

# 学期末大型实验报告

GeorgeDong32

## 实验六 比例求和运算电路

### 一、实验目的

1. 掌握用集成运算放大电路组成比例、求和电路的特点及性能。
2. 学会上述电路的测试和分析方法。

### 二、实验仪器

1. 数字万用表
2. 示波器
3. 信号发生器

### 三、预习要求

1. 计算表 6.1 中的  $U_O$  和  $A_F$
2. 估算表 6.3 的理论值
3. 估算表 6.4、表 6.5 中的理论值
4. 计算表 6.6 中的  $U_O$  值
5. 计算表 6.7 中的  $U_O$  值

#### 1. 6.1 电压跟随电路

理论上任何情况下,  $U_O$  都等于  $U_i$ ,  $A_F = 1$

#### 2. 3. 见表中数据

4. 对于图 6.4 所示的反相求和电路,

$$U_O = -R_F \cdot \left( \frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} \right) = -10(U_{i1} + U_{i2})$$

∴ 所得数据见表 6.6

5. 对于图 6.5 所示的双端输入求和电路

$$U_O = R_F \cdot \left( -\frac{U_{i1}}{R_1} + \frac{U_{i2}}{R_2} \right) = 10(U_{i2} - U_{i1})$$

∴ 所得数据见表 6.7

### 四、实验内容

#### 1. 电压跟随电路

实验电路如图 6.1 所示。

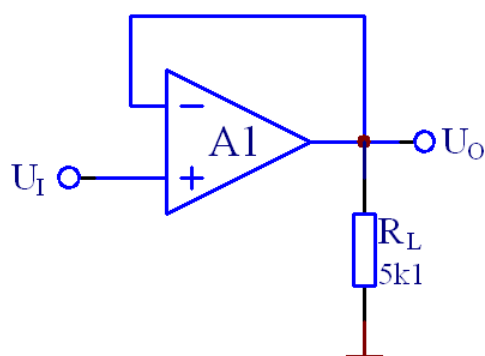


图 6.1 电压跟随电路

按表 6.1 连接电路，将+12V、-12V 接入集成运放工作区，实验并测量记录。

表 6.1

$U_I(\text{V})$		-2	-0.5	0	+0.5	1
$U_O(\text{V})$	$R_L=\infty$	-1.998	-0.498	0	0.498	1.999
	$R_L=5\text{k}\Omega$	-1.997	-0.495	0	0.496	1.997

2. 反相比例放大器

实验电路如图 6.2 所示。

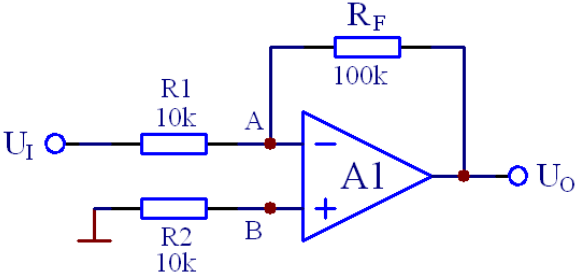


图 6.2 反相比例放大电路

(1) 按表 6.2 内容实验并测量记录。

表 6.2

直流输入电压 $U_I(\text{mV})$		30	100	300	1000	3000
输出电压 $U_O$	理论估算 (V)	-0.3	-1	-3	-10	-30
	实际值 (V)	-0.313	-0.999	-3.05	-9.91	-10.25
	误差 (mV)	13	1	50	90	运放饱和

(2) 按表 6.3 要求实验并测量记录。

表 6.3

	测试条件	理论估算值	实测值
$\Delta U_O$	$R_L$ 开路，直流输入信号 $U_I$ 由 0 变为 800mV	-8V	-8.204
$\Delta U_{AB}$		0	0
$\Delta U_{R2}$		0	0
$\Delta U_{R1}$		0.8V	0.799
$\Delta U_{OL}$	$R_L$ 由开路变为 5k $\Omega$ ， $U_I=800\text{mV}$	0	0

(3) 测量图 6.2 电路的上限截止频率。

截止频率为 17.2KHz

3. 同相比例放大电路

电路如图 6.3 所示

(1) 按表 6.4 和 6.5 实验测量并记录。

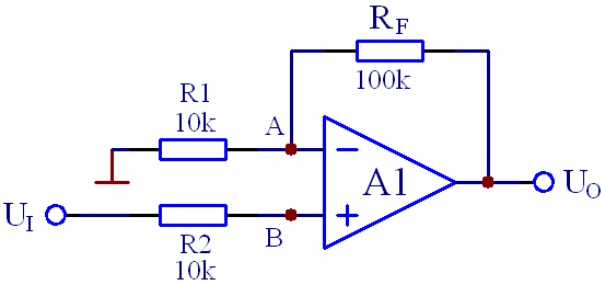


图 6.3 同相比例放大电路

表 6.4

直流输入电压 $U_I$ (mV)		30	100	300	1000	3000
输出电压 $U_O$	理论估算 (V)	0.33	1.1	3.3	11.1	33.3
	实际值 (V)	0.316	1.062	3.321	10.98	\
	误差 (mV)	14	38	9	20	运放饱和

表 6.5

	测试条件	理论估算值	实测值
$\Delta U_0$	$R_L$ 开路，直流输入信号 $U_I$ 由 0 变为 800mV	8.8V	8.869
$\Delta U_{AB}$		0	0
$\Delta U_{R2}$		0	0
$\Delta U_{R1}$		0.8V	0.795
$\Delta U_{OL}$	$R_L$ 由开路变为 5k1, $U_I=800mV$	0	0

(2) 测出电路的上限截止频率

截止频率为 16.3KHz

4. 反相求和放大电路。

实验电路如图 6.4 所示。

按表 6.6 内容进行实验测量，并与预习计算比较。

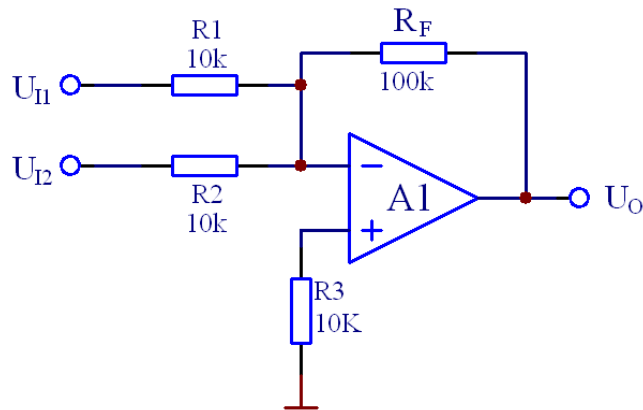


图 6.4 反相求和放大电路

表 6.6

$U_{I1}$ (V)	0.3	-0.3
$U_{I2}$ (V)	0.2	0.2
$U_O$ (V)	-4.946	0.983
估算 (V)	-5	1

## 5. 双端输入求和放大电路

实验电路为图 6.5 所示。

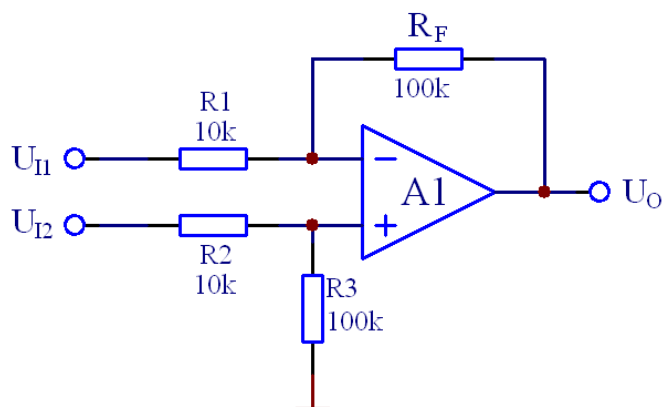


图 6.5 双端输入求和电路

表 6.7

$U_{I1}(\text{V})$	1	2	0.2
$U_{I2}(\text{V})$	0.5	1.8	-0.2
$U_O(\text{V})$	-4.978	-1.936	-4.052
估算 (V)	-5	-2	-4

按表 6.7 要求实验并测量记录。

## 五、实验报告

### 1. 总结本实验中 5 种运算电路的特点及性能。

1. 都是基于集成运算放大器构建的运算电路，具有输入电阻大，输出电阻小的特点
2. 频带宽，可放大信号范围大
3. 具有双端输入和双端输出的差分放大电路，对共模信号有很强的抑制作用

### 2. 分析理论计算与实验结果误差的原因。

1. 器件有温漂和制造误差
2. 实际电源输出略低于设置值
3. 电路中的各个元件的实际值和标称值存在误差

## 实验七 积分与微分电路

### 一、实验目的

1. 学会用运算放大器组成积分微分电路。
2. 学会积分微分电路的特点及性能。

### 二、实验仪器

1. 数字万用表
2. 信号发生器
3. 双踪示波器

### 三、预习要求

1. 分析图 7.1 电路，若输入正弦波， $U_o$  与  $U_i$  相位差是多少？当输入信号为 100Hz 有效值为 2V 时， $U_o$  = ?
2. 分析图 7.2 电路，若输入正弦波， $U_o$  与  $U_i$  相位差多少？当输入信号为 160Hz 幅值为 1V 时，输出  $U_o$  = ?
3. 拟定实验步骤、做好记录表格。

1. 正弦波输入， $U_o$  与  $U_i$  相位差为  $90^\circ$   
输入为 100Hz 有效值为 2V 的正弦波时，  
$$U_o = -U_c = -\frac{1}{C} \int \frac{U_i}{R_1} dt = -\frac{1}{C} \int \frac{\sin 200\pi t}{R_1} dt = -\frac{1}{10 \times 10^{-6} \times 10^3} \int \sin 200\pi t dt$$
$$= \frac{\sqrt{2} \cos(200\pi t)}{10\pi} (V) \quad [小于 U_i]$$

2. 方波输入， $U_o$  与  $U_i$  的相位差为  $0^\circ$   
$$U_o = -RC \frac{dU_i}{dt} = 2.2 \sqrt{2} \cos(320\pi t) = -2.2 \sqrt{2} \sin(320\pi t + \frac{\pi}{2}) \quad [大于 U_i]$$

### 四、实验内容

#### 1. 积分电路：

实验电路如图 7.1 所示，先不接入  $R_{P1}$ ，连接 +12V 和 -12V 到集成电路区。

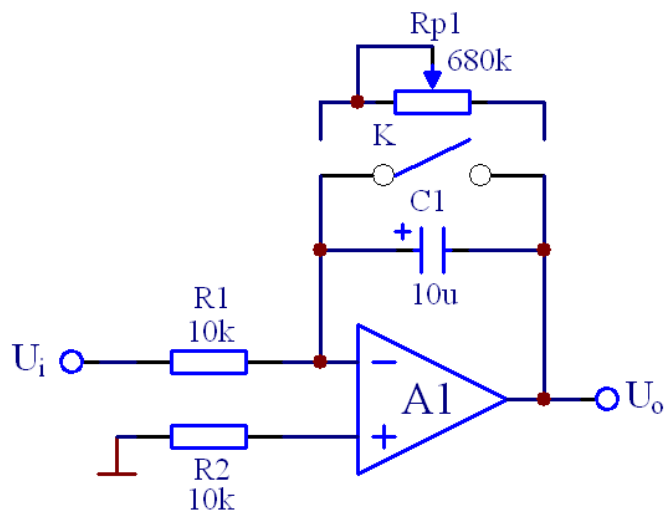
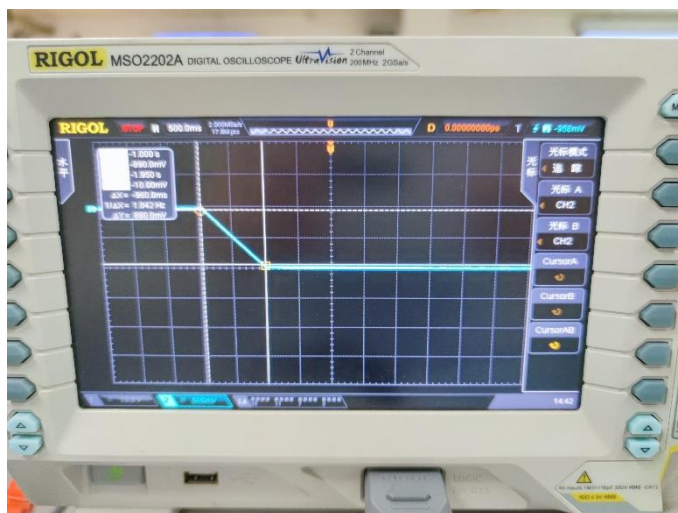


图 7.1 积分电路

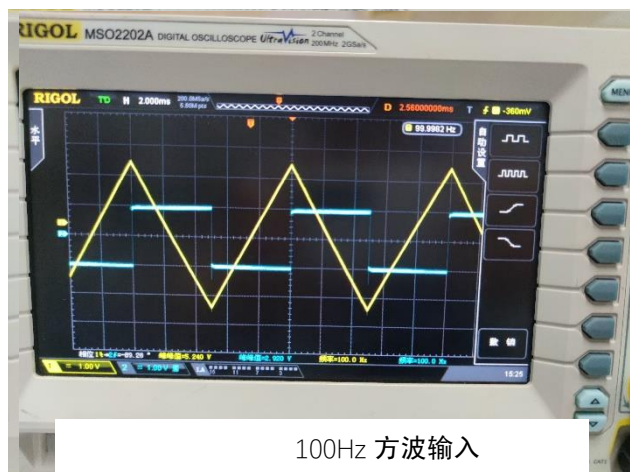
- (1) 取  $U_i = +1V$ ，断开开关 K (开关 K 用一连线代替，拔出连线一端作为断开) 用示波器和万用表电压档观察  $U_o$  变化。



- (2) 测量饱和输出电压及有效积分时间。

饱和输出电压为  $-9.513V$ ，有效积分时间为  $960ms$

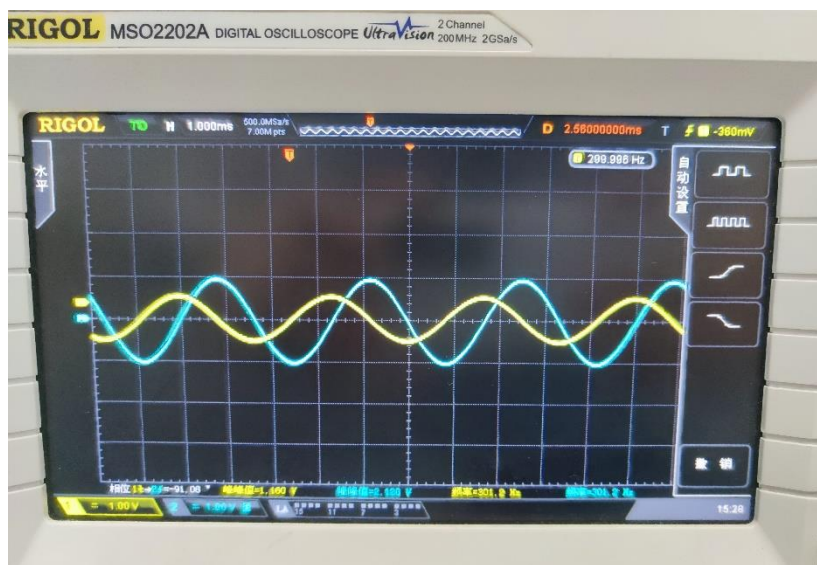
- (3) 使图 7.1 中积分电容  $C_1$  改为  $0.1\mu$ ，在积分电容两端并接  $R_{p1}$ ，将  $R_{p1}$  调到电阻最大。断开 K， $U_i$  分别输入频率为  $100Hz$  幅值为  $1V$  ( $V_{P-P} = 2V$ ) 的正弦波和方波



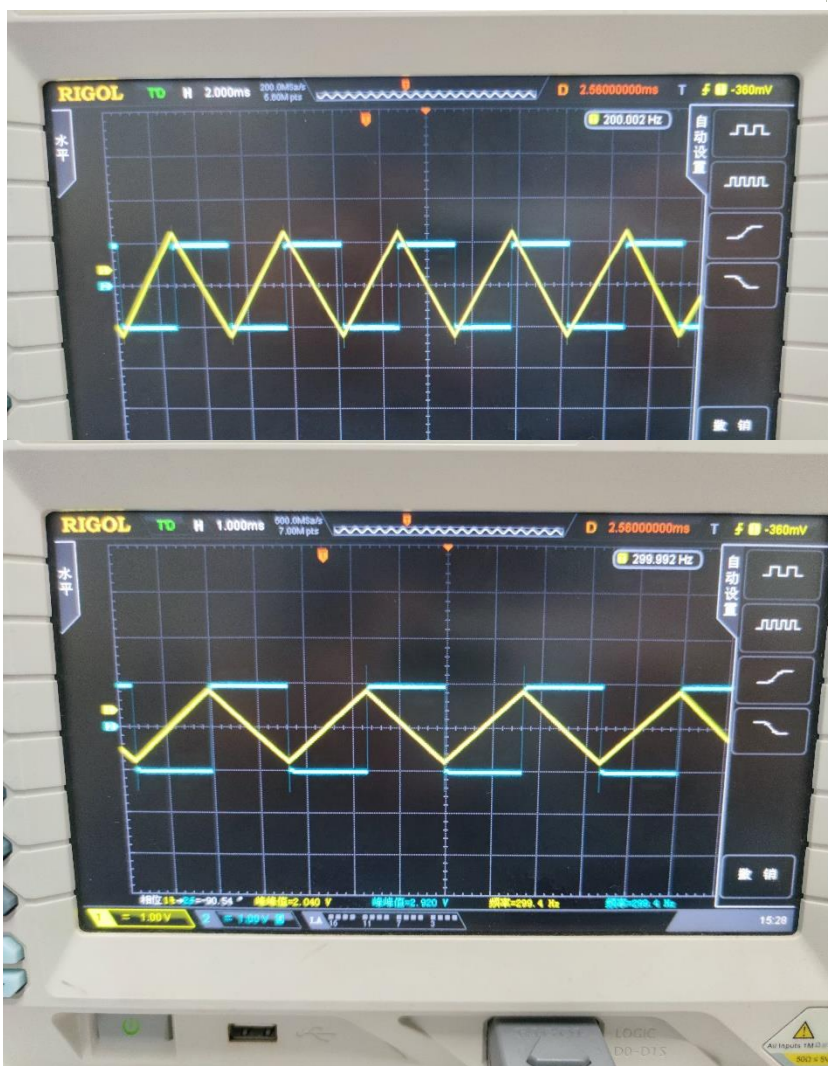
100Hz 方波输入

信号, 观察和比较  $U_i$  与  $U_o$  的幅值大小及相位关系, 并记录波形。将  $R_{P1}$  调整为 100k, 重复以上步骤, 观察记录波形并与  $R_{P1}$  最大时比较。

- (4)  $R_{P1}=100k$ , 改变信号频率 (20Hz~400Hz), 观察  $U_i$  与  $U_o$  的相位、幅值及波形的变化。



300Hz 正弦波





## 2. 微分电路

实验电路如图 7.2 所示。

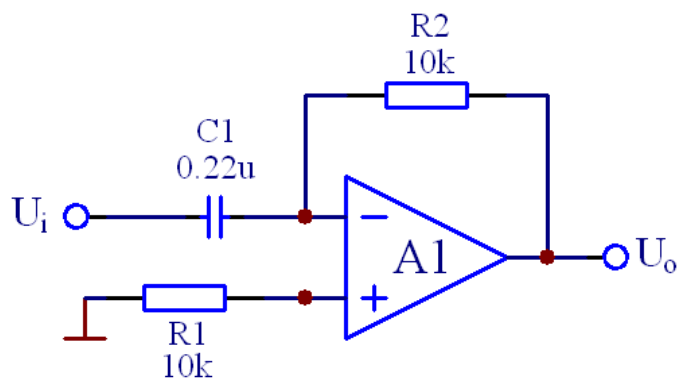
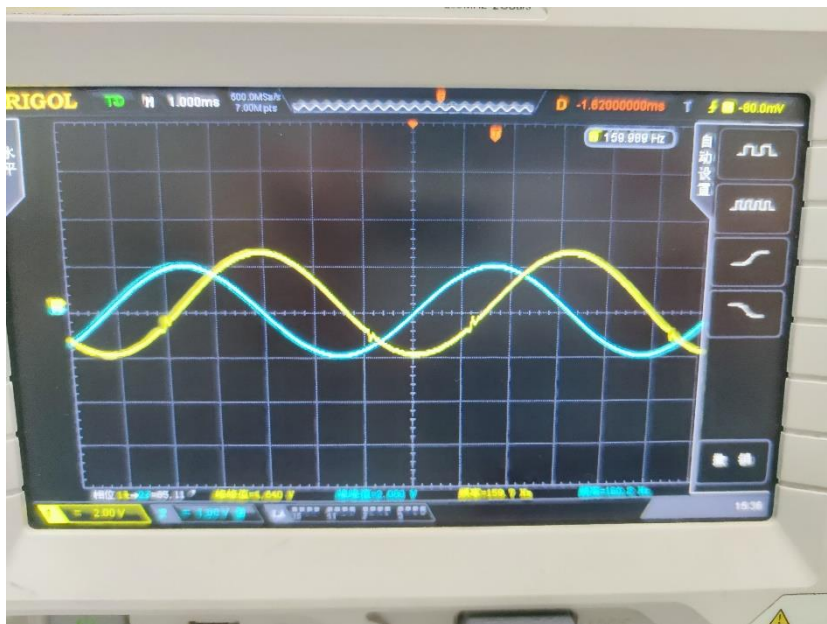


图 7.2 微分电路

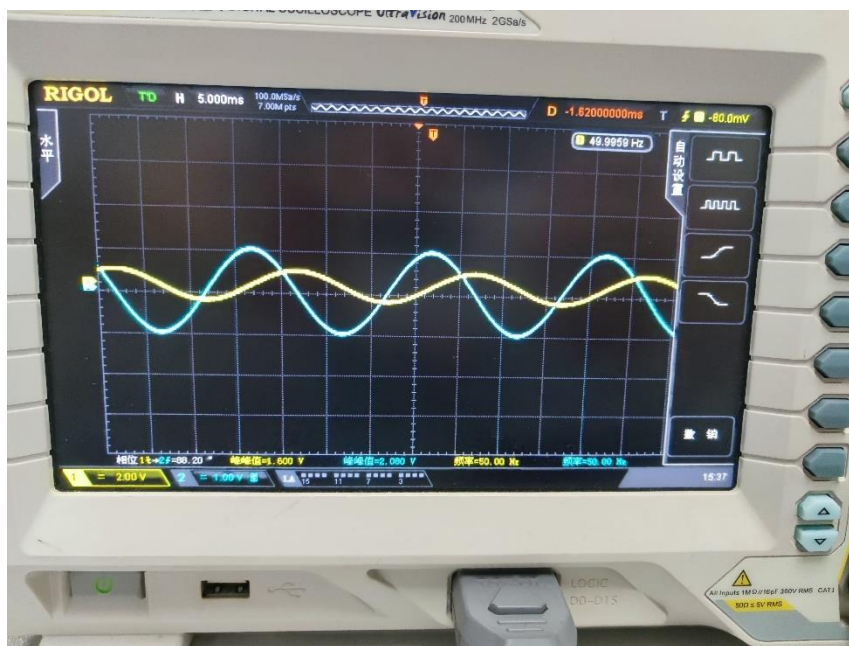
- (1) 输入正弦波信号， $f=160\text{Hz}$  幅值为  $1\text{V}$ ，用示波器观察  $U_i$  与  $U_o$  波形并测量输出电压。



输出电压幅值为  $2.32\text{V}$

- (2) 改变正弦波频率 ( $20\text{Hz} \sim 400\text{Hz}$ )，观察  $U_i$  与  $U_o$  的相位、幅值变化情况并记录。





50Hz 正弦输入



300Hz 正弦输入

输入输出相位差增大，输出电压幅值增大

- (3) 在微分电容  $C_1$  左端接入 1k 电位器，调节其为  $400\ \Omega$ ，然后输入方波信号， $f=200\text{Hz}$ ，幅值  $200\text{mV}$  ( $V_{P-P}=400\text{mV}$ )，用示波器观察  $U_o$  波形，按上述步骤(2)重复实验。



50Hz 方波输入



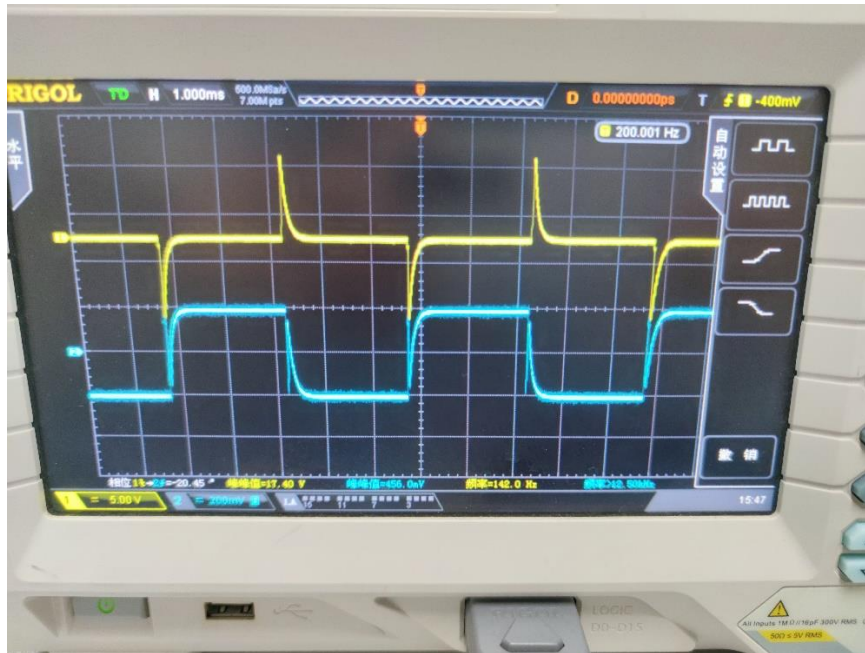
200Hz 方波输入



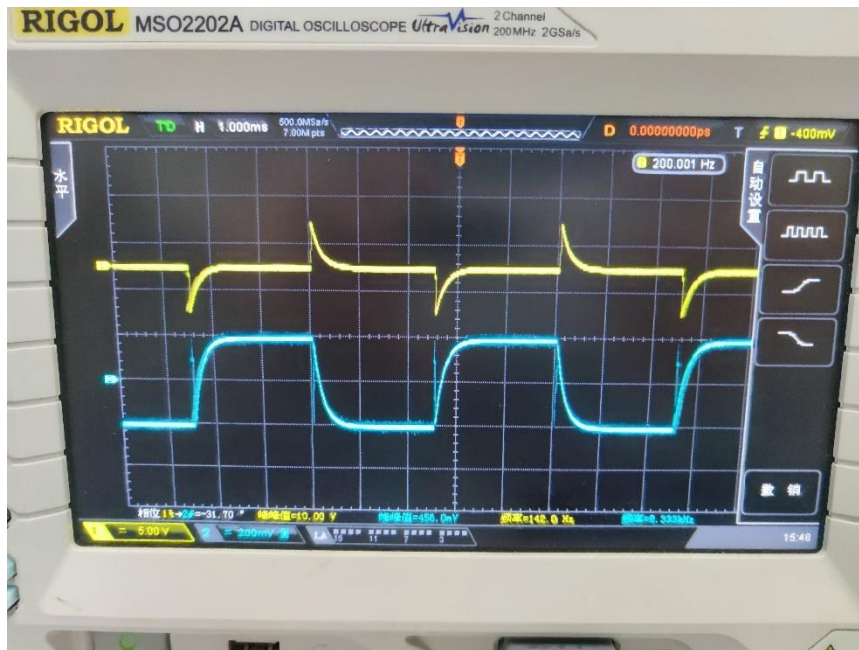
300Hz 方波输入



- (4) 输入方波信号， $f=200\text{Hz}$ ，幅值  $200\text{mV}$  ( $V_{P-P}=400\text{mV}$ )，调节微分电容左端接入的电位器 ( $1\text{k}$ )，观察  $U_i$  与  $U_o$  幅值及波形的变化情况并记录。



$R = 339\ \Omega$



$R = 719\ \Omega$

$U_o$  随着电阻的增大而减小，波形的幅度减小

- (5) 调节电位器为  $100\ \Omega$ ，输入三角波  $f=200\text{Hz}$ ，幅值  $200\text{mV}$  ( $V_{P-P}=400\text{mV}$ )，用示波器观察  $U_o$  波形，改变三角波频率 ( $100\text{Hz}\sim 400\text{Hz}$ )，观察变化。



200Hz 三角波输入



300Hz 三角波输入



400Hz 三角波输入

随着频率升高，输出电压的幅值不断增大。

### 3. 积分——微分电路

实验电路如图 7.3 所示

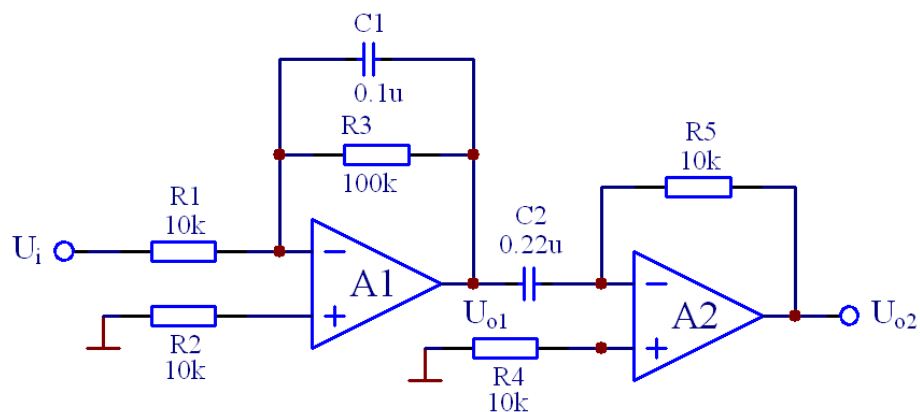


图 7.3 积分—微分电路

- (1) 在  $U_i$  输入  $f=200\text{Hz}$ ，幅值  $6\text{V}$  的方波信号，用示波器观察  $U_{o1}$  和  $U_{o2}$  的波形并记录。



- (2) 将  $f$  改为 ( $100\text{Hz}\sim 400\text{Hz}$ )，重复上述实验。



100Hz 方波输入





## 实验八 波形发生电路

### 一、实验目的

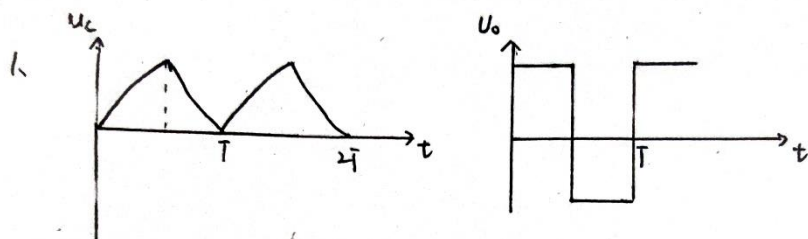
1. 掌握波形发生电路的特点和分析方法
2. 熟悉波形发生电路设计方法。

### 二、实验仪器

1. 双踪示波器
2. 数字万用表

### 三、预习要求

1. 分析图 8.1 电路的工作原理，定性画出  $U_o$  和  $U_c$  波形。
2. 若图 8.1 电路  $R=10k$ ，计算  $U_o$  的频率。
3. 图 8.2 电路如何使输出波形占空比变大？利用实验箱上所标元器件画出原理图。
4. 图 8.3 电路中，如何改变输出频率？设计 2 种方案并画图表示。
5. 图 8.4 电路中如何连续改变振荡频率？画出电路图。（利用实验箱上的元器件）

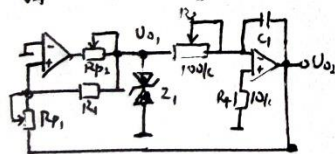


2.  $R=10k$  时,  $f_{U_o} = \frac{1}{T} = \frac{1}{2R \ln 2 (1 + 2\frac{R_1}{R_2})} = \frac{1}{2 \ln 2 \cdot 0.1 \mu \cdot 10k} \approx 45.7 \text{ Hz}$

3. 调节  $R_{P1}$  即可, 原理图见附图

4.  $f = \frac{R_2}{4RCR_1R_3}$   $\therefore$  改变频率最简单的方法是调节  $R_{P1}$ , 电路图无需改动。

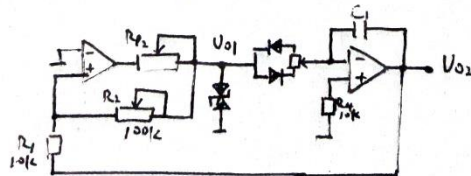
① 方案一: 修改  $R_3$  的大小



② 方案二: 更改  $R_1$  的大小

同左理, 将  $R_1$  换为  $0-100k$  的滑动变阻器即可。

5. 同左理, 将  $R_2$  更换为  $0-100k$  的电位器。



### 四、实验内容

#### 1. 方波发生电路

实验电路如图 8.1 所示,  $R_{P2}$  调到最大, 双向稳压管实际值约为  $5.6-5.8V$ 。



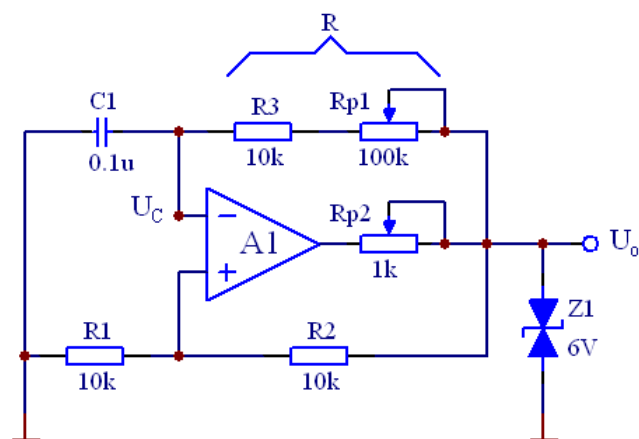


图 8.1 方波发生电路

- (1) 按电路图接线，观察  $U_c$ 、 $U_o$  波形及频率，与预习比较。用示波器观测时，通道需处于直流（DC）状态，如  $U_o$  波形有所失真，可适当减小  $R_{p2}$ 。



- (2) 分别测出  $R=10k$ 、 $110k$  时的频率，输出幅值，与预习比较。



$R = 10K$



$R = 100K$

- (3) 要想获得其他频率应如何选择电路参数？试利用实验箱上给出的元器件进行条件实验并观测之。

可以调整  $R$  和  $C_1$  来调整电路频率，如将  $0.1 \mu$  的电容换为  $0.05 \mu$  后波形如下



$C_1 = 0.05 \mu$

## 2. 占空比可调的矩形波发生电路

实验电路如图 8.2 所示。 $R_{P3}$  调到最大，如  $U_o$  有所失真，可适当减小  $R_{P3}$ 。

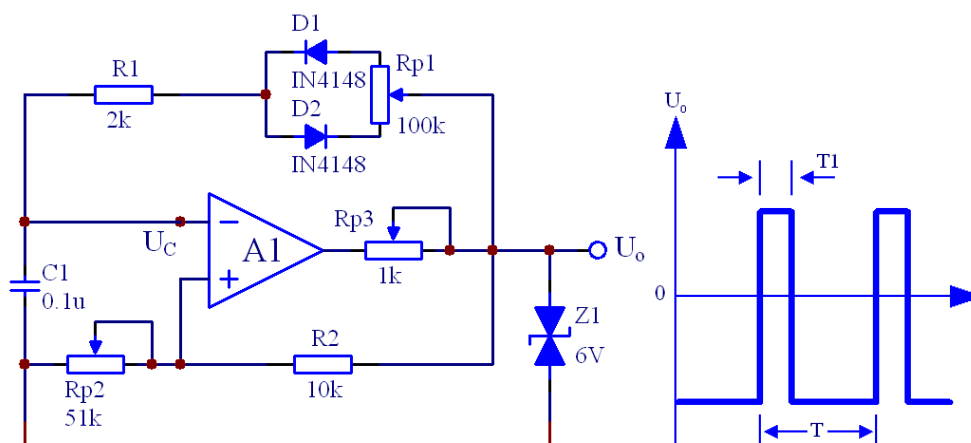
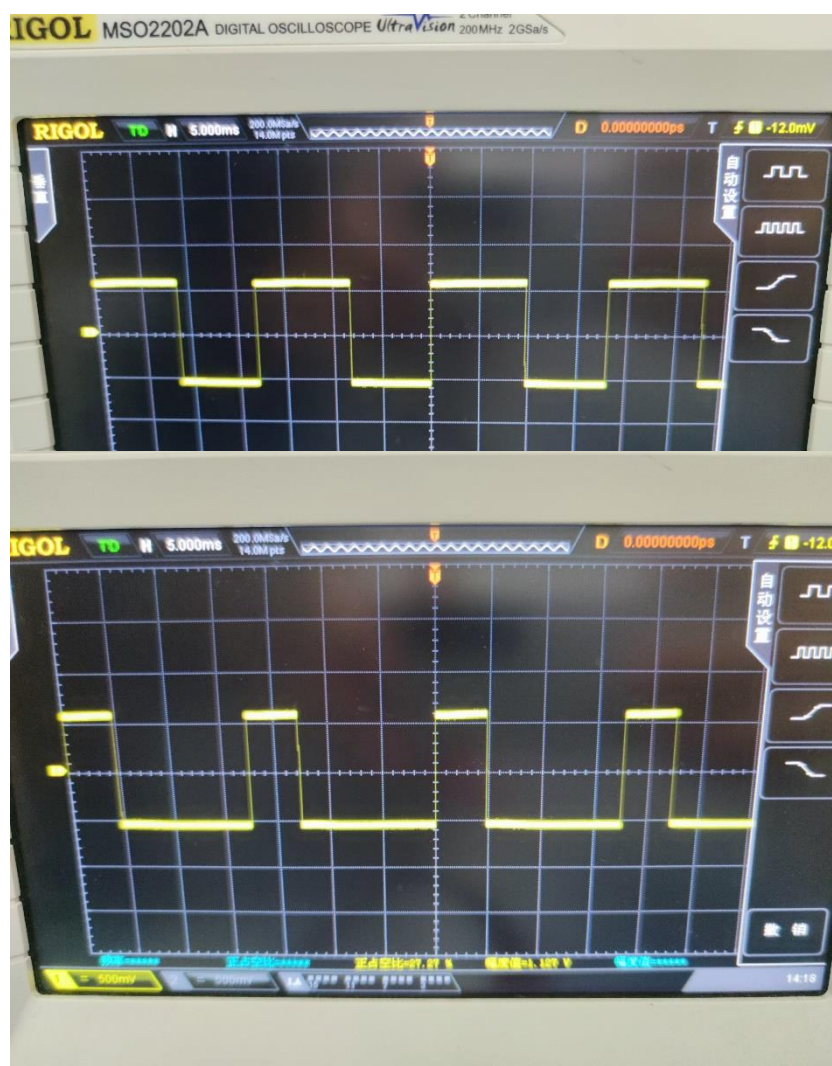




图 8.2 占空比可调的矩形波发生电路

- (1) 按图接线， $R_{P2}=10k$ ，观察并测量电路的  $U_C$ 、 $U_O$ 。振荡频率、幅值及占空比，改变  $R_{P1}$  观察对占空比和频率的影响。







(2) 调节  $R_{P2}$ ，观察它对输出波形的影响。

$R_{P2}$  的阻值大小，影响输出波形的频率

### 3. 三角波发生电路

实验电路如图 8.3 所示。 $R_{P2}$  调到最大，如  $U_o$  有所失真，可适当减小  $R_{P2}$ 。

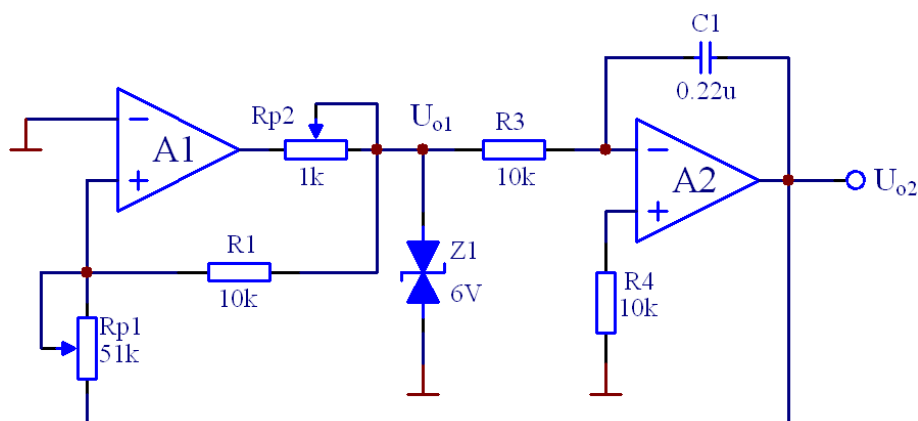


图 8.3 三角波发生电路

(1) 按图接线， $R_{P1}=10k$ ，分别观测  $U_{o1}$  及  $U_{o2}$  的波形并记录。

(2) 调整  $R_{P1}$ ，观察波形变化。如何改变  $U_{o2}$  的频率而不改变幅值？按预习方案分别实验并记录。

波形变化为频率变化，首先是  $U_{o1}$  的频率变化；改变频率且不改变幅值需要调整  $R_{P2}$  的阻值大小。

### 4. 锯齿波发生电路

实验电路如图 8.4 所示。 $R_{P2}$  调到最大，如  $U_o$  有所失真，可适当减小  $R_{P2}$ 。

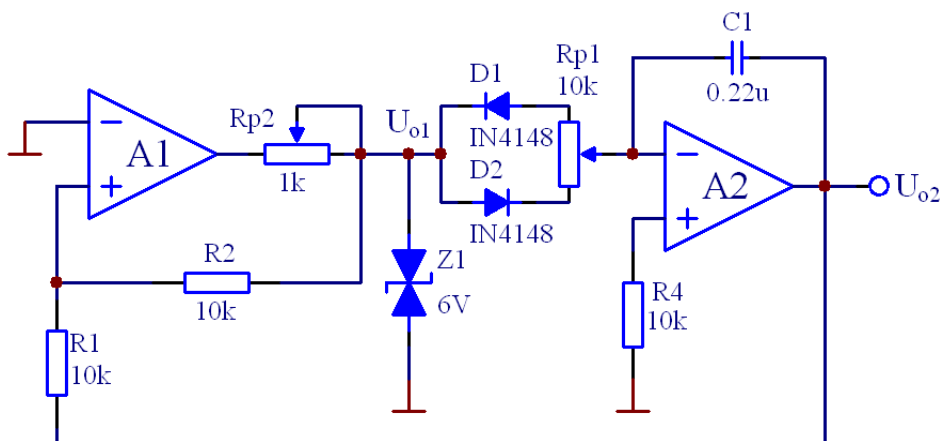


图 8.4 锯齿波发生电路

- (1) 按图接线, 观测  $U_{o1}$  及  $U_{o2}$  输出波形和频率, 改变  $R_{p1}$  观察它对输出的影响。  
 $R_{p1}$  改变输出波形的占空比



- (2) 按预习时的方案改变锯齿波频率并测量变化范围。最大的不失真频率变化范围为 163Hz~15.83kHz

## 五、实验报告

1. 画出各实验的波形图。

波形图见报告中图片

2. 画出各实验预习要求的设计方案，电路图，写出实验步骤及结果。

见实验预习部分附图

3. 总结波形发生电路的特点，并回答。

- (1) 波形产生电路需调零吗?

不需要调零

- (2) 波形产生电路有没有输入端。

波形发生电路没有输入端