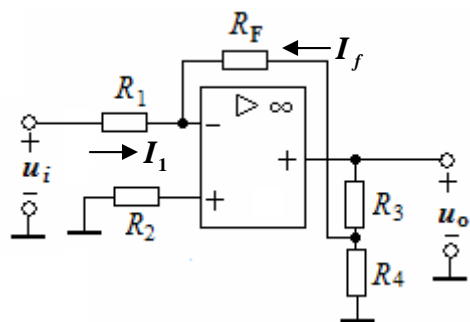
由  $u_+=u_-=0$ , 则  $I_f = \frac{u_o}{10}$

$$I_1 = \frac{(2//2)u_i}{2 + (2//2)} \div 2 = \frac{1}{6}u_i$$

又  $i_+=i_-=0$  则  $I_f = -I_1$ , 故:  $A_{uf} = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{5}{3}$

当  $u_i=0.3V$  时,  $u_o = A_{uf} \times u_i = -\frac{5}{3} \times 0.3 = -0.5V$

5.  $\triangle$ 图示电路, 已知  $R_1=10k\Omega$ ,  $R_3=15k\Omega$ ,  $R_4=5k\Omega$ 。当  $u_i=0.1V$  时,  $u_o=-1V$ 。试求  $R_F$  值。



解：设  $I_1$ 、 $I_f$  电流如图所示

$$\text{由 } u_+ = u_- = 0, \text{ 则 } I_1 = \frac{u_i}{R_1}$$

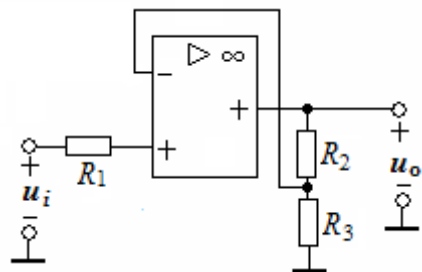
$$I_f = \frac{(R_4 // R_F) u_o}{R_3 + (R_4 // R_F)} \div R_F$$

$$\text{又 } i_+ = i_- = 0 \quad \text{则 } I_f = -I_1$$

$$A_{uf} = -\left[\frac{R_3(R_4 + R_F)}{R_4 R_F} + 1\right] \frac{R_F}{R_1} = \frac{u_o}{u_i} = -\frac{1}{0.1} = -10$$

$$R_F = \frac{R_4}{R_3 + R_4} (10R_1 - R_3) = \frac{5}{15 + 5} (10 \times 10 - 15) = 21.5 k\Omega$$

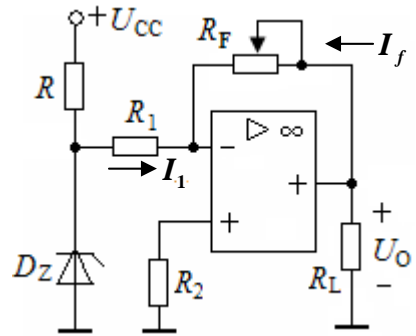
6.  $\triangle$  图示电路，已知  $R_2 = 10 k\Omega$ ， $R_3 = 30 k\Omega$ 。试求  $u_i = 1V$  时， $u_o$  的值。



$$\text{解：由 } u_- = u_+ = u_i, \quad \text{又 } i_+ = i_- = 0 \text{ 则 } u_- = \frac{R_3}{R_2 + R_3} u_o$$

$$\text{故 } u_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) u_i = \frac{4}{3} \times 1 \approx 1.33 V$$

7.  $\triangle$  图示电路，已知  $R_1 = 11 k\Omega$ ， $R_F = 33 k\Omega$ ， $U_Z = 3V$ 。(1) 试问负载电阻变化时，输出电压  $U_O$  有无变化；(2) 求输出电压  $U_O$  的范围为多少？



解：设  $I_1$ 、 $I_f$  电流如图所示

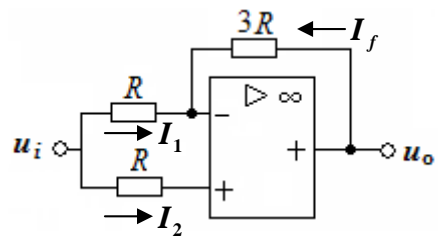
$$\text{由 } u_- = u_+ = 0, \text{ 则 } I_1 = \frac{U_Z}{R_1} = \frac{3}{11} \text{ mA}$$

$$\text{又 } i_+ = i_- = 0, \text{ 则 } I_f = -I_1, \quad U_o = I_f R_F = -\frac{3}{11} R_F$$

故 (1) 负载电阻变化时，输出电压  $U_o$  无变化。

又  $R_F$  在  $0 \sim 33 \text{ k}\Omega$  变化，则 (2) 输出电压  $U_o$  的范围为  $0 \sim -9 \text{ V}$ 。

8.  $\triangle$  图示电路，求  $u_i$  和  $u_o$  的关系式。



解：设  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_f$  电流如图所示

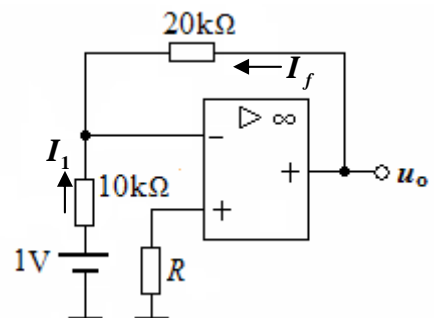
$$\text{由 } i_+ = i_- = 0, \text{ 则 } I_2 = i_+ = 0, \quad u_i = u_+$$

$$\text{又 } u_- = u_+ = u_i, \text{ 故 } I_1 = 0$$

$$\text{故 } I_f = -I_1 = 0$$

$$\text{故 } u_o = u_i$$

9.  $\triangle$  图示电路，求输出电压  $u_o$ 。



解：设  $I_1$ 、 $I_f$  电流如图所示

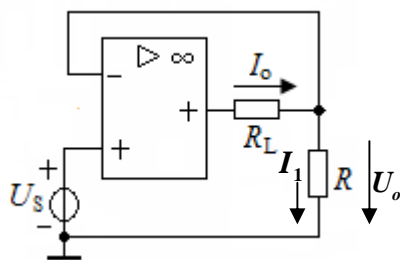
$$\text{由 } u_- = u_+ = 0$$

$$\text{则 } I_1 = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ mA}$$

$$\text{又 } i_+ = i_- = 0, \text{ 则 } I_f = -I_1$$

故:  $u_o = -I_1 R_f = -0.1 \times 20 = -2 \text{ V}$

10.  $\triangle$ 图示电路, 写出输出电流  $I_o$  表达式。



解: 设  $U_o$ 、 $I_1$  电流如图所示

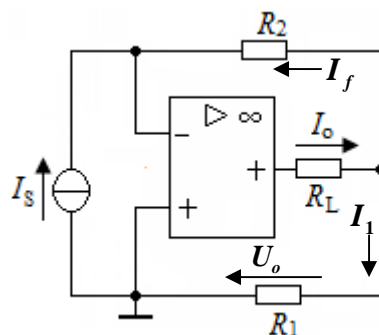
$$u_+ = U_s, \quad U_o = u_-$$

$$\text{又 } u_- = u_+, \text{ 故 } U_o = U_s$$

$$\text{又 } i_+ = i_- = 0, \text{ 则 } I_o = I_1$$

$$\text{故 } I_o = \frac{U_s}{R}$$

10.  $\triangle$ 图示电路, 写出输出电流  $I_o$  表达式。

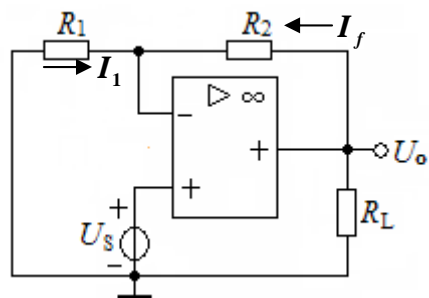


解: 设  $U_o$ 、 $I_1$ 、 $I_f$  电流如图所示

$$\text{由 } i_+ = i_- = 0, \text{ 则 } I_f = -I_1, \quad \text{又 } u_- = u_+ = 0, \text{ 则 } U_o = -I_s R_2$$

$$I_1 = \frac{U_o}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} I_s, \quad I_o = I_1 + I_f = -(1 + \frac{R_2}{R_1}) I_s$$

11.  $\triangle$ 图示电路, 写出输出电压  $U_o$  表达式。

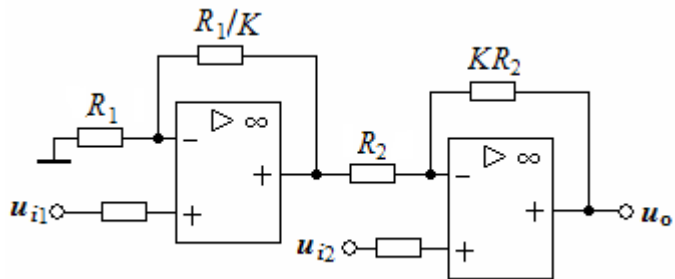


解: 设  $I_1$ 、 $I_f$  电流如图所示

$$\text{由 } u_- = u_+, \quad u_+ = U_s, \text{ 则 } I_1 = -\frac{U_s}{R_1}, \quad \text{又 } i_+ = i_- = 0, \text{ 则 } I_f = -I_1$$

故:  $U_o = U_s + I_f R_2 = (1 + \frac{R_2}{R_1})U_s$

12. △利用两级运算放大器组成高输入电阻的差动放大电路如图示。求输出电压  $u_o$  与  $u_{i1}$ 、 $u_{i2}$  的运算关系式。



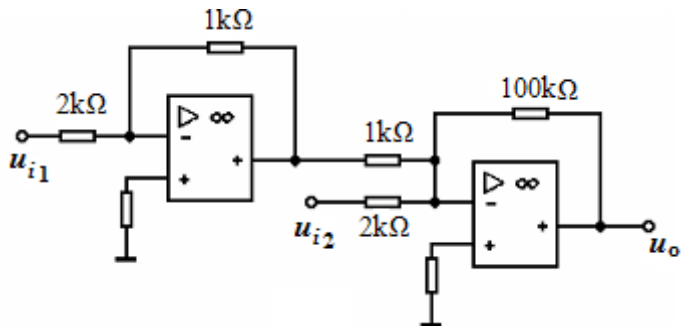
解：第一级运放电路为同相比例运放电路，其输出为

$$u_{o1} = (1 + \frac{R_1/K}{R_1})u_{i1} = \frac{1+K}{K}u_{i1}$$

第二级运放电路由  $u_- = u_+$ ,  $i_+ = i_- = 0$  有  $\frac{u_{i2} - u_{o1}}{R_2} = \frac{u_o - u_{i2}}{KR_2}$

$$u_o = (1+K)u_{i2} - Ku_{o1} = (1+K)(u_{i2} - u_{i1})$$

13. △图示电路中,已知:  $u_{i1}=30\text{mV}$ ,  $u_{i2}=50\text{mV}$ , 求输出电压  $u_o=?$



解：第一级运放电路为反相比例运放电路，其输出为

$$u_{o1} = -\frac{1}{2}u_{i1}$$

第二级运放电路为加法运算电路，其输出为

$$u_o = -(\frac{100}{1}u_{o1} + \frac{100}{2}u_{i2}) = -50(u_{i2} - u_{i1}) = -50(50 - 30) = -1\text{V}$$