

## 实验六 比例求和运算电路

### 一、实验目的

- 1、了解运算放大器的基本使用方法。
- 2、应用集成运放构成基本运算电路，并测定它们输出信号与输入信号间运算关系。
- 3、学会使用线性组件 741。

### 二、原理简介

#### 1、反相比例放大器

电路如图 6-1 所示，当运算放大器开环放大倍数足够大时(大于  $10^4$  以上)，反相比例放大器的闭环电压放大倍数为：

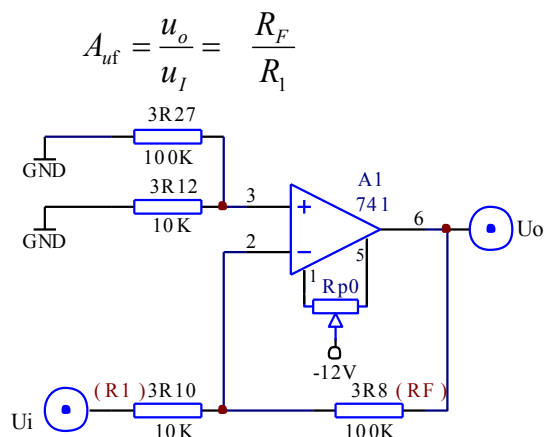


图 6-1

由上式可知，选用不同的电阻比值， $A_{uf}$  可以大于 1，也可以小于 1，若取  $R_F=R_1$ ，则放大器的输出电压等于输入电压的负值，也称为反相跟随器。

#### 2、同相比例放大器

电路如图 6-2 所示，当运算放大器开环放大倍数足够大时(大于  $10^4$  以上)，同相比例放大器的闭环电压放大倍数为：

$$A_{uf} = \frac{u_o}{u_i} = \frac{R_F}{R_1} + 1$$

由上式可知，选用不同的电阻比值， $A_{uf}$  可以大于 1，也可以小于 1，若取  $R_F=R_1$ ，则放大器的输出电压等于输入电压，也称为跟随器。

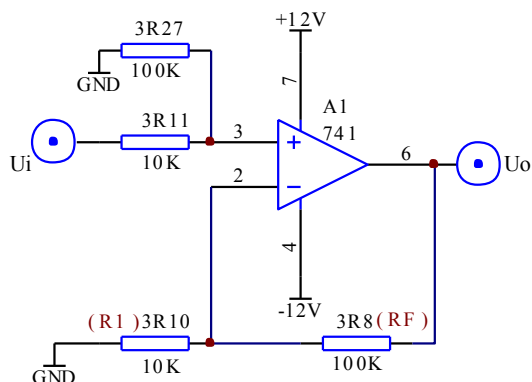


图 6-2

### 3、减法器（差分比例运算）

电路如图 6-3 所示，当运算放大器开环增益足够大时(大于  $10^4$  以上)，，输出电压  $U_o$  为：

$$u_o = \frac{R_F}{R_1}(u_{i1} - u_{i2})$$

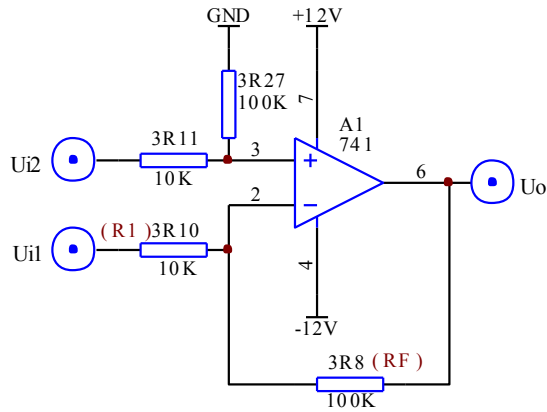


图 6-3

### 4、反相加法器

电路如图 6-4 所示，当运算放大器开环增益足够大时(大于  $10^4$  以上)，输出电压  $U_o$  为：

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

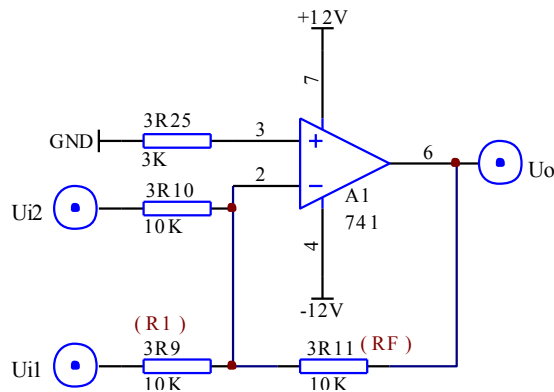


图 6-4

### 5、加减法器

电路如图 6-5 所示，当运算放大器开环增益足够大时(大于  $10^4$  以上)，，输出电压  $U_o$  为：

$$u_o = R_{F2} \left( \frac{u_{i1}}{R_1} + \frac{u_{i2}}{R_2} - \frac{u_{i3}}{R_3} \right)$$

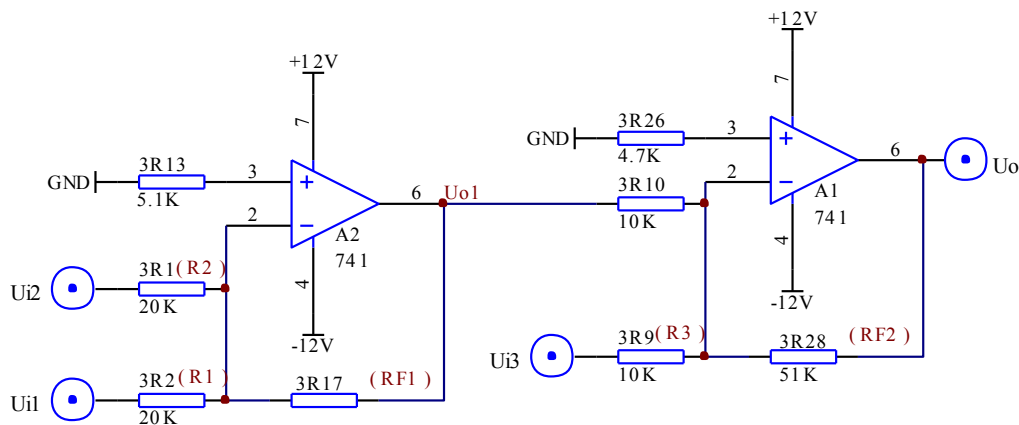


图 6-5

### 三、实验内容和步骤

#### 1、调零

按图 6-1 连接电路，直流电源供电为±12V。将  $U_i$  对地短路，接通电源后，调节调零电位器  $R_{p0}$  (10K)，使输出  $U_o=0$ ，然后将短路线去掉。

#### 2、反相比例放大器

(1) 在步骤 1 的基础上，按给定直流输入信号，测量对应的输出电压，把结果记入表 6-1 中。

表 6-1

$U_i$ (V)		0.3	0.5	0.7	1.0	1.1	1.2
理论计算值	$U_o$ (V)						
实际测量值	$U_o$ (V)						
实际放大倍数	$A_{uf}$						

(2) 在该比例放大器的输入端加入 1KHz，有效值为 0.5V 的交流信号，用示波器观察输出波形，并与输入波形相比较。

#### 3、同相比例放大器

按图 6-2 连接电路。

(1) 按给定直流输入信号，测量对应的输出电压，把结果记入表 6-2 中。

表 6-2

$U_i$ (V)		0.3	0.5	0.7	1.0	1.1	1.2
理论计算值	$U_o$ (V)						
实际测量值	$U_o$ (V)						
实际放大倍数	$A_{uf}$						

(2) 在该比例放大器的输入端加入 1KHz，有效值为 0.5V 的交流信号，用示波器观察输出波形，并与输入波形相比较。

#### 4、减法器（差分比例运算）

按图 6-3 连接电路。按给定直流输入信号，测量对应的输出电压，把结果记入表 6-3 中。

表 6-3

输入信号 $U_{i1}$ (V)	0.2	0.2	-0.2
输入信号 $U_{i2}$ (V)	-0.3	0.3	-0.3
计算值 $U_o$ (V)			
实际测量值 $U_o$ (V)			

#### 5、反相加法器

按图 6-4 连接电路。同时将  $U_{i1}$  与  $U_{i2}$  对地短路，接通电源后，调节调零电位器  $R_{p0}$ (10K)，使输出  $U_o=0$ 。然后将短路线去掉，按给定直流输入信号，测量对应的输出电压，把结果记入表 6-4 中。

表 6-4

输入信号 $U_{i1}$ (V)	1.0	1.5	-0.2
输入信号 $U_{i2}$ (V)	0.4	-0.4	1.2
计算值 $U_o$ (V)			
实际测量值 $U_o$ (V)			

#### 6、加减法器

按图 6-5 连接电路。将 3R10 与第一级运放的联接断开，按前述方法对两级分别进行调零。然后将短路线去掉，接好电路，按给定直流输入信号（ $U_{i1}$  和  $U_{i2}$  由同一信号源提供），测量对应的输出电压，把结果记入表 6-5 中。

表 6-5

$U_{i1}$ (V)	$U_{i2}$ (V)	$U_{i3}$ (V)	计算值 $U_o$ (V)	实际测量值 $U_o$ (V)
0.4	0.8	0.4		

### 四、实验器材

- 1、实验箱
- 2、数字万用表
- 3、函数信号发生器
- 4、交流毫伏表
- 5、双踪示波器

### 五、实验预习要求

- 1、写出本实验中同相比例放大器的闭环电压增益公式的推导过程。
- 2、写出本实验中加减法器输出电压公式的推导过程。
- 3、计算出各部分的理论值填入相应的表中。
- 4、阅读相关教材。

### 六、实验报告要求

- 1、整理实验数据，填入表中。
- 2、描述用示波器观察波形的情况。
- 3、将实验结果与理论计算值比较，并分析误差产生的原因。

### 七、思考题

- 1、运算放大器作比例放大时， $R_1$  与  $R_f$  的阻值误差为  $\pm 10\%$ ，试问如何分析和计算电压增益的

误差？

2、运算放大器作精密放大时，同相输入端对地的直流电阻要与反相输入端对地的直流电阻相等，如果不相等，会引起什么现象？