

浙江大学实验报告

课程名称： 电路与模拟电子技术实验 指导老师： 周晶 成绩：

实验名称： 运算放大电路的研究 实验类型： 模拟电子技术实验 同组学生姓名：

一、实验目的和要求

实验名：运算放大电路的研究

1. 掌握集成运放组成的比例、加法和积分等基本运算电路的设计。
2. 掌握基本运算电路的调试和测量方法。
3. 习集成运算放大器的实际应用。

二、实验内容和原理

实验内容：

1. 实现反相加法运算电路
2. 实现反相减法运算电路
3. 用积分电路将方波转换为三角波
4. 同相比例运算电路的电压传输特性

实验原理：

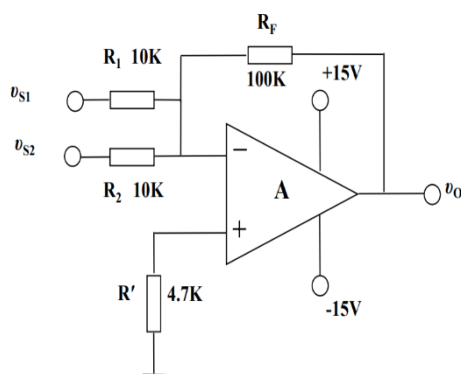
1. LM358 引脚排布：

LM358引脚排列



2. 实现反相加法运算电路

2.1 实验电路图



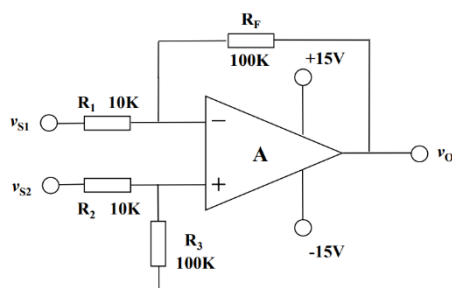
2.2 输出电压表达式：

$$v_o = -\left(\frac{R_F}{R_1} v_{s1} + \frac{R_F}{R_2} v_{s2}\right)$$

2.3 平衡电阻 $R' = R_1 // R_2 // R_F$ 时，可以消除偏置电流的影响。

3. 实现反相减法运算电路：

3.1 实验电路图



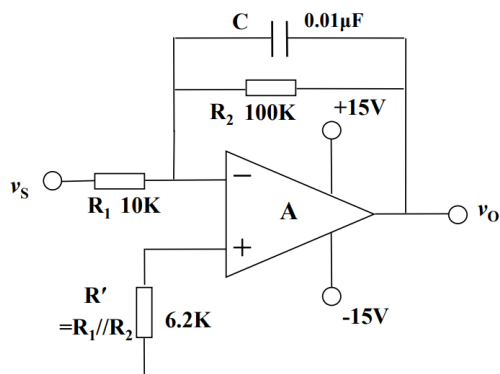
3.2 输出电压表达式：

$$v_o = \frac{R_F}{R_2} v_{s2} - \frac{R_F}{R_1} v_{s1}$$

3.3 为了消除输入偏置电流以及输入共模成分的影响，要求 $R_1=R_2$ 、 $R_F=R_3$ 。

4. 用积分电路将方波转换为三角波：

4.1 实验电路图



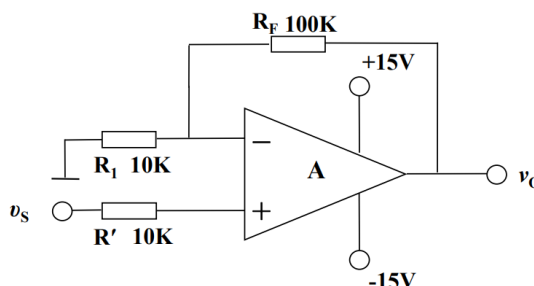
4.2 电路原理：

电路中电阻 R_2 的接入是为了抑制由 I_{IO} 、 V_{IO} 所造成的积分漂移，从而稳定运放的输出零点。

在 $t \ll \tau$ ($\tau = R_2 C$) 的条件下，若 v_s 为常数，则 v_o 与 t 将近似成线性关系。因此，当 v_s 为方波信号并满足 $T_p \ll \tau$ 时 (T_p 为方波半个周期时间)，则 v_o 将转变为三角波，且方波的周期越小，三角波的线性越好，但三角波的幅度将随之减小。

5. 同相比例运算电路的电压传输特性

5.1 实验电路图：



5.2 电路原理：

电压传输特性是表征输入不输出之间的关系曲线，即 $v_o = f(v_s)$ 。

同相比例运算电路是由集成运放组成的同相放大电路，其 输出不输入成比例关系，但输出信号的大小受集成运放的最大 输出电压幅度的限制，因此输出不输入只在一定范围内是保持 线性关系的。

5.3 输出电压：

$$v_o = \left(1 + \frac{R_F}{R_1} \right) v_s$$

三、主要仪器设备

1. 示波器
2. 信号发生器
3. 模电实验箱
4. LM358

四、操作方法和实验步骤

1. 实现两个信号的反相加法运算

- (1) 按设计的运算电路进行连接。
- (2) 静态测试：将输入接地，测试直流输出电压。保证零输入时电路为零输出。
- (3) 调出 0.2V 峰值三角波和 0.5V 峰值方波，送示波器验证。
- (4) vS1 输入 0.2V 峰值三角波，vS2 输入 0.5V 峰值方波，用示波器双踪观察输入和输出波形，确认电路功能正确。记录示波器波形（坐标对齐，注明幅值）。

2. 减法器（差分放大电路）

- (1) 按设计的运算电路进行连接。
- (2) 静态测试：输入接地，保证零输入时为零输出。
- (3) vS1 和 vS2 输入正弦波（频率和幅值？），用示波器观察输入和输出波形，确认电路功能正确。
- (4) 用示波器测量输入和输出信号幅值，记到表格中。

3. 用积分电路转换方波为三角波

- (1) 连接积分电路，加入方波信号（幅度？）。
- (2) 选择频率，使 $T_p \ll \tau_2$ ，用示波器观察输出和输入波形，记录线性情况和幅度。
- (3) 改变方波频率，使 $T_p \approx \tau_2$ ，观察并记录输出波形的线性情况和幅度的变化。
- (4) 改变方波频率，使 $T_p \gg \tau_2$ ，观察并记录输出波形的线性情况和幅度的变化。

4. 同相比例运算电压传输特性

- (1) 连接同相比比例运算电路。
- (2) 静态测试：输入接地，保证零输入时为零输出。
- (3) 加入正弦波，用示波器观察输入和输出波形，验证电路功能。
- (4) 用示波器测出电压传输特性：示波器选择 XY 显示模式，选择适合的按钮设置。
- (5) 适当增大输入信号，使示波器显示整个电压传输特性曲线（即包含线性放大区和饱和区）。

五、实验数据记录和处理

1. 实现反相加法运算电路:

V_{S1} 幅值/V	V_{S2} 幅值/V	V_O 幅值/V
0.24	0.32	4.6

2. 减法器（差分放大电路）

V_{S1} 幅值/V	V_{S2} 幅值/V	V_O 幅值/V
0.31	0.16	1.57

3. 利用积分电路将方波转化为三角波

$$\tau=1\text{ms}$$

v_s 周期	v_s 幅度值	v_o 线性情况	v_o 幅度值
10ms	2	非线性	10.8
1ms	2	近似	5.5
0.1ms	2	线性好	0.35

六、实验结果与分析

1. 实现反相加法运算电路:



上图所示为反向加法电路的输入输出波形图，蓝色波形为 V_{S1} 三角波输入，紫色波形为 V_{S2} 方波输入，黄色波形为输出波形

- (1) 从输入输出波形中可以看出，当 $V_{S1} + V_{S2}$ 为正向时，输出波形 V_O 为负，而实现了反相输出。
- (2) 同时，每时每刻的 V_O 也基本符合 $10(V_{S1} + V_{S2})$ ，符合放大倍数为 10 倍的加法电路要求。

2. 减法器（差分放大电路）



如所示为减法器电路的输入输出波形图，蓝色波形为 V_{S1} 的正弦波输入，紫色波形为 V_{S2} 的正弦波输入，黄色波形为输出波形。

- (1) 从图中可以看出 V_{S1} 、 V_{S2} 、 V_O 的相位相同
- (2) 由示波器测量出的有效值可知， V_{S1} 的幅值为 0.31V， V_{S2} 的幅值为 0.16V，输出 V_O 的幅值为 1.57V。可见， $V_O = 10 (V_{S1} - V_{S2})$ ，符合放大倍数为 10 倍的减法器电路要求。

3. 用积分电路转换方波为三角波

3.1 $T \gg \tau$



由图可知：

- (1) 当 $T \gg \tau$ 时，输出波形的线性程度较差
- (2) 当 $T \gg \tau$ 时，积分波形幅值、有效值较大。

3.2 $T \approx \tau$



由图可知：

- (1) 当 $T \approx \tau$ 时，输出波形的线性程度较好
- (2) 当 $T \approx \tau$ 时，积分波形幅值、有效值相对减少。

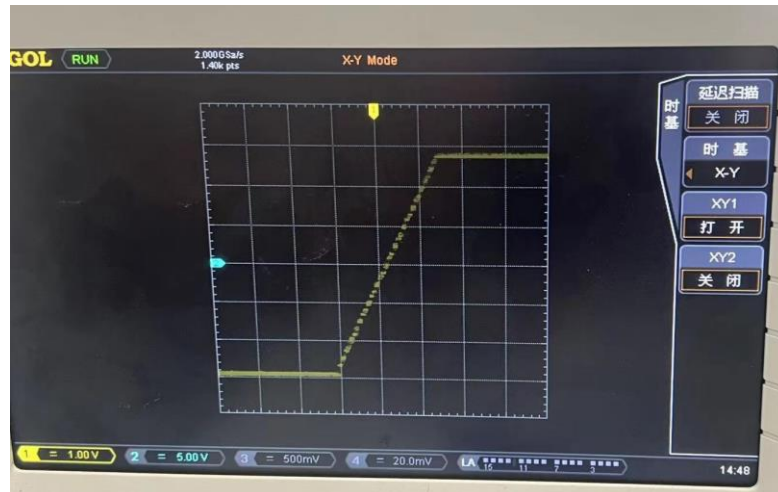
3.3 $T \ll \tau$



由图可知：

- (1) 当 $T \ll \tau$ 时，输出波形的线性程度好
- (2) 当 $T \ll \tau$ 时，积分波形幅值、有效值继续减小，符合理论。

4. 同相比例运算电压传输特性：



上图为同比例运算电路输入、输出电压在 X-Y 模式下得到的图形。可见：

- (1) 在一定范围内（放大区），输入输出呈线性关系。
- (2) 当输入电压大于或小于某一个值时，输出电压保持不变，此时集成放大器工作在饱和区。

七、讨论、心得

心得：

通过此次实验，我了解了集成运算放大器 LM358 的基本结构，学习并实践了它的各种功能（反向加

法运算，减法运算，积分运算，同比例放大）。

这次试验的操作存在一定难度，主要体现在电路的连接（实验室没有面包板，导线接起来非常凌乱，很难检查）以及实验内容的丰富上。在做加法器的时候，由于疏忽把一个 LM358 烧炸了，盖子都弹飞起来并散发出奇怪的味道，但是电路实在太乱，很难检查，只好拆了重新接起来。下一次做实验也要注意，先把其他部分接好最后再开电源。