

西北工业大学

信号与线性系统实验报告

学院： 计算机学院

班级： 10012006

学号： 2020303245

姓名： 夏卓

2022 年 4 月 24 日

# 实验一 常用信号的分类与观察

## 一、实验内容

### 实验目标：

- (1) 观察常用信号的波形特点并掌握其产生方法；
- (2) 学会使用示波器对常用波形参数进行测量；
- (3) 掌握 JH5004 信号产生模块的操作；

### 具体内容：

- (1) 观察指数信号并测量其  $a$ 、 $K$  参数
- (2) 观察正弦信号并测量分析其对应的振幅  $K$ 、角频率  $\omega$  参数
- (3) 测量指数衰减正弦信号（正频率），并以 X-Y 方式进行观察，记录此时李沙育图形的旋转方向
- (4) 测量指数衰减正弦信号（负频率），并以 X-Y 方式进行观察，记录此时李沙育图形的旋转方向
- (5) 观察  $Sa(t)$  信号，并通过示波器分析信号的参数
- (6) 观察钟形信号并分析信号的参数
- (7) 观察脉冲信号并分析信号的特点

## 二、实验过程

### 准备工作：

- (1) 打开实验箱和电脑，将 nextkit 与电脑连接并进入示波器页面，将探头中的地线夹住实验箱上的接地金属
- (2) 确认实验箱正常后打开电源开关，找到右下角的两个按钮，长按以切换信号输出模式为 11

### 具体实验过程：

#### 1. 指数信号观察：

通过信号选择键 1，短按左边的按钮设置 A 组输出为指数信号（此时信号输出指示灯为 000000）。用导线引出输出信号，并用示波器探头测量。在电脑界面调节示波器的触发电平、分辨率、分度值与信号位置，得到清晰的指数信号波形，导出信号的最大值、最小值与周期，计算指数信号的  $a$ 、 $K$  参数

#### 2. 正弦信号观察：

通过信号选择键 1，短按左边的按钮设置 A 组输出为正弦信号（此时 A 组信号输出指示灯为 000101）。在示波器上观察正弦信号的波形，导出信号的最大值、最小值与频率，计算其对应的振幅  $K$ 、角频率  $\omega$ 。

主持人：

参与人：

实验日期：

### 3. 指数衰减正弦信号（正频率）观察：

通过信号选择键 1，短按左边的按钮设置 A 组输出为指数衰减余弦信号（此时信号输出指示灯为 000001），用示波器测量“信号 A 组”的输出信号。

通过信号选择键 2、短按右边的按钮设置 B 组输出为指数衰减正弦信号（此时信号输出指示灯为 000010），用示波器测量“信号 B 组”的输出信号。

先用示波器的 X、Y 通道测量上述信号，再以 X-Y 方式进行观察，记录此时信号的波形与李沙育图形的旋转方向。

### 4. 测量指数衰减正弦信号（负频率）观察：

通过信号选择键 1、短按左边的按钮设置 A 组输出为指数衰减余弦信号（此时信号输出指示灯为 000011），用示波器测量“信号 A 组”的输出信号。

通过信号选择键 2、短按右边的按钮设置 B 组输出为指数衰减正弦信号（此时信号输出指示灯为 000100），用示波器测量“信号 B 组”的输出信号。

先用示波器的 X、Y 通道测量上述信号，再以 X-Y 方式进行观察，记录此时信号的波形与李沙育图形的旋转方向。

### 5. $S_a(t)$ 信号观察：

通过信号选择键 1，短按左边的按钮设置 A 组输出为  $S_a(t)$  信号（此时信号输出指示灯为 000111），用示波器测量“信号 A 组”的输出信号。在电脑界面调节示波器的触发电平、分辨率、分度值与信号位置，得到清晰的  $S_a(t)$  信号波形，导出信号的特征值，分析信号参数。

### 6. 钟形信号观察：

通过信号选择键 1，短按左边的按钮设置 A 组输出为钟形信号（此时信号输出指示灯为 001000），用示波器测量“信号 A 组”的输出信号。在电脑界面调节示波器的触发电平、分辨率、分度值与信号位置，得到清晰的钟形信号波形，导出信号的特征值，分析信号参数。

### 7. 脉冲信号观察：

通过信号选择键 1，短按左边的按钮设置 A 组输出为正负脉冲信号（此时信号输出指示灯为 001101），导出信号的特征值，在电脑界面调节示波器的触发电平、分辨率、分度值与信号位置，得到清晰的脉冲信号波形，分析信号参数。

## 三、实验数据

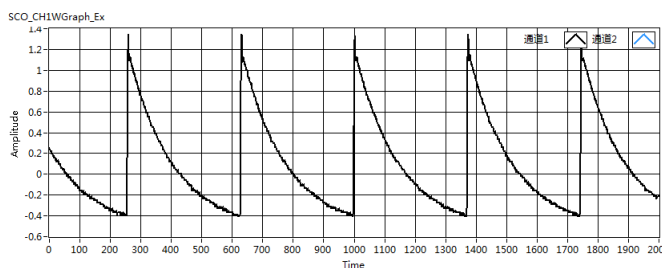
主持人：

参与人：

实验日期：

## 1. 指数信号

波形:



特征值:

1 周期 3.720ms

1 最小值 -0.410V

1 最大值 1.348V

参数:

由图及特征值知信号经过点(1000,1.348)、(1100,0.3)和(1372,-0.410),

设信号为  $f(t) = Ke^{-at} + C$

列方程计算:

$$K + C = 1.348$$

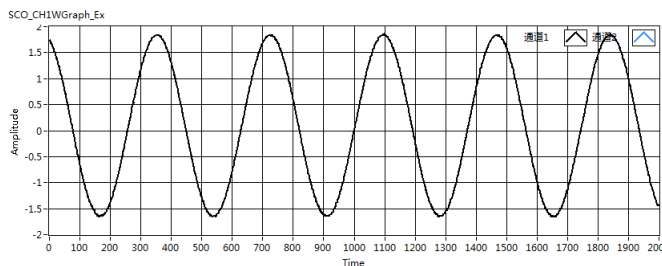
$$Ke^{10^{-3}a} + C = 0.3$$

$$Ke^{3.72 \times 10^{-3}a} + C = -0.41$$

解得:  $K=1.84$ ,  $a=-845$ ,  $C=-0.49$

## 2. 正弦信号

波形:



特征值:

1 周期 3.710ms

1 最小值 -1.660V

1 最大值 1.855V

参数:

$$K = \frac{1.855 + 1.660}{2} = 1.7575V$$

$$\omega = \frac{2\pi}{3.71 \times 10^{-3}} = 1.69 \times 10^3 Hz$$

主持人:

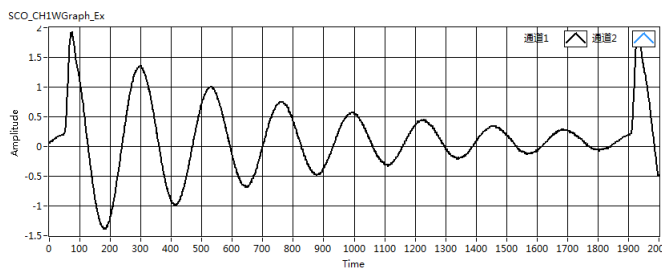
参与人:

实验日期:

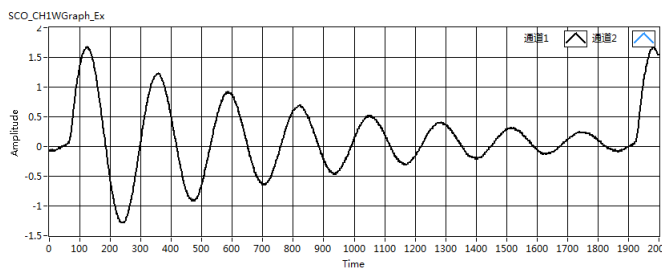
### 3. 指数衰减正弦信号（正频率）

波形：

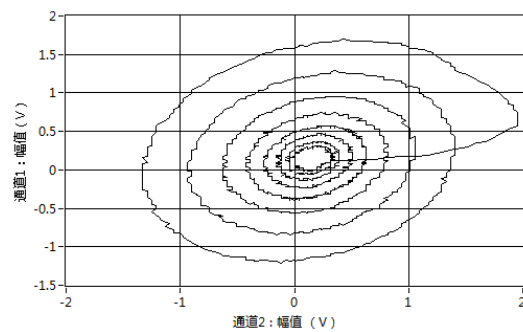
CH1:指数衰减余弦信号



CH2:指数衰减正弦信号



X-Y 图：



旋转方向：顺时针方向

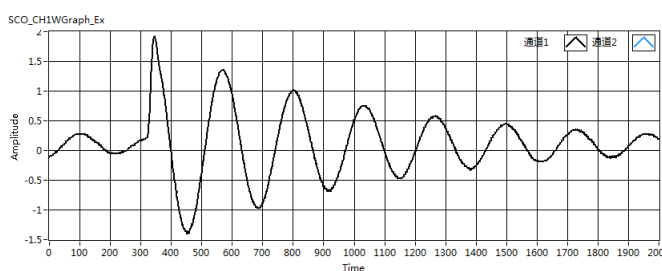
特征值：

1	频率	2192.982Hz	2	最小值	-1.191V
1	最小值	-1.328V	2	最大值	1.699V
1	周期	0.456ms	2	频率	2212.389Hz
1	最大值	1.992V	2	周期	0.452ms

### 4. 指数衰减正弦信号（负频率）

波形：

CH1:指数衰减余弦信号

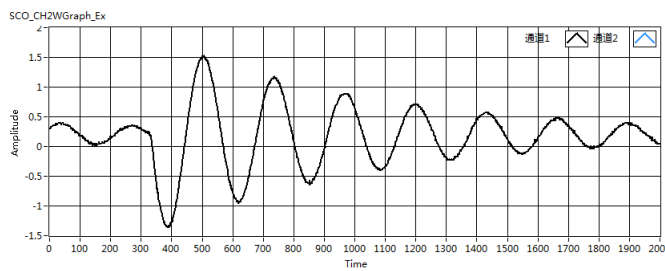


主持人：

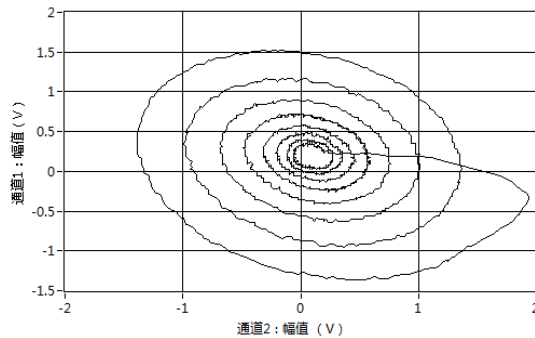
参与人：

实验日期：

## CH2:指数衰减正弦信号



X-Y 图:



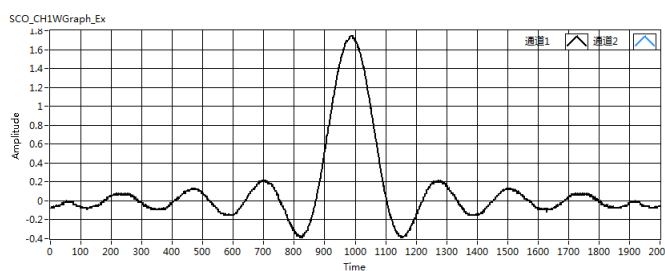
旋转方向: 逆时针方向

特征值:

1	频率	2192.982Hz	2	频率	2212.389Hz
1	最小值	-1.328V	2	周期	0.452ms
1	周期	0.456ms	2	最小值	-1.191V
1	最大值	1.992V	2	最大值	1.699V

## 5. Sa(t)信号

波形:



特征值:

1	频率	71428.571Hz
1	最小值	-0.391V
1	周期	0.014ms
1	最大值	1.738V

参数:

$$V_{\max} = 1.738V$$

$$T = 0.014ms$$

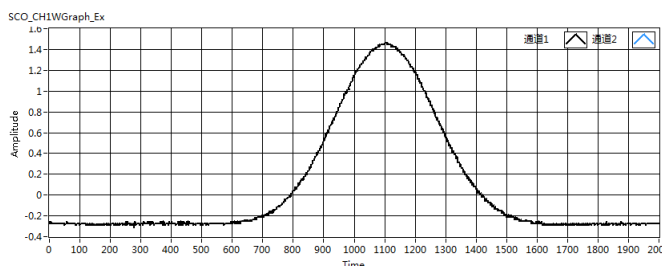
主持人:

参与人:

实验日期:

## 6. 钟形信号

波形:



特征值:

- 1 频率 419.815Hz
- 1 最小值 -0.312V
- 1 周期 2.382ms
- 1 最大值 1.465V

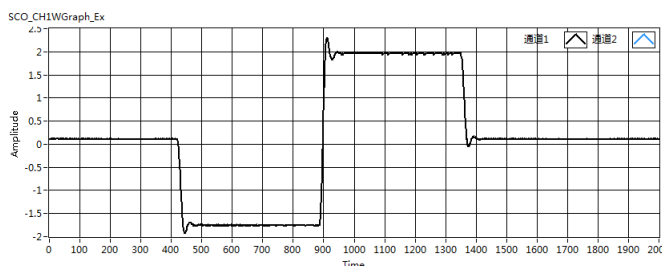
参数:

$$\text{设信号为 } f(t) = Ee^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2}$$

$$\text{则 } E \approx 1.465 + 0.312 = 1.777, \quad \tau \approx 3.2 \times 10^{-4}$$

## 7. 脉冲信号

波形:



特征值:

- 1 频率 1035.197Hz
- 1 最小值 -1.934V
- 1 周期 0.966ms
- 1 最大值 2.305V

参数:

由图知:  $E \approx 1.9V$

## 四、 实验结果分析及思考

**思考题 1:** 分析指数信号、正弦信号、指数衰减正弦信号、复指数信号、 $Sa(t)$  信号、钟形信号、脉冲信号的特点

指数信号可表示为  $f(t) = Ke^{at}$ ，其图像在单个周期内是指数函数，幅值呈指数衰减。

主持人:

参与人:

实验日期:

正弦信号的图像类似正弦函数，其表达式为  $f(t) = K \sin(\omega \cdot t + \theta)$ ，其信号参数有：振幅  $K$ 、角频率  $\omega$ 、与初始相位  $\theta$ 。

指数衰减信号也如正弦函数那样周期性震荡，但其极值点的连线符合指数函数衰减的特征。

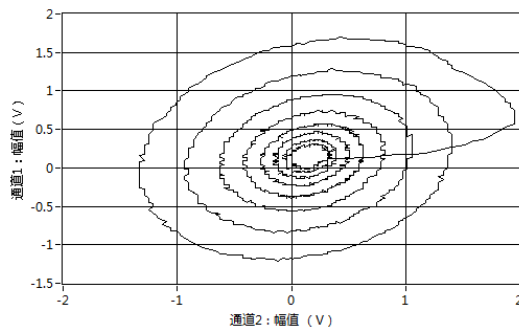
$Sa(t)$  信号类似于正弦波周期性震荡，但在一个周期内，两边以同一速度快速衰减，其极值点的连线符合倒函数衰减的特征。当  $t = \pm \pi, \pm 2\pi, \dots, \pm n\pi$  时，函数值等于零。

钟型信号也是周期信号，临近极大值处斜率绝对值较大，比较陡峭，临近极小值处斜率近似为零，非常平坦，存在周期性突变。

冲激信号除各处突变点，斜率为零，存在周期性突变。

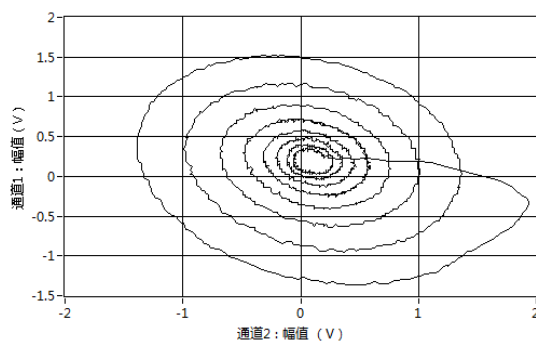
**思考题 2：设置输出为复指数正频率信号与复指数负频率信号，并说明这两类信号的特点**

复指数正频率信号



特点：具有震荡性，且随时间增加振幅增大，李沙育图的旋转方向为顺时针方向

复指数负频率信号



特点：具有震荡性，且随时间增加振幅增大，李沙育图的旋转方向为逆时针方向

**思考题 3：写出测量指数信号、正弦信号、指数衰减正弦信号、复指数信号、 $Sa(t)$  信号、钟形信号、脉冲信号的波形参数**

主持人：

参与人：

实验日期：



信号类别	参数
指数信号:	$K=1.84V$ , $a=-845$
正弦信号:	$K=1.7575V$ , $w=1.69\times 10^3Hz$
Sa(t)信号:	$V_{max}=1.738V$ , $T=0.014ms$
钟形信号:	$E\approx 1.465+0.312=1.777V$ , $\tau\approx 3.2\times 10^{-4}$
脉冲信号:	$E=1.9V$

## 实验二 信号的基本运算单元

### 一、实验内容

#### 实验目标:

- (1) 掌握信号与系统中基本运算单元的构成;
- (2) 掌握基本运算单元的特点;
- (3) 掌握对基本运算单元的测试方法;

#### 具体内容:

- (1) 利用加法器将两个信号相加并输出
- (2) 利用减法器将两个信号相减并输出
- (3) 利用倍乘器将某个信号增倍后输出
- (4) 利用反相器将原信号反向后输出
- (5) 利用积分器对原信号积分并输出结果
- (6) 利用微分器将原信号微分并输出结果

### 二、实验过程

#### 准备工作:

- (1) 打开实验箱和电脑, 将 nextkit 与电脑连接并进入示波器页面, 将探头中的地线夹住实验箱上的接地金属
- (2) 确认实验箱正常后打开电源开关, 找到右下角的两个按钮, 长按以切换信号输出模式为 11

#### 具体实验过程:

##### 1、加法器特性观察:

通过信号选择键 1 使对应的“信号 A 组”的输出为 270Hz 信号 (A 组输出信号指示灯为 000101), 通过信号选择键 2 使对应的“信号 B 组”的输出为 2160Hz 信号 (B 组输出信号指示灯为 000110)。用短路连线器将模拟信号 A、B 组的输出信号送入加法器的 X1、X2 输入端, 用示波器观察输出端 Y 的波形。

主持人:

参与人:

实验日期:

## 2、减法器特性观察：

通过信号选择键 1 使对应的“信号 A 组”的输出为全波检滤信号（A 组输出信号指示灯为 010000），通过信号选择键 2 使对应的“信号 B 组”为半波检波信号（B 组输出信号指示灯为 010001）。用短路连线器将模拟信号 A、B 组的输出信号送入减法器的 X1、X2 输入端，用示波器观察输出端 Y 的波形。

## 3、倍乘器特性观察：

通过信号选择键 1 使对应的“信号 A 组”的输出信号为 2160Hz 的正弦信号（A 组输出信号指示灯为 000110）。用短路连线器将信号 A 组的输出信号送入倍乘器的 X 输入端，观察输出端 Y 的波形。

## 4、反相器特性观察：

通过信号选择键 1 使对应的“信号 A 组”的输出信号为 2160Hz 的正弦信号（A 组输出信号指示灯为 000110）。用短路连线器将信号 A 组的输出信号送入反相器的 X 输入端，观察输出端 Y 的波形相位与输入波形的相位关系。

## 5、积分器特性观察：

通过信号选择键 1 使对应的“信号 A 组”的输出为连续正负脉冲对信号（A 组输出信号指示灯为 001101）。用短路连线器将信号 A 组的输出信号送入积分器的 X 输入端，观察输出端 Y 的波形与输入波形的关系。

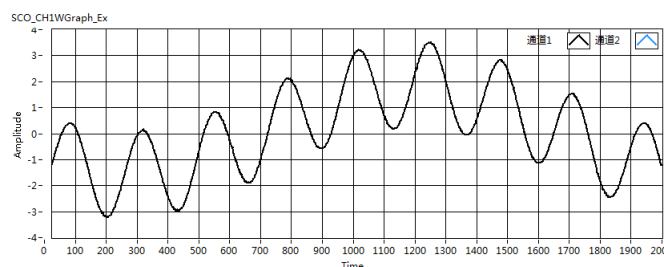
## 6、微分器特性观察：

通过信号选择键使对应的“信号 A 组”的输出依次为连续正负脉冲信号（A 组输出信号指示灯为 001001）、间隔正负脉冲信号（A 组输出信号指示灯为 001101）、正负指数衰减冲击信号（A 组输出信号指示灯为 001110）、锯齿信号（A 组输出信号指示灯为 010010）。用短路连线器将信号 A 组的输出信号送入微分器的 X 输入端，观察输出端 Y 的波形与输入波形的关系。

# 三、实验数据

## 1. 加法器特性观察

波形：



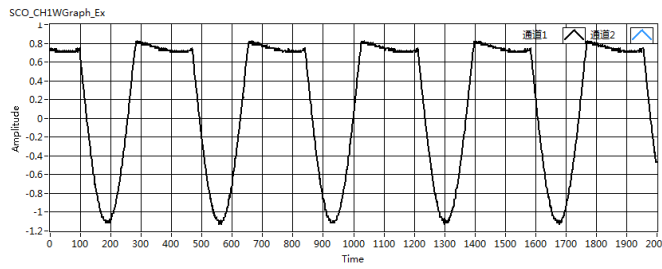
## 2. 减法器特性观察

波形：

主持人：

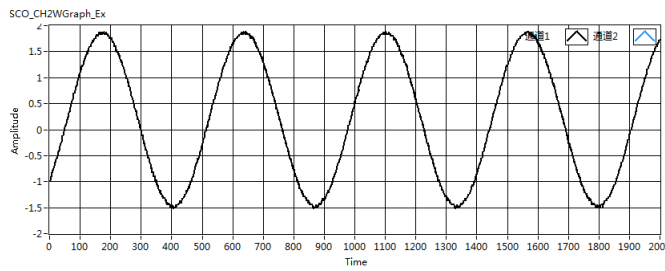
参与人：

实验日期：

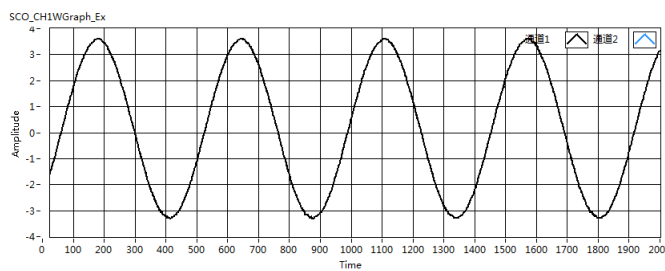


### 3. 倍乘器特性观察

波形:

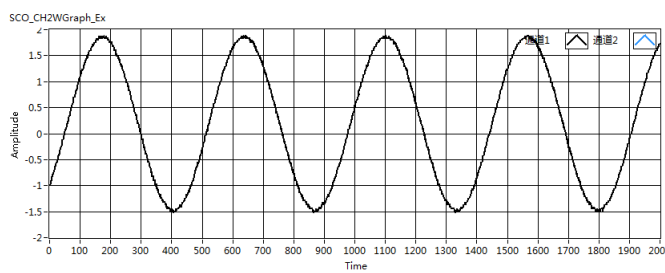


输入信号

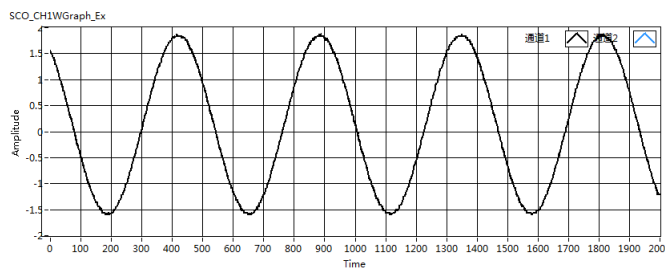


输出信号

### 4. 反相器特性观察



输入信号



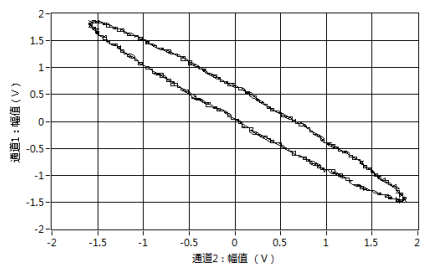
输出信号

### X-Y 图:

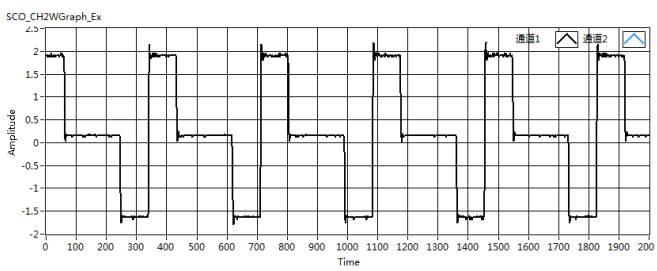
主持人:

参与人:

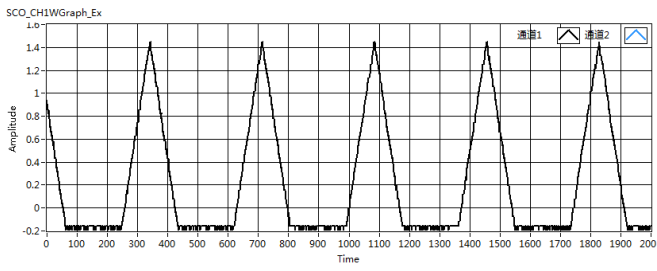
实验日期:



5. 积分器特性观察  
波形:

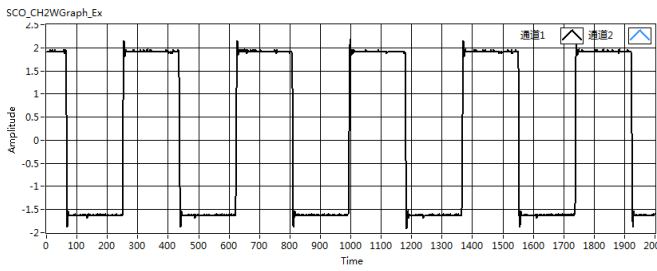


输入信号

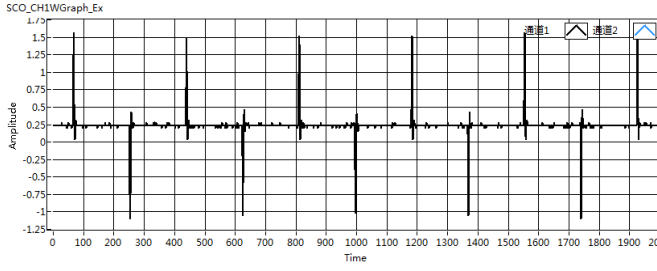


输出信号

6. 微分器特性观察  
输入连续正负脉冲信号:



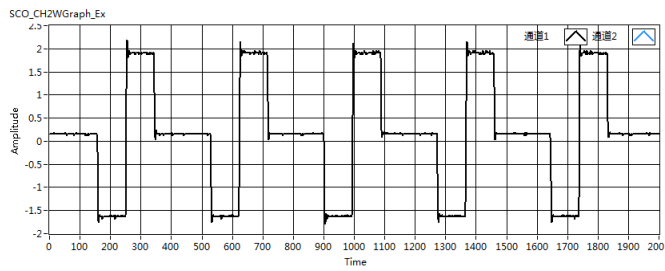
输入信号



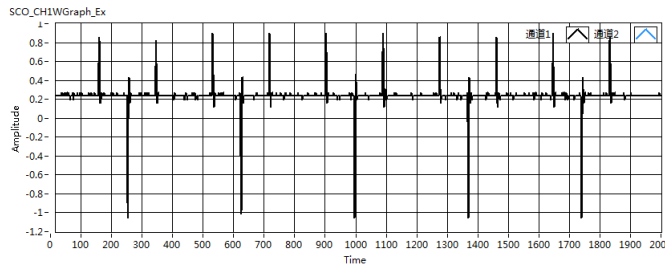
输出信号

主持人: 参与人:  
实验日期:

### 输入间隔正负脉冲信号：

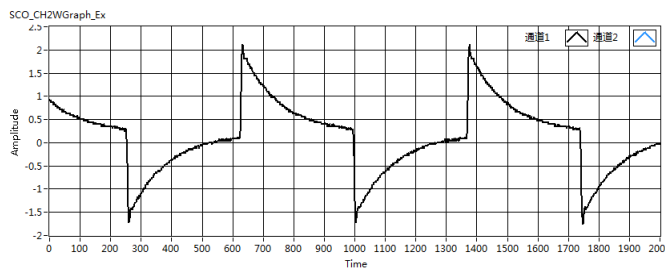


输入信号

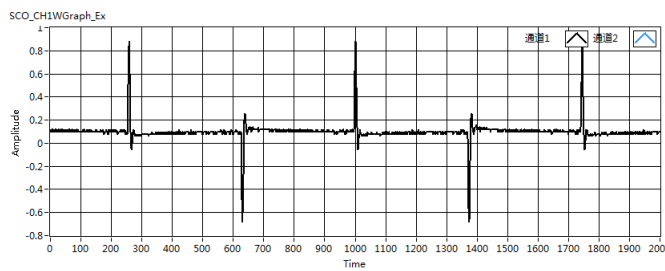


输出信号

### 输入正负指数衰减冲击信号：

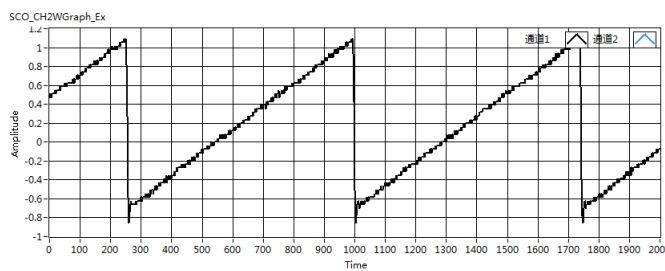


输入信号



输出信号

### 输入锯齿信号：

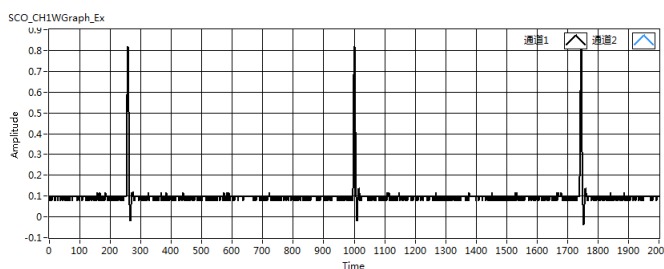


输入信号

主持人：

参与人：

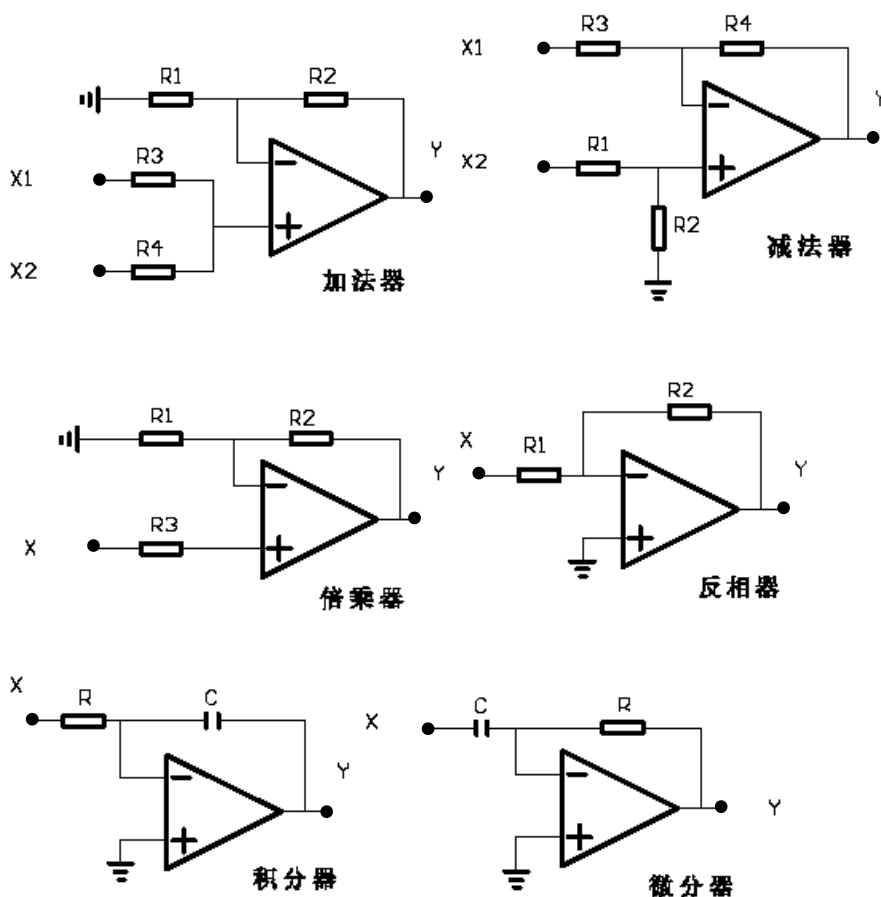
实验日期：



输出信号

#### 四、实验结果分析及思考

思考题 1：画出最常用的信号运算单元：减法器、加法器、倍乘器、反相器、积分器、微分器的电路结构



思考题 2：分析常用的信号运算单元：减法器、加法器、倍乘器、反相器、积分器、微分器的运算特点

信号运算单元	特点
加法器	$Y = x_1 + x_2$

主持人：

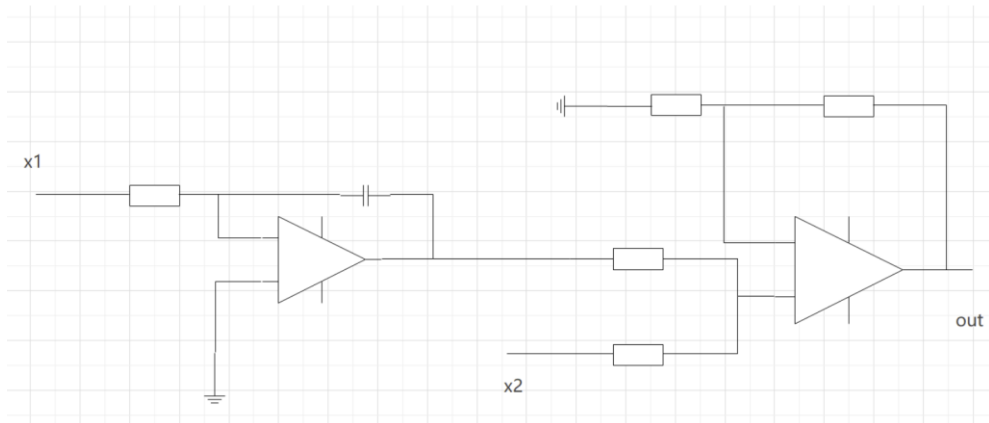
参与人：

实验日期：

减法器	$Y = x_2 - x_1$
倍乘器	$Y = 2 \cdot x$
反相器	$Y = -x$
积分器	$Y = \frac{1}{RC} \int_{-\infty}^t x(t) dt$
微分器	$Y = RC \frac{dx(t)}{dt}$

思考题 3：采用基本运算单元构建： $x_1 + \int_{-\infty}^t x_2(t) dt$  的电路

如图，将  $x_1$  连到积分器的输入端口，再将积分器的输出与  $x_2$  分别连到加法器的两个输入端口即可：



## 实验三 信号的合成

### 一、实验内容

#### 实验目标：

- (1) 掌握周期信号的傅里叶变换；
- (2) 理解傅里叶变换的本质；
- (3) 学会对一般周期信号在时域上进行合成；

#### 具体内容：

- (1) 方波信号的合成
- (2) 周期锯齿信号的合成
- (3) 周期半波信号合成（不含直流信号）

主持人：

参与人：

实验日期：

## 二、实验过程

### 准备工作：

- (1) 打开实验箱和电脑，将 nextkit 与电脑连接并进入示波器页面，将探头中的地线夹住实验箱上的接地金属
- (2) 确认实验箱正常后打开电源开关，找到右下角的两个按钮，长按以切换信号输出模式为 00

### 具体实验过程：

#### 1. 方波信号的合成

根据公式  $f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cdot \sin\left(\frac{n\pi}{2}\right) \cdot \cos(nw_0 t)$  计算出各分量大小，并按 3 倍放大

f1=3V

f2=0V

f3=-1V

f4=0V

f5=0.6V

逐步加入合成信号，观察输出信号波形的变化；

#### 2. 周期锯齿信号的合成

根据公式  $f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{1}{n} \cdot \sin(nw_0 t)$  计算出各分量大小，并按 3 倍放大

f1=-3V

f2=1.5V

f3=-1V

f4=0.75V

f5=-0.6V

逐步加入合成信号，观察输出信号波形的变化；

#### 3. 周期半波信号合成（不含直流信号）

根据公式  $f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{1}{n^2 - 1} \cdot \cos\left(\frac{n\pi}{2}\right) \cdot \cos(nw_0 t)$  计算出各分量大小，并按

#### 4 倍放大

f1= $\pi$ V

f2=-4/3V

f3=0V

f4=4/15V

f5=0V

逐步加入合成信号，观察输出信号波形的变化；

主持人：

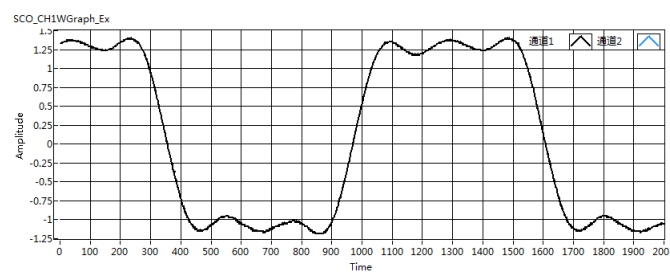
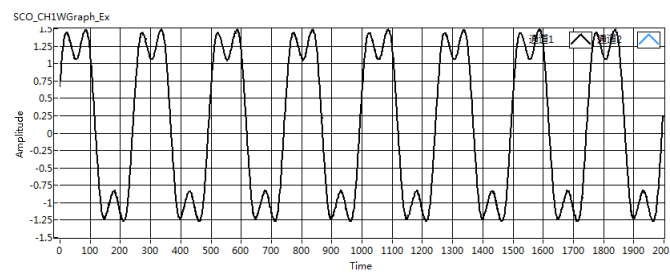
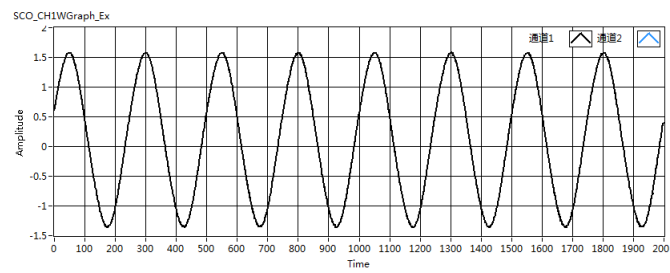
参与人：

实验日期：

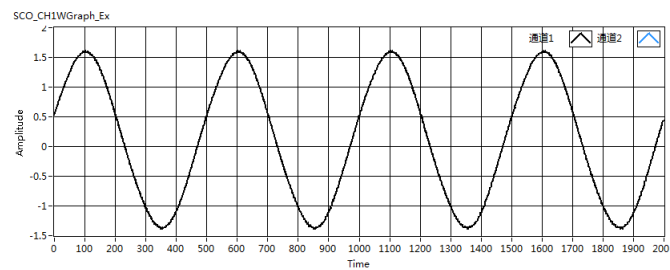


### 三、实验数据

#### 1. 方波信号的合成



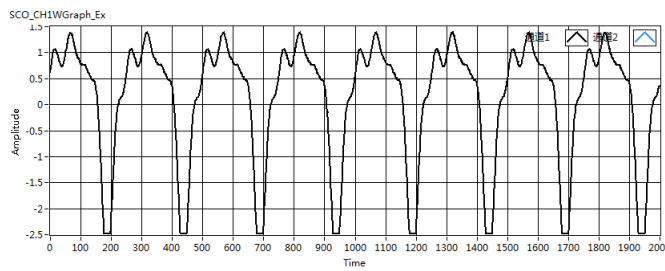
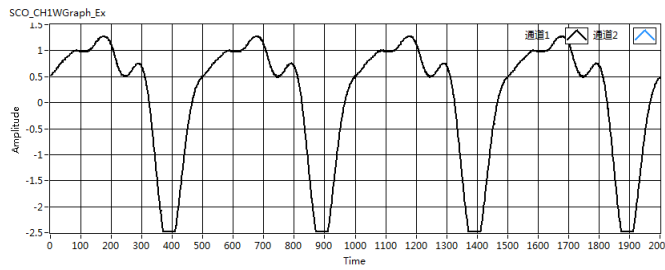
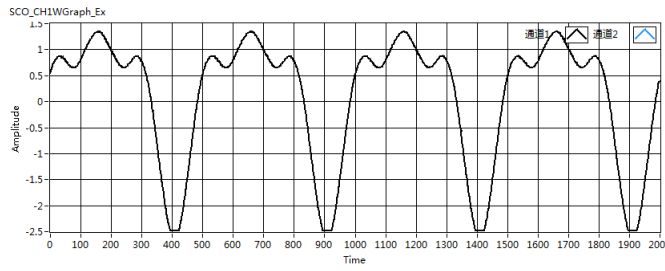
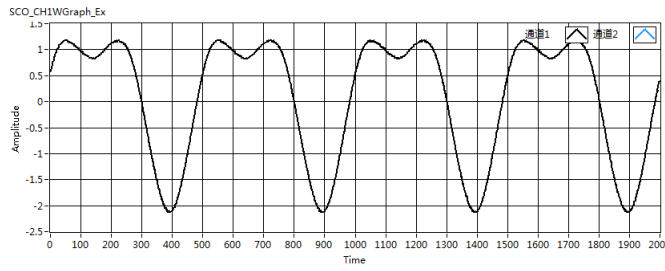
#### 2. 周期锯齿信号的合成



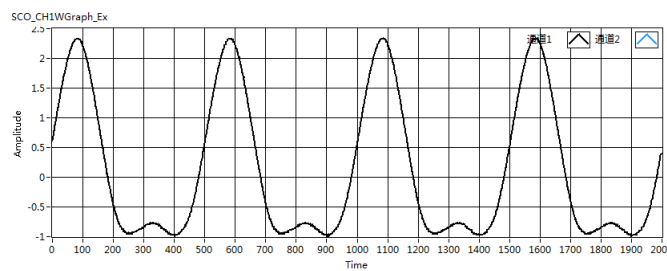
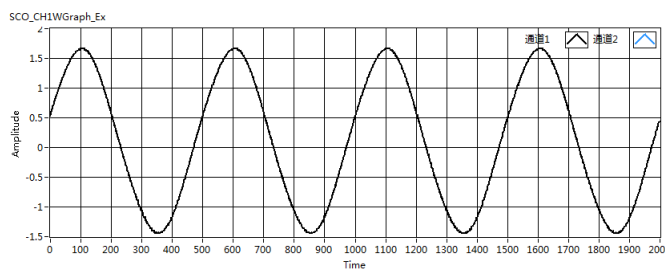
主持人：

参与人：

实验日期：



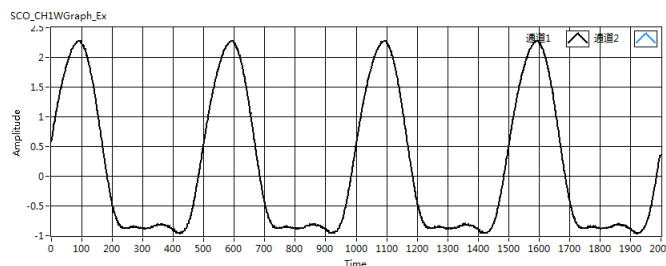
### 3. 周期半波信号合成（不含直流信号）



主持人：

参与人：

实验日期：



#### 四、实验结果分析及思考

##### 思考题 1：周期性信号的频谱特性是什么？

- (1)离散性。指频谱由频率离散而不连续的谱线组成，这种频谱称为离散频谱或线谱。
- (2)谐波性。指各次谐波分量的频率都是基波频率的整数倍，而且相邻谐波的频率间隔是均匀的，即谱线在频率轴上的位置是基波的整数倍。
- (3)收敛性。指谱线幅度随  $n$  的增大而衰减到零。因此这种频谱具有收敛性或衰减性。

##### 思考题 2：合成之后的信号与期望信号是否相同，是什么原因造成这些不同？

不相同。实验信号只有五个谐波信号，而理论信号的傅里叶级数有基波、二次谐波、三次谐波、四次谐波叠加、 $N$  次谐波，因此叠加的波形与理想信号会有差异。

主持人：

参与人：

实验日期：