



南昌理工大学
Nanchang Institute of Technology

电子与信息学院

信号与系统 实验指导书

目 录

《信号与系统》课程实验报告（一）	1
《信号与系统》课程实验报告（二）	8
《信号与系统》课程实验报告（三）	15
《信号与系统》课程实验报告（四）	22
《信号与系统》课程实验报告（五）	27
《信号与系统》课程实验报告（六）	33
《信号与系统》课程实验报告（七）	37
《信号与系统》课程实验报告（八）	53

《信号与系统》课程实验报告（一）

[一、实验名称]

常用信号的观察与分类

[二、实验目的]

- 1、观察常用信号的波形特点及产生方法；
- 2、学会使用示波器对常用波形参数的测量。

[三、实验原理]

对于一个系统特性的研究，其中重要的一个方面是研究它的输入输出关系，即在一特定的输入信号下，系统对应的输出响应信号。因而对信号的研究是对系统研究的出发点，是对系统特性观察的基本手段与方法。在本实验中，将对常用信号和特性进行分析、研究。

信号可以表示为一个或多个变量的函数，在这里仅对一维信号进行研究，自变量为时间。常用信号有：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、脉冲信号等。

1、指数信号：指数信号可表示为 $f(t) = Ke^{at}$ 。对于不同的 a 取值，其波形表现为不同的形式，如下图所示：

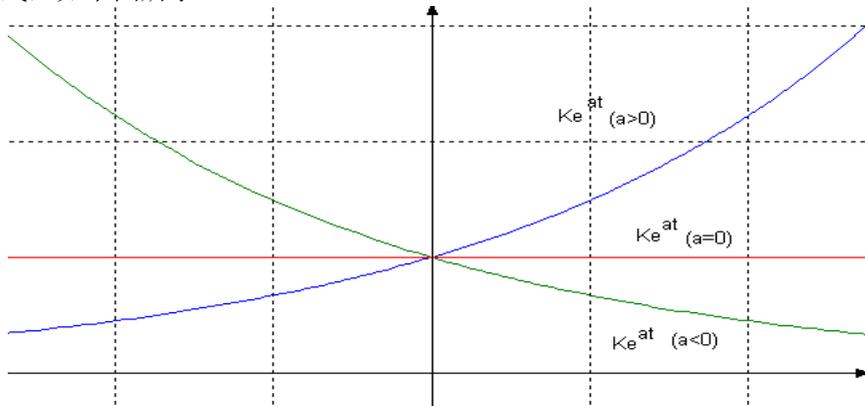


图 1-1 指数信号

2、正弦信号：其表达式为 $f(t) = K\sin(\omega t + \theta)$ ，其信号参数：振幅 K 、角频率 ω 、与初始相位 θ 。其波形如下图所示：

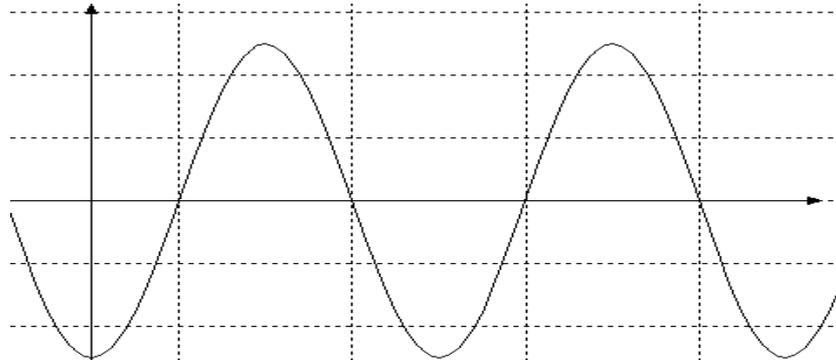


图 1-2 正弦信号

$$f(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ Ke^{-\alpha t} \sin(\omega t) & (t > 0) \end{cases}$$

3、指数衰减正弦信号：其表达式为 $f(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ Ke^{-\alpha t} \sin(\omega t) & (t > 0) \end{cases}$ 其波形如下图：

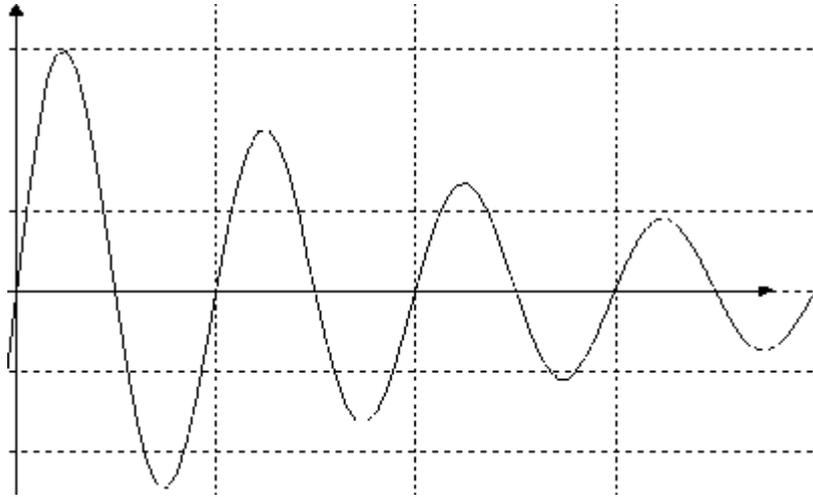


图 1-3 指数衰减正弦信号

$$\text{Sa}(t) = \frac{\sin t}{t}$$

4、Sa(t)信号：其表达式为 $\text{Sa}(t) = \frac{\sin t}{t}$ 。Sa(t)是一个偶函数， $t = \pm \pi, \pm 2\pi, \dots, \pm n\pi$ 时，函数值为零。该函数在很多应用场合具有独特的运用。其信号如下图所示：

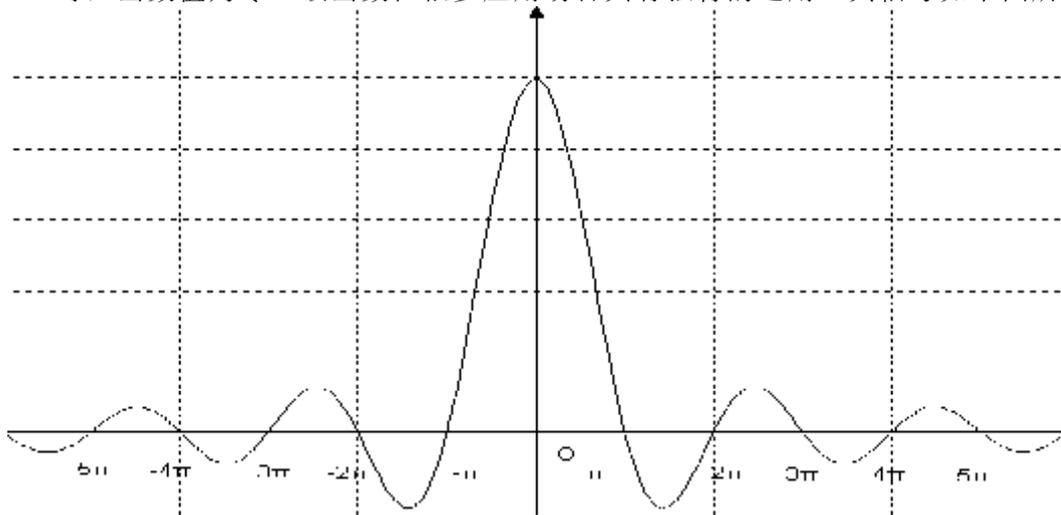
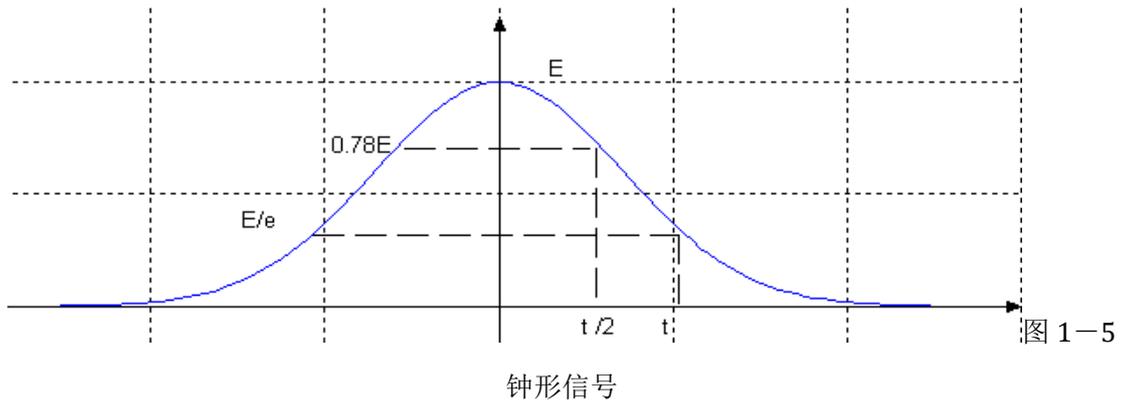


图 1-4 Sa (t) 信号

$$f(t) = E e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2}$$

5、钟形信号（高斯函数）：其表达式为 $f(t) = E e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)^2}$ 其信号如下图所示：



6、脉冲信号：其表达式为 $f(t)=u(t)-u(t-T)$ ，其中 $u(t)$ 为单位阶跃函数。其信号如下图所示：

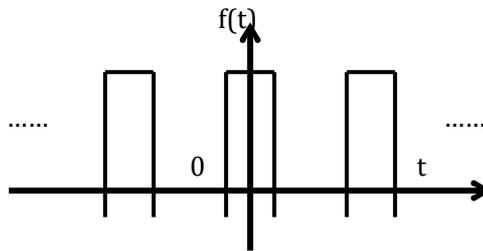


图 1-6 脉冲信号

7、方波信号：信号为周期为 T ，前 $T/2$ 期间信号为正电平信号，后 $T/2$ 期间信号为负电平信号，其信号如下图所示：

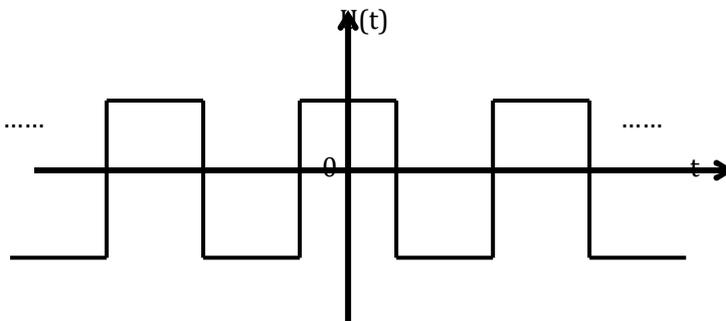


图 1-7 方波信号

[四、实验条件]

1. 信号与系统试验箱一台
2. 40MHz 双踪示波器一台

[五、实验内容和过程]

- 1、用示波器测量指数信号波形，并分析其所对应的 a 、 k 参数。具体步骤如下：
 - (1) 接通电源，并按下“信号的分类与观察”模块电源开关 S8。
 - (2) 按下此模块中的按键“指数波”，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应

的频率 f 以及 a 、 k 参数。

(3) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化，分析其对应频率的变化，并分析此时的参数 a 的变化。(注：复位后输出的信号频率最大，只有当按下“频率降”时，按“频率升”键波形才会变化。以下波形的输出与此类似。)

2、利用示波器观察正弦信号的波形，并测量分析其对应的振幅 K ，角频率 ω 。具体步骤如下：

(1) 按下此模块中的按键“正弦波”，用示波器观察输出的正弦信号，并分析其对应的频率(注：如果前一次波形频率有下降，则此时波形的频率不是最大值，而也会下降。以下波形的输出与此类似。)

(2) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化，记录此时的振幅 K ，角频率 ω 。

3、指数衰减正弦信号观察(正频率信号)。具体步骤如下：

(1) 按下此模块中的按键“指数衰减”，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应的频率。

(2) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化。

4、抽样信号的观察：具体操作如下：

(1) 按下此模块中的按键“ $Sa(t)$ ”，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应的频率。

(2) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化。

5、钟形信号的观察：

(1) 按下此模块中的按键“高斯”，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应的频率。

(2) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化，并分析且测量对应频率的变化及相应的参数 τ 。

6、脉冲信号的观察：

(1) 按下此模块中的按键“脉冲”，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应的频率。

(2) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化和特点，并分析且测量对应频率的变化。

7、方波、三角波、锯齿波信号的观察：

(1) 按下此模块中的相应信号的按键，用示波器观察输出的指数信号，并分析其对应

的频率。

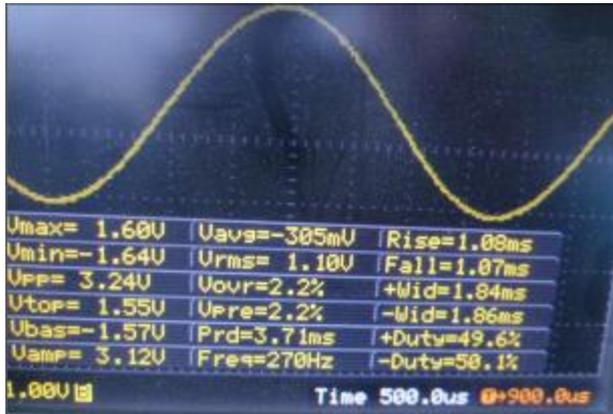
(2) 再按一下“频率降”或“频率升”键，观察波形的变化和特点，并分析且测量对应频率的变化。

[六、实验结果]

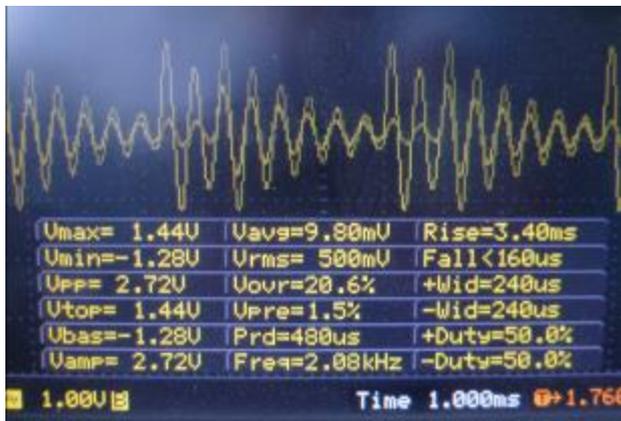
1. 指数信号



2. 正弦信号



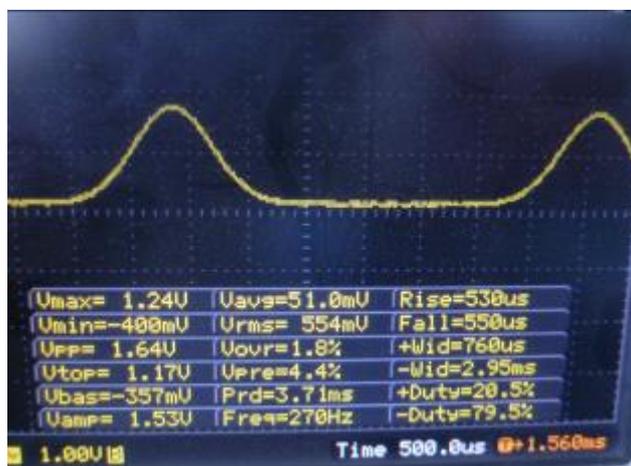
3. 指数衰减信号



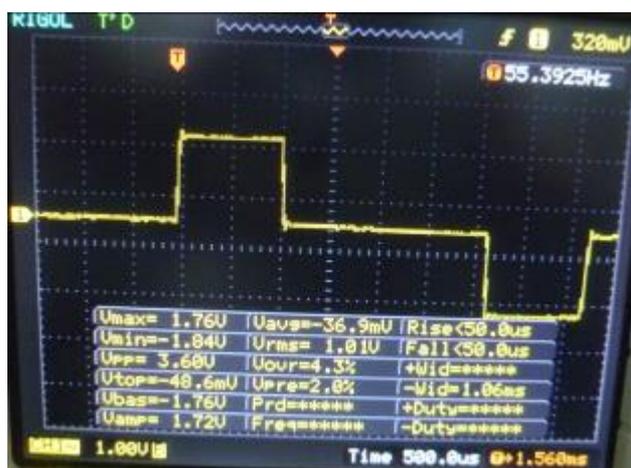
4. 抽样信号



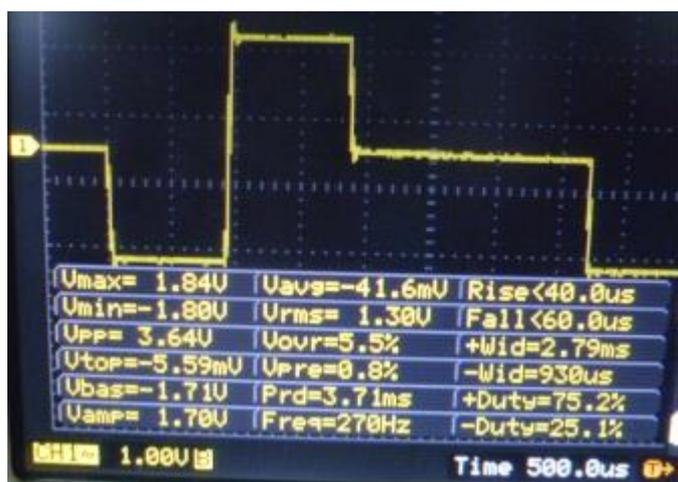
5. 钟形信号



6. 脉冲信号



7. 方波信号



[七、实验结果分析、讨论]

大部分波形符合标准，部分波形有杂波，示波器测试前应该进行校准或因干扰引起。

[八、实验结论]

- 1.做实验的时候，不能人云亦云，要有自己的主见，在实验过程中，应该尽量减少操作的盲目性来提高实验效率；
- 2.通过实验增加了对本课程学习的兴趣。

《信号与系统》课程实验报告（二）

[一、实验名称]

阶跃响应与冲激响应

[二、实验目的]

- 1、观察和测量 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应的波形和有关参数，并研究其电路元件参数变化对响应状态的影响；
- 2、掌握有关信号时域的测量分析方法。

[三、实验原理]

以单位冲激信号 $\delta(t)$ 作为激励，LTI 连续系统产生的零状态响应称为单位冲激响应，简称冲激响应，记为 $h(t)$ 。冲激响应示意图如图 2-1：

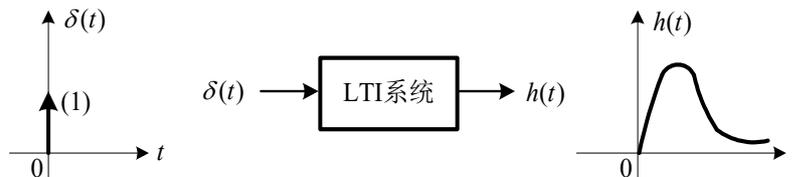


图 2-1 冲激响应示意图

以单位阶跃信号 $u(t)$ 作为激励，LTI 连续系统产生的零状态响应称为单位阶跃响应，简称阶跃响应，记为 $g(t)$ 。阶跃响应示意图如图 2-2：



图 2-2 阶跃响应示意图

阶跃激励与阶跃响应的关系简单地表示为：

$$g(t) = H[u(t)] \quad \text{或者} \quad u(t) \rightarrow g(t)$$

如图 2-3 所示为 RLC 串联电路的阶跃响应与冲激响应实验电路图，其响应有以下三种状态：

- 1、当电阻 $R > 2\sqrt{\quad}$ 时，称过阻尼状态；
- 2、当电阻 $R = 2\sqrt{\quad}$ 时，称临界状态；

3、当电阻 $R < 2\sqrt{\quad}$ 时，称欠阻尼状态。

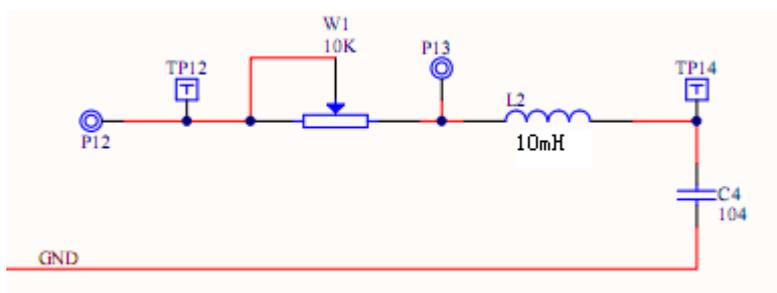


图 2-3(a) 阶跃响应电路连接示意图

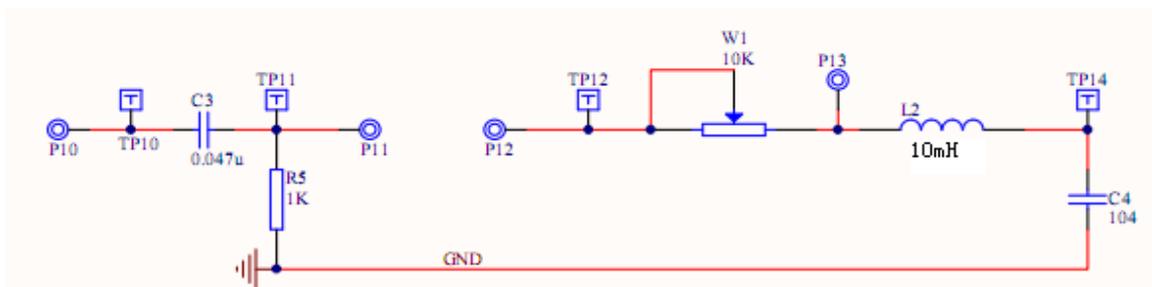


图 2-3(b) 冲激响应电路连接示意图

冲激信号是阶跃信号的导数，即 $g(t) = \int_0^t h(\tau) d\tau$ ，所以对线性时不变电路冲激响应也是阶跃响应的导数。为了便于用示波器观察响应波形，实验中用周期方波代替阶跃信号。而用周期方波通过微分电路后得到的尖顶脉冲代替冲激信号。

[四、实验条件]

- | | |
|----------------|-----|
| 1、信号源及频率计模块 S2 | 1 块 |
| 2、模块一 S5 | 1 块 |
| 3、数字万用表 | 1 台 |
| 4、双踪示波器 | 1 台 |

[五、实验内容和过程]

1、阶跃响应实验波形观察与参数测量

设激励信号为方波，频率为 500Hz。

实验电路连接图如图 2-3 (a) 所示。

① 调整激励信号源为方波（即从 S2 模块中的 P2 端口引出方波信号）；调节频率调节旋钮 ROL1，使频率计示数 $f=500\text{Hz}$ 。

② 连接 S2 模块的方波信号输出端 P2 至 S5 模块中的 P12。

③示波器 CH1 接于 TP14，调整 W1，使电路分别工作于欠阻尼、临界和过阻尼三种状态，观察各种状态下的输出波形，用万用表测量与波形对应的 P12 和 P13 两点间的电阻值（测量时应断开电源），并将实验数据填入表格 2-1 中。

④TP12 为输入信号波形的测量点，可把示波器的 CH2 接于 TP12 上，便于波形比较。

2、冲激响应的波形观察

冲激信号是由阶跃信号经过微分电路而得到。

实验电路如图 2-3（b）所示。

①将信号输入接于 P10。（输入信号频率与幅度不变）；

②将示波器的 CH1 接于 TP11，观察经微分后响应波形（等效为冲激激励信号）；

③连接 P11 与 P12。

④将示波器的 CH2 接于 TP14，调整 W1，使电路分别工作于欠阻尼、临界和过阻尼三种状态。

⑤观察电路处于以上三种状态时激励信号与响应信号的波形，并填于表 2-2 中。

[六、实验结果]

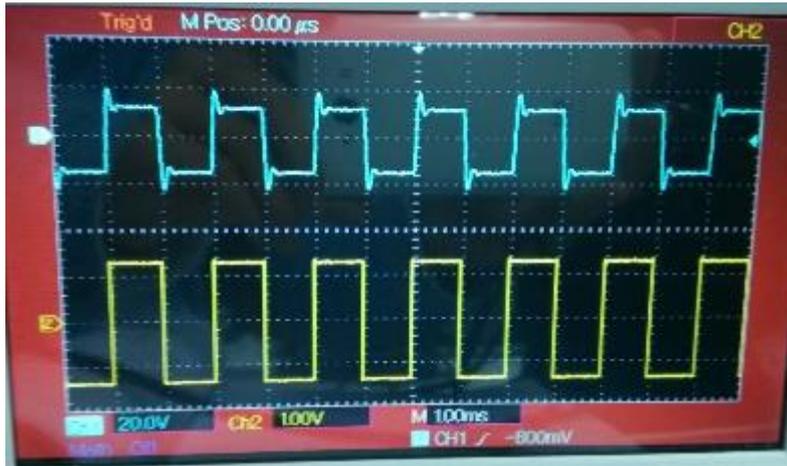
1.阶跃响应实验波形

1) 欠阻尼状态

$R=0.298K\Omega$

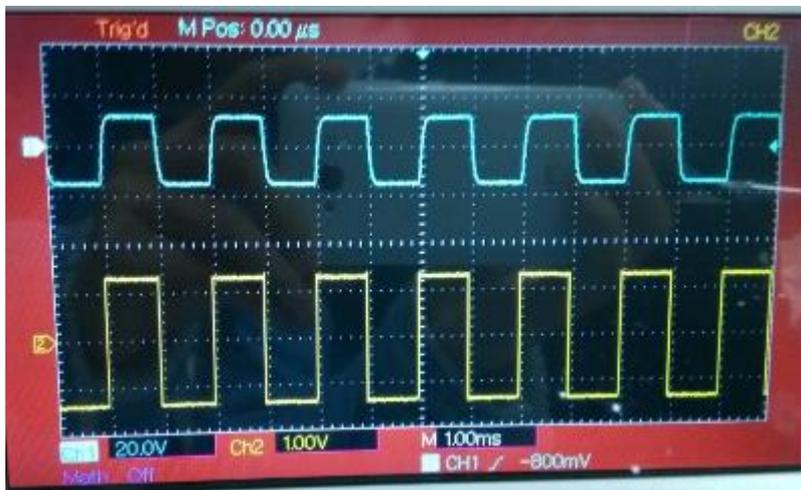


$R=1.216K\Omega$



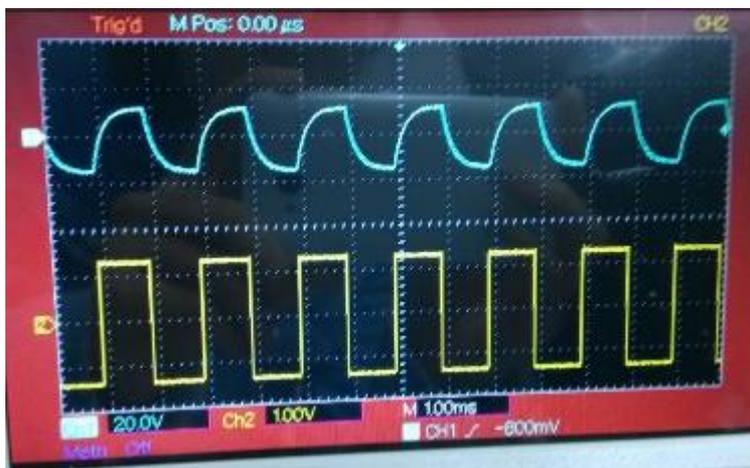
2) 临界状态

$R=2.23K\Omega$

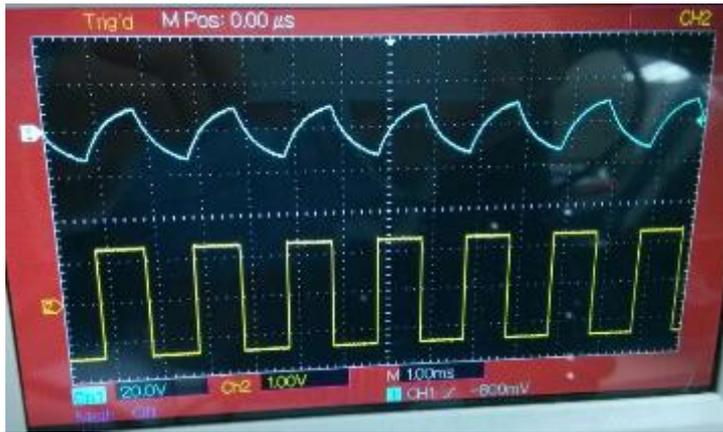


3) 过阻尼状态

$R=3.20K\Omega$



$R=4.75K\Omega$



注：描绘波形要使三种状态的 X 轴坐标（扫描时间）一致。

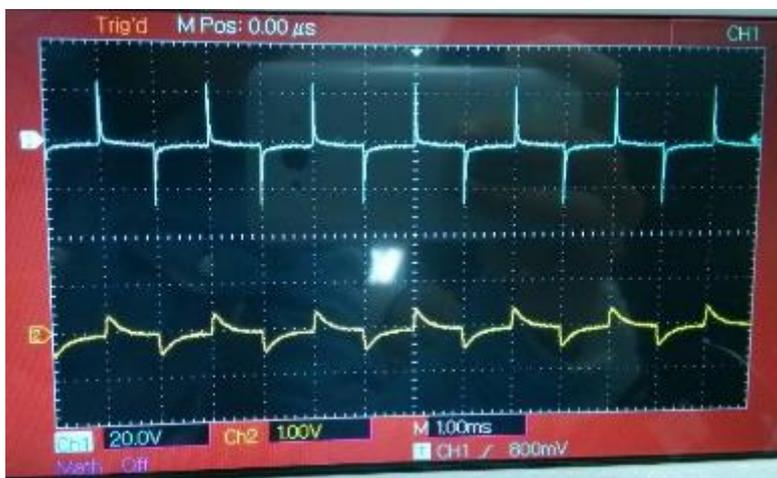
2.冲击响应实验波形

1) 欠阻尼状态

$$R=164.5\Omega$$

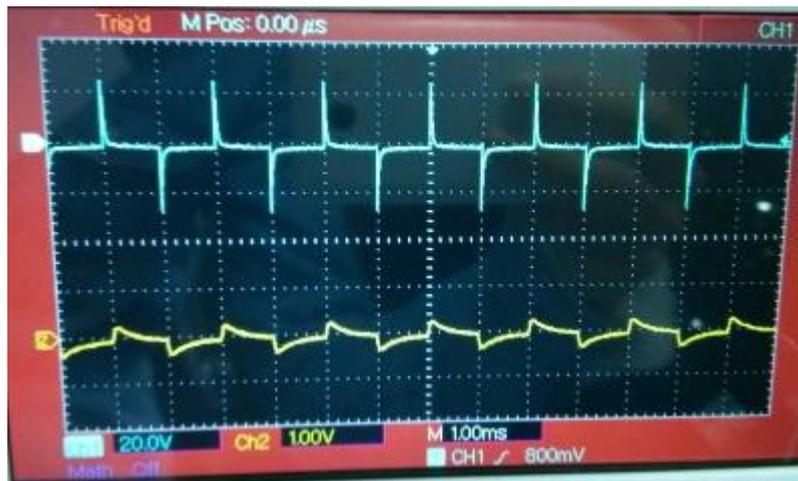


$$R=534\Omega$$



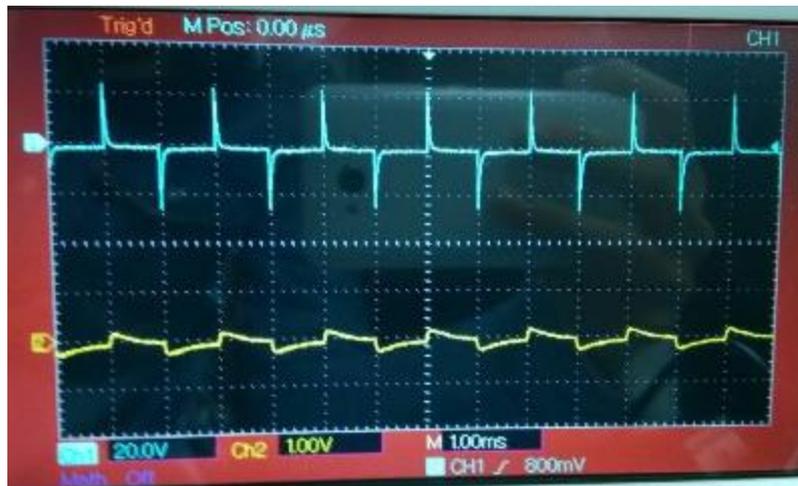
2) 临界状态

R=1.974K Ω



3) 过阻尼状态

R=3.36K Ω



R=4.18K Ω



表中的激励信号波形为测量点 TP11 处观测到的波形（冲激激励信号）。响应信号波形为 TP14 处观察到的波形。

[七、实验结果分析、讨论]

理论值与实际值得比较

理论值：	通过测量得电容	$C=0.104\mu\text{F}$
	已知	$L=10\text{mH}$
	有公式	$R = 2 \sqrt{\quad}$
	得	$R=620$

实际值： $R=592$

[八、实验结论]

从该实验中，让我懂得了示波器的用法，把理论与实践结合起来，更加熟悉掌握有关信号时域的测量方法。零输入响应,没有外加激励信号的作用，只由起始状态（起始时刻系统储能）所产生的响应。零状态响应,不考虑原始时刻系统储能的作用（起始状态等于零），由系统的外加激励信号产生的响应。阶跃响应，系统在单位阶跃信号作用下的零状态响应，称为单位阶跃响应，简称阶跃响应。冲激响应单位冲激信号作用下，系统的响应为冲激响应。

《信号与系统》课程实验报告（三）

[一、实验名称]

连续时间系统的模拟

[二、实验目的]

- 1、了解基本运算器——加法器、标量乘法器和积分器的电路结构和运算功能；
- 2、掌握用基本运算单元模拟连续时间系统的方法。

[三、实验原理]

1. 线性系统的模拟

系统的模拟就是用由基本运算单元组成的模拟装置来模拟实际的系统。这些实际系统可以是电的或非电的物理量系统，也可以是社会、经济和军事等非物理量系统。模拟装置可以与实际系统的内容完全不同，但是两者的微分方程完全相同，输入、输出关系即传输函数也完全相同。模拟装置的激励和响应是电物理量，而实际系统的激励和响应不一定是电物理量，但它们之间的关系是一一对应的。所以，可以通过对模拟装置的研究来分析实际系统，最终达到一定条件下确定最佳参数目的。

2. 三种基本运算电路

(1) 比例放大器，如图 3-1。

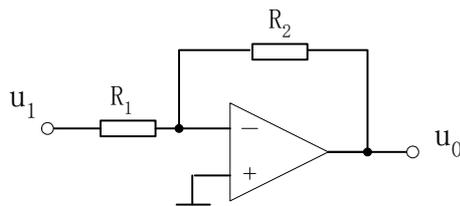


图 3-1 比例放大器电路连接示意图

$$u_0 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot u_1$$

(2) 加法器，如图 3-2。

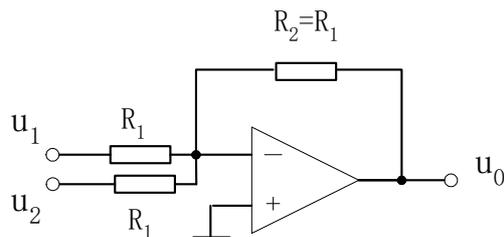


图 3-2 加法器电路连接示意图

$$u_0 = -\frac{R_2}{R_1} (u_1 + u_2) = - (u_1 + u_2) \quad (R_1 = R_2)$$

(3) 积分器，如图 3-3。

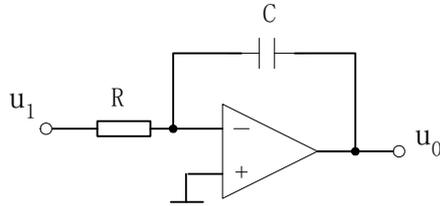


图 3-3 积分器电路连接示意图

$$u_0 = -\frac{1}{RC} \int u_1 dt$$

3. 一阶系统的模拟

图 3-4 (a)。它是最简单 RC 电路，设流过 R · C 的电流为 i(t)：

则有 $x(t) - y(t) = Ri(t)$

根据容 C 上电压与电流关系 $i(t) = c \frac{dy(t)}{dt}$

因此 $x(t) - y(t) = RC \frac{dy(t)}{dt}$

上式亦可写成 $\frac{dy(t)}{dt} + \frac{1}{RC} y(t) - \frac{1}{RC} x(t) = 0$

这是最典型的一阶微分方程。由于图 3-4 (a) 的 RC 电路输入与输出信号之间关系可用一阶微方程来描述，故常称为一阶 RC 电路。

上述典型的微分方程我们可以改变形式，写成如下表示式：

$$\dots \frac{1}{RC} x(t) - \dots \frac{1}{RC} y(t) - \frac{1}{RC} \frac{dy(t)}{dt} = 0$$

$$y(t) - x(t) = -RC \frac{dy(t)}{dt} \quad \dots \dots \dots (2) \text{ 式}$$

(1) 式是和 (2) 式的数学关系正好用图 3-4 的 (b)、(c) 表示，图 (b) 和图 (c) 在数学关系上是等效的。

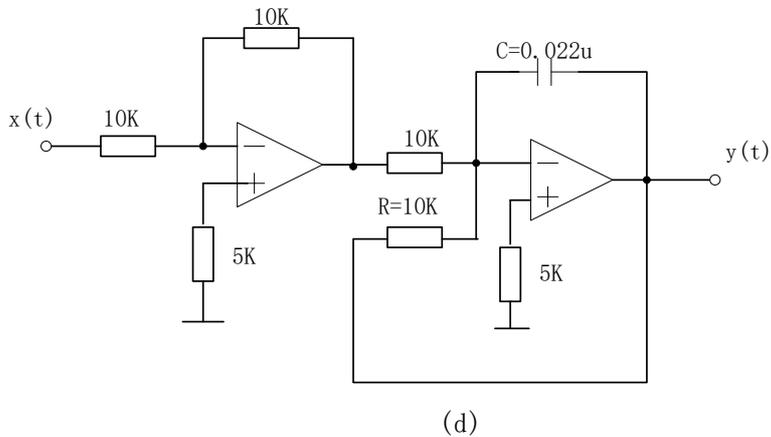
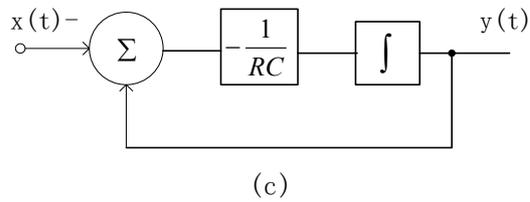
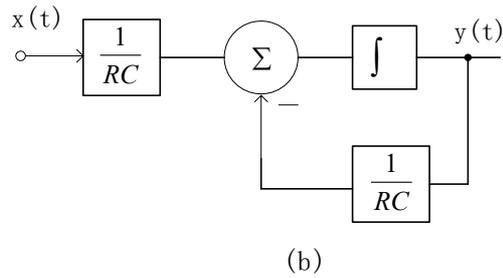
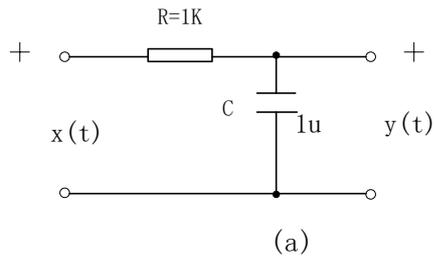


图 3-4 一阶系统的模拟

[四、实验条件]

1. 信号与系统试验箱一台
2. 40MHz 双踪示波器一台

[五、实验内容和过程]

在实验基本运算单元与连续系统的模拟模块中，有两个运算放大器。分别通过三个插孔与其输入输出端相连。

进行实验时，可根据需要选择不同阻值的电阻。实验模块上有 4 个电阻、6 个精

密电位器可供选择。电位器的阻值根据需要进行调节。

(一)、基本运算器——加法器的观测

同学们自己动手连接如图 3-6 所示实验电路。

1、开关设置和电路连接：

P702--P914--P101。

J702：“正弦”， K701：“函数”，

S702：使频率为：1KHz，调 W701 输出幅度为：1V。

P915 和 P702 分别与 u_1 和 u_2 端相连，调节 W902 可改变 P915 输出信号的幅度。

用示波器观测 u_0 端信号幅度。是否为两输入信号幅度之和。

(二)、基本运算器——比例放大器的观测

同学们自己动手连接如图 3-7 所示实验电路

1、开关设置和电路连接：

(1)、P702--P101；

(2)、J702：“脉冲”、K701：“脉冲”；

(3)、S702：使频率为：1KHz、调 W701 使输出为：1V；

(4)、将信号源产生的脉冲信号送入输入端 u_i ，示波器同时观察输入、出波形并比较。

(三)、基本运算器——积分器的观测

同学们自己动手连接如图 3—8 所示实验电路。

1、开关设置和电路连接：同上

(1)、信号发生器产生幅度为 1V，频率 $f=1\text{KHz}$ 的方波送入输入端，示波器同时观察输入、输出波形并比较。

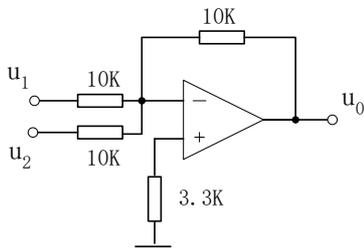


图 3—6 加法器实验电路图

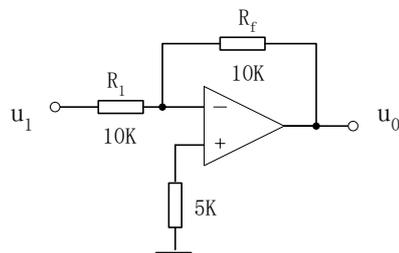


图 3—7 比例放大器实验电路图

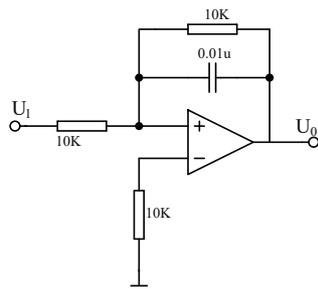


图 3—8 积分器实验电路图

(四) 一阶 RC 电路的模拟

如图 3-4 (a) 为已知的一阶 RC 电路。图 3-4 (d) 是它的一阶模拟电路。

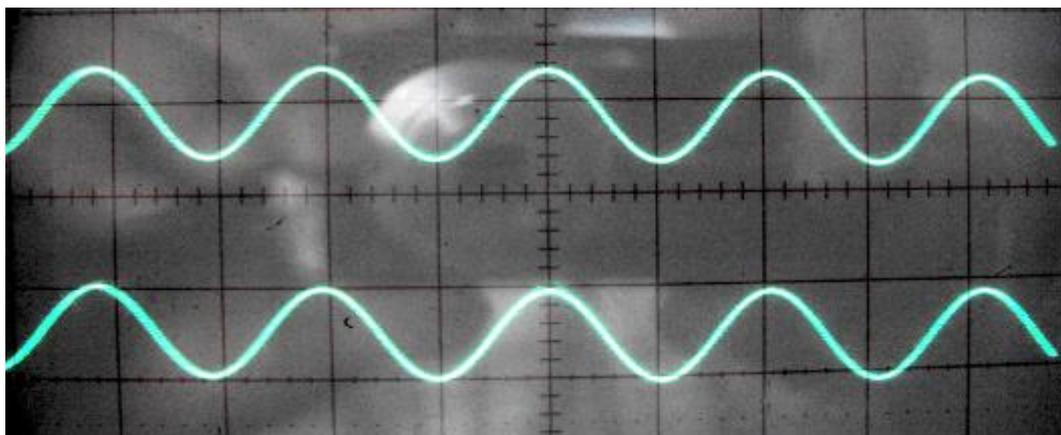
同学们自己动手连接如图 3-4 (d) 所示实验电路。

信号发生器产生幅度为 1V，频率 $f=1\text{KHz}$ 的方波送一阶模拟电路输入端，用示波器观测输出电压波形，验证其模拟情况。

[六、实验结果]

(一) 基本运算器——加法器的观察

1、加法器输入信号波形



加法器输入信号：U1、U2 1KHZ 1V

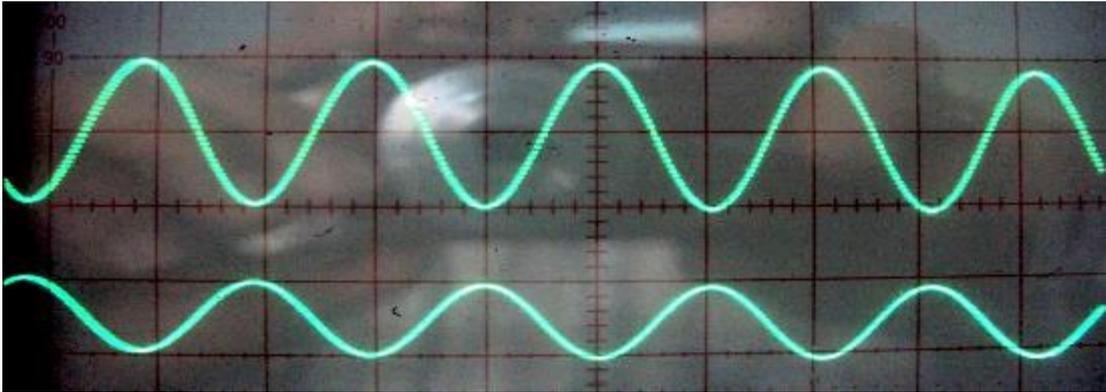
2、加法器的输入、出波形

(1) U1、U2 1KHZ 1V

(2) P702—P914—P101 J702: 正弦 K701: 函数

(3) P915—U1 P702—U2

(4) 示波器观察：U0 波形和周期



上图 输出信号 U0 峰-峰值： 2V 周期： 2MS

下图 输入信号 U1 峰-峰值： 1V 周期： 2MS

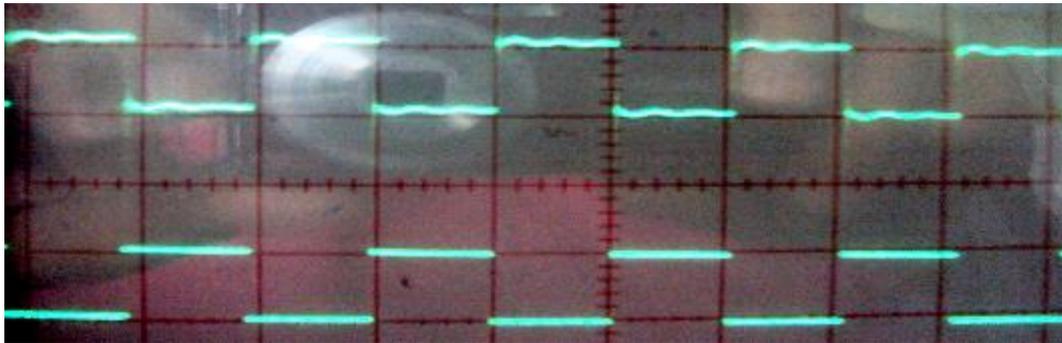
3、比例放大器的输入、出波形

(1) U1 、 U2： 1KHZ 1V

(2) P702—P914、 P101 J702:脉冲 K701:脉冲

(3) P915—U1

(4) 示波器观察： 比较 U1 和 U0 的 波形及周期



上图 输出信号 U0 峰-峰值： 1V 周期： 2MS

下图 输入信号 U1 峰-峰值： 1V 周期： 2MS

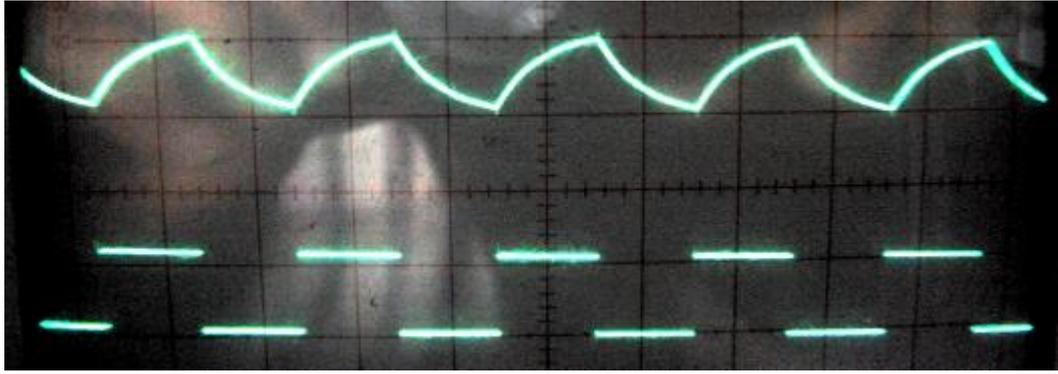
4、积分器的输入、出波形

(1) U1 、 U2： 1KHZ 1V

(2) P702— U1--P914--P101 J702:脉冲 K701:脉冲

(3) P915—U1

(4) 示波器观察： 比较 U1 和 U0 的 波形及周期



上图 输出信号 U_0 峰-峰值: 1V 周期: 2MS

下图 输入信号 U_1 峰-峰值: 0.6V 周期: 2MS

注: 当输出出现震荡时 (峰值可达到 18V), 调节 R_1 为 3.5k 时才可出现正常的输出图形

[七、实验结果分析、讨论]

1. 如反相积分器的积分时间常数与 RC 电路中的 RC 值不相等, 应如何处理?

答: 添加标量乘法器使之相等。

[八、实验结论]

两个正弦波相加为幅值变大的正弦波; 矩形波放大仍为矩形波; 矩形脉冲信号积分近似为锯齿波。

《信号与系统》课程实验报告（四）

[一、实验名称]

有源无源滤波器

[二、实验目的]

- 1、了解 RC 无源和有源滤波器的种类、基本结构及特性；
- 2、分析和对比无源和有源滤波器的滤波特性。

[三、实验原理]

1、滤波器是对输入信号的频率具有选择性的一个二端口网络，它允许某些频率（通常是某个频带范围）的信号通过，而其它频率的信号受到衰减或抑制，这些网络可以由 RLC 元件或 RC 元件构成的无源滤波器，也可以由 RC 元件和有源器件构成的有源滤波器。

2、根据幅频特性所表示的通过或阻止信号频率范围的不同，滤波器可分为低通滤波器（LPF）、高通滤波器（HPF）、带通滤波器（BPF）和带阻滤波器（BEF）四种。把能够通过的信号频率范围定义为通带，把阻止通过或衰减的信号频率范围定义为阻带。而通带与阻带的分界点的频率 ω_c 称为截止频率或称为转折频率。图 4-1 中的 $|H(j\omega)|$ 为通带的电压放大倍数。 ω_0 为中心频率， ω_{cL} ω_{cH} 分别为低端和高端截止频率。两种滤波器的实验线路图如图 4-2 所示。

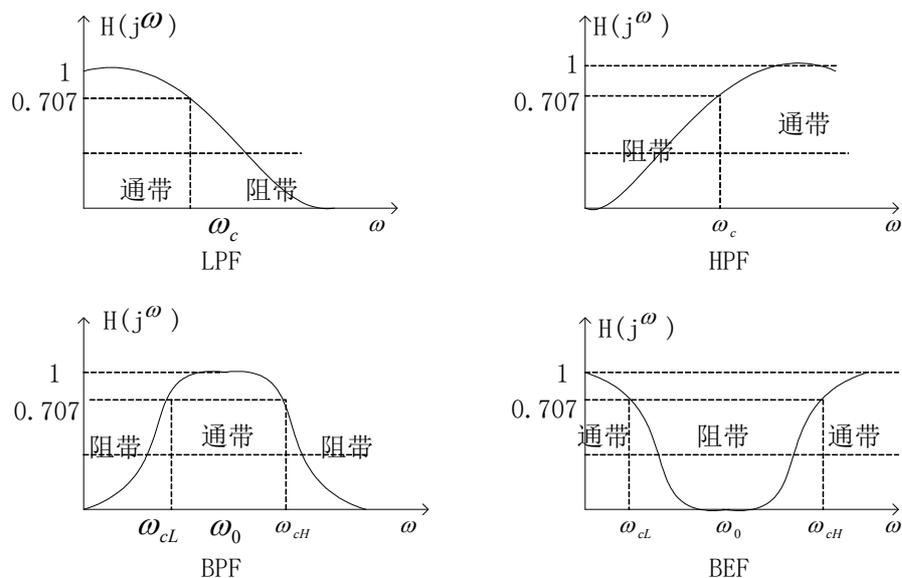
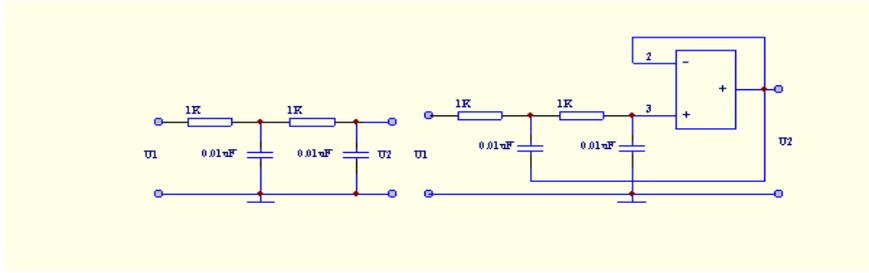


图 4-1 四种滤波器的幅频特性图



图

4-2-1

有源无源低通滤波器

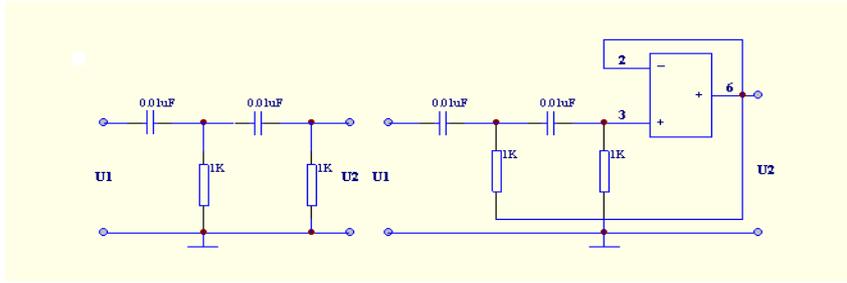


图 4-2-2 有源无源高通滤波器

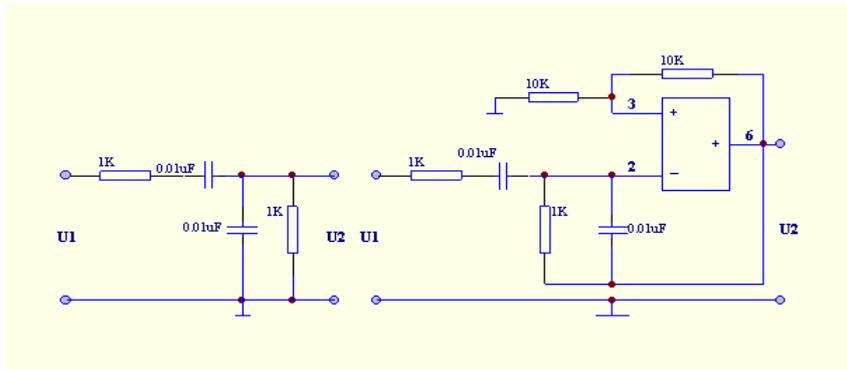


图 4-2-3 有源无源带通滤波器

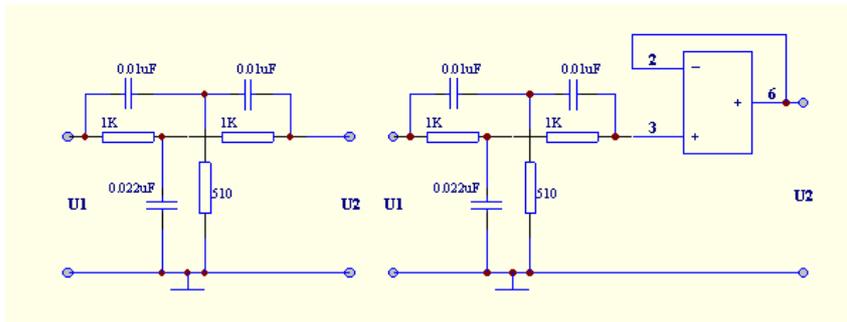


图 4-2-4 有源无源带阻滤波器

3、图 4-3 所示，滤波器的频率特性 $H(j\omega)$ (又称传递函数)，它用下式表示

$$H(j\omega) = \frac{\dot{u}_1}{\dot{u}_2} = A(\omega) \angle \theta(\omega) \quad \text{式中 } A(\omega) \text{ 为滤波器的幅频特性, } \theta(\omega) \text{ 为滤波器的相频特性。}$$

它们都可以通过实验的方法来测量。

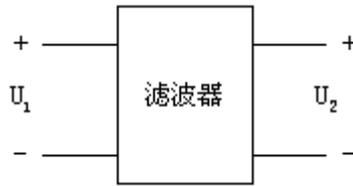


图 4-3 滤波器模型

[四、实验条件]

1. 信号与系统试验箱一台
2. 40MHz 双踪示波器一台

[五、实验内容和过程]

- 1、滤波器的输入端接正弦信号发生器，滤波器的输出端接示波器
- 2、测试无源和有源低通滤波器的幅频特性
- 3、实验时，必须在保持正弦信号输入电压 (U_1) 幅值不变的情况下，逐渐改变其频率，用实验箱提供的数字式真有效值交流电压表 ($10\text{Hz} < f < 1\text{MHz}$)，测量 RC 滤波器输出端电压 U_2 的幅值，并把所测的数据记录表一。注意每当改变信号源频率时，都必须观测一下输入信号 U_1 使之保持不变。实验时应接入双踪示波器，分别观测输入 U_1 和输出 U_2 的波形（注意：在整个实验过程中应保持 U_1 恒定不变）。

1) 测试 RC 无源低通滤波器的幅频特性

用图 4-2-1 (a) 所示的电路，测试 RC 无源低通滤波器的特性。

2) 测试 RC 有源低通滤波器的幅频特性

实验电路如图 4-2-1 (b) 所示。取 $R=1\text{K}$ 、 $C=0.01 \mu\text{F}$ 、 $K=1$ 。测试方法用 (1) 中相同的方法进行实验操作，并将实验数据记入表二中。

- 4、分别测试无源、有源 HPF 的幅频特性。

[六、实验结果]

1. 无源低通滤波器： $\omega_c=5.650\text{k}$

F (Hz)	300	500	3k	4k	5.6k	6k	7k	60k	80k	100k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	10	9.8	9	8.4	0.707	0.7	0.62	0.45	0.24	0.12

2. 无源高通滤波器： $\omega_c=22\text{k}$

F (Hz)	500	1k	2k	18k	20k	22k	24k	26k	60k	80k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	0.036	0.068	0.71	3.76	4.16	4.32	4.48	4.8	6.24	6.24

3. 无源带通滤波器: $W_{cl}=4.6k$, $W_{ch}=41.3k$

F (Hz)	500	3k	4.6k	7k	10k	14k	28k	41.3k	60k	100k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	0.8	1.64	2.24	2.68	3.04	3.2	2.8	2.24	1.6	0.92

4. 无源带阻滤波器: $W_{cl}=3.62k$, $W_{ch}=69k$

F (Hz)	500	2k	3.6k	16k	29k	42k	55k	69k	90k	110k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	10	8.4	7.0	0.28	3.4	5.12	6.4	7.0	8	9.6

5. 有源低通滤波器: $W_c=10k$

F (Hz)	40	800	6k	8k	10k	12k	14k	40k	60k	80k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	10	9.2	9.0	8	7.00	6.4	5.6	1.38	0.6	0.3

6. 有源高通滤波器: $W_c=24.75k$

F (Hz)	500	800	20k	22k	24.7k	27k	29k	60k	80k	100k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	0.042	0.058	6.2	6.6	7.00	7.4	7.6	9.2	9.4	9.6

7. 有源带通滤波器: $W_{cl}=7.5$, $W_{ch}=27k$

F (Hz)	500	1k	7.5k	10k	13k	20k	27k	60k	100k	120k
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	0.64	1.3	14	15.6	19.8	18.2	14	5.4	3.4	0.9

8. 有源带阻滤波器: $W_{cl}=6.0k$, $W_{ch}=36.7k$

F (Hz)	500	1k	6k	14k	22k	30k	36.7k	60k	80	100
U_1 (V)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U_2 (V)	10	10	7.00	0.64	3.7	6	7.08	8.4	9.00	9.2

[七、实验结果分析、讨论]

各类有源无源滤波器滤波特性:

1. 无源低通滤波器: 它允许信号中的低频或直流分量通过, 抑制高频分量或干扰和噪声。
2. 无源高通滤波器: 它允许信号中的高频分量通过, 抑制低频或直流分量。
3. 无源带通滤波器: 它允许一定频段的信号通过, 抑制低于或高于该频段的信号、干扰和噪声;

4. 无源带阻滤波器: 它抑制一定频段内的信号, 允许该频段以外的信号通过。
5. 有源低通滤波器: 与无源低通滤波器滤波特性一样, 但通频带相对较窄。
6. 有源高通滤波器: 与无源高通滤波器滤波特性一样, 但通频带相对较窄。
7. 有源带通滤波器: 与无源带通滤波器滤波特性一样, 但通频带相对较窄。
8. 有源带阻滤波器: 与无源带阻滤波器滤波特性一样, 但通频带相对较宽。

[八、实验结论]

此次课程实践, 加深了解了 RC 有源和无源滤波器的种类, 结构及其特性, 对滤波器的认识更加深了一步。更认识到非常重要也是对自己未来非常有用的一点: 实践出真知。

《信号与系统》课程实验报告（五）

[一、实验名称]

信号的分解与合成

[二、实验目的]

- 1、用同时分析法观测 50Hz 非正弦周期信号的频谱，并与傅立叶级数各项的频率与系数作比较；
- 2、观测基波和其谐波的合成。

[三、实验原理]

1、一个非正弦周期函数可以用一系列频率成整数倍的正弦函数来表示，其中与非正弦具有相同频率的成分称为基波或一次谐波，其他成分则根据其频率为基波频率的 2、3、4、...、n 等倍数分别称为二次、三次、四次、...、n 次谐波，其幅度将随着谐波次数的增加而减小，直至无穷小。

2、不同频率的谐波可以合成一个非正弦周期波，反过来，一个非正弦周期波也可以分解为无限个不同频率的谐波成分，

3、一个非正弦周期函数可以用傅立叶级数来表示，级数各项系数之间的关系可用一个频谱来表示，不同的非正弦周期函数具有不同的频谱图，方波频谱图如图 5-1 表示，各种不同波形及其傅氏级数表达式见表 5-2。

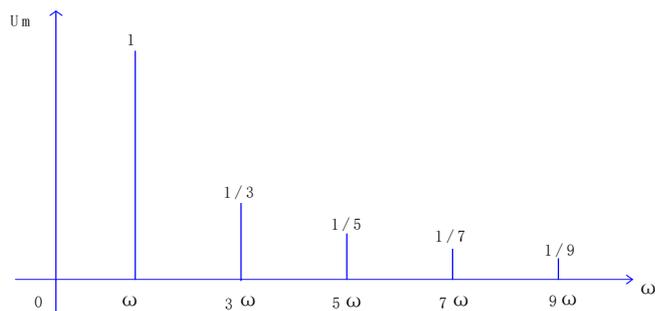
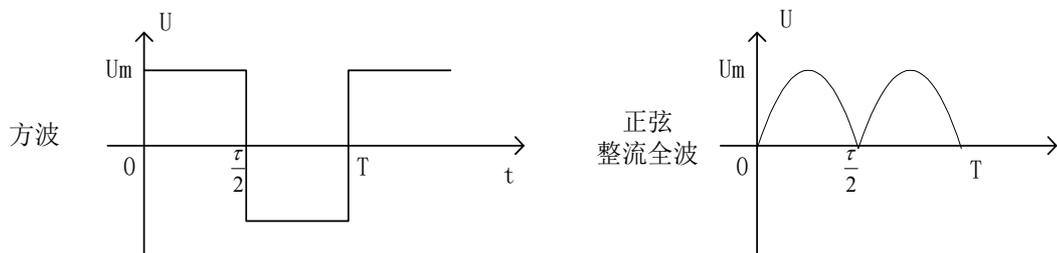


图 5-1 方波频谱图



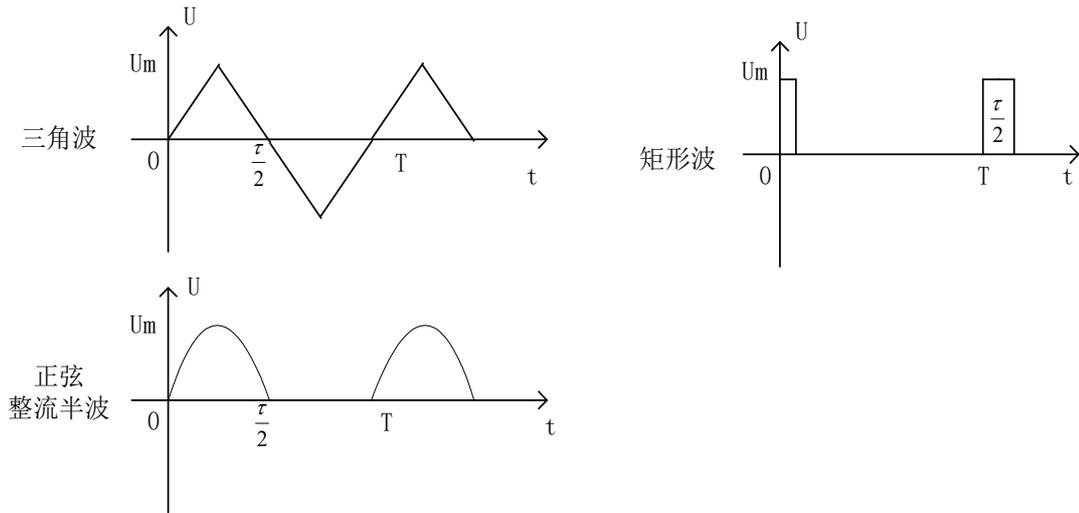


图 5-2 各种信号波形

1、方波
$$u(t) = \frac{4U_m}{\pi} (\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \dots)$$

2、三角波
$$u(t) = \frac{8U_m}{\pi^2} (\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t + \dots)$$

3、半波
$$u(t) = \frac{2U_m}{\pi} (\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \sin \omega t - \frac{1}{3} \cos 2\omega t - \frac{1}{15} \cos 4\omega t + \dots)$$

4、全波
$$u(t) = \frac{4U_m}{\pi} (\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \cos 2\omega t - \frac{1}{15} \cos 4\omega t - \frac{1}{35} \cos 6\omega t + \dots)$$

5、矩形波

$$u(t) = \frac{\tau U_m}{T} + \frac{2U_m}{\pi} (\sin \frac{\tau\pi}{T} \cos \omega t + \frac{1}{2} \sin \frac{2\tau\pi}{T} \cos 2\omega t + \frac{1}{3} \sin \frac{3\tau\pi}{T} \cos 3\omega t + \dots)$$

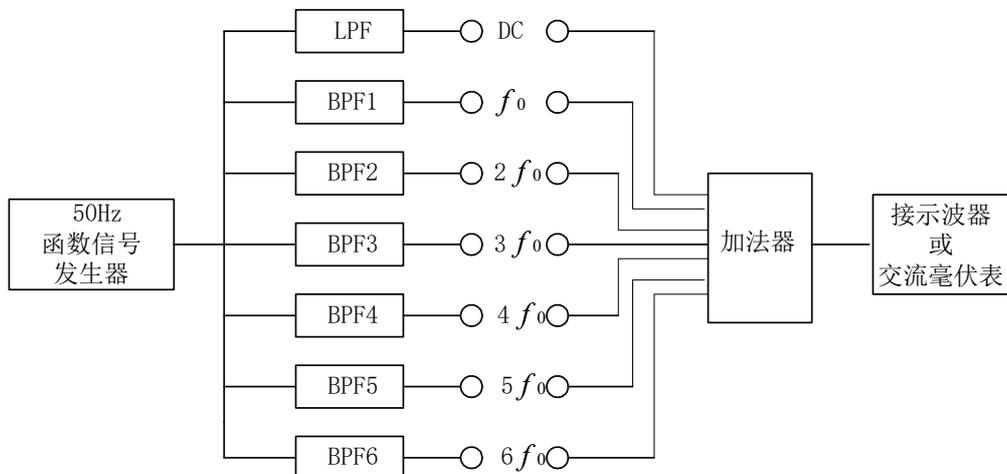


图 5-3 信号分解与合成实验装置结构框图

图中 LPF 为低通滤波器，可分解出非正弦周期函数的直流分量。BPF₁-BPF₆ 为调谐在基

波和各次谐波上的带通滤波器，加法器用于信号的合成。

[四、实验条件]

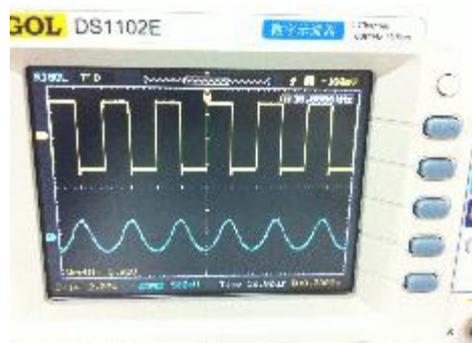
1. 信号与系统试验箱一台
2. 40MHz 双踪示波器一台

[五、实验内容和过程]

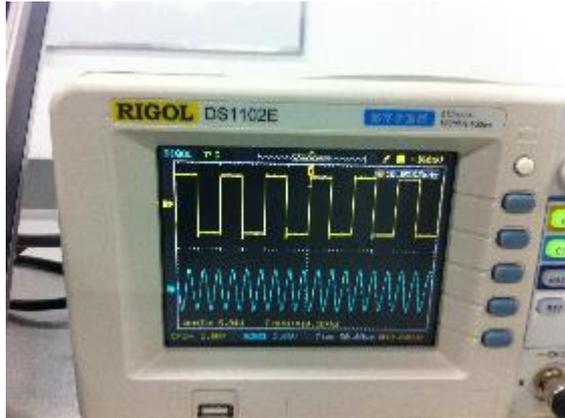
- 1、 调节函数信号发生器，使其输出 50Hz 的方波信号，并将其接至信号分解实验模块 BPF 的输入端，然后细调函数发生器的输出频率，使该模块的基波 50Hz 成分 BPF 的输出幅度为最大。
- 2、 将各带通滤波器的输出分别接至示波器，观测各次谐波的频率和幅值，并列表纪录之。
- 3、 将方波分解所得的基波和三次谐波分量接至加法器的相应输入端，观测加法器的输出波形。
- 4、 在 3 的基础上，再将五次谐波分量加到加法器的输入端，观测相加后的波形，记录之。分别将 50Hz 单 双 相 正 弦 波 半 波、全波、三角波、矩形波（选做）的基波和谐波分量分别接至加法器的相应的输入端，观测求和器的输出波形，并记录之。

[六、实验结果]

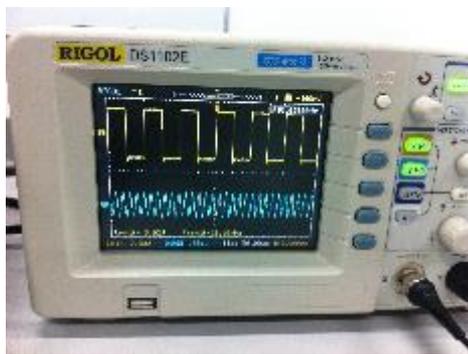
- 1、 模拟信号下的信号分解，分别为基波、三次谐波、五次谐波



基波

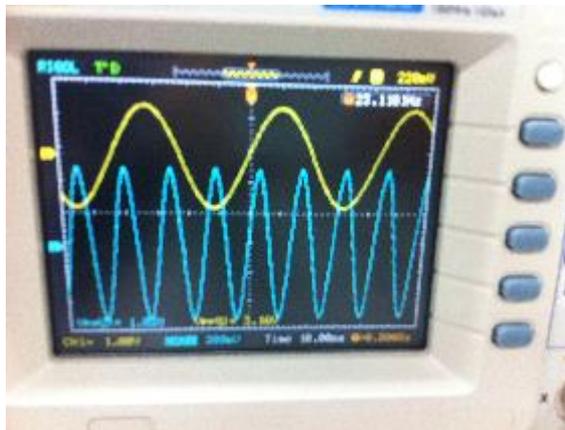


三次谐波

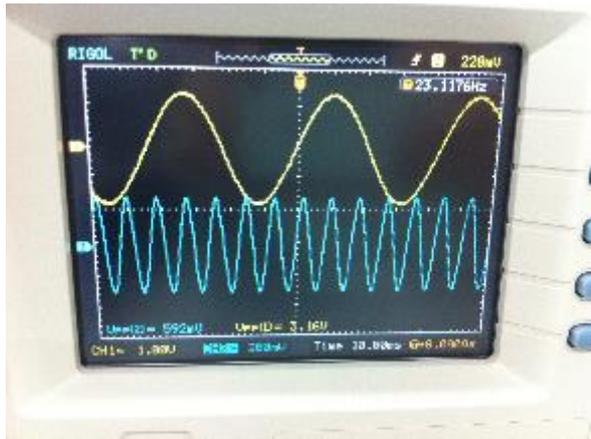


五次谐波

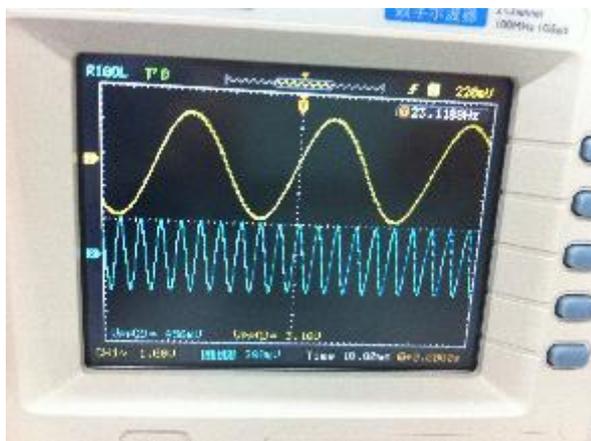
2、数字信号下的信号分解，分别为三次谐波、五次谐波、七次谐波



三次谐波

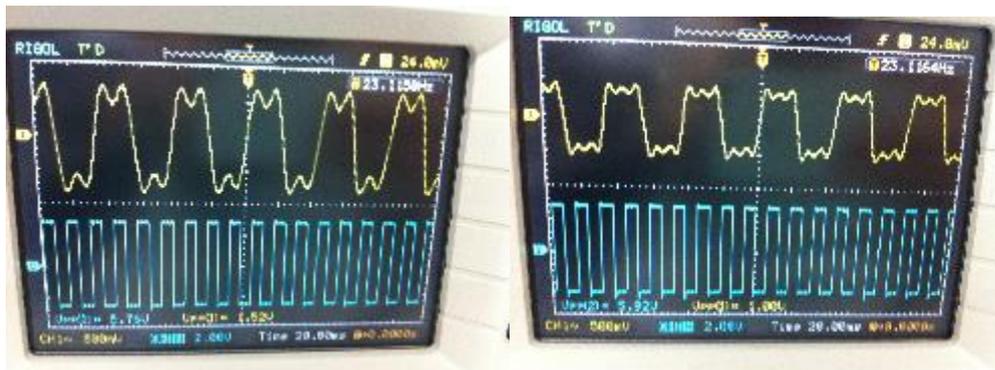


五次谐波

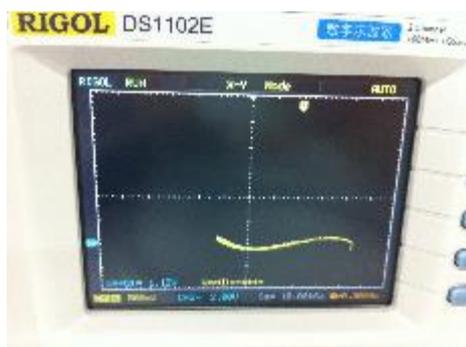


七次谐波

3、基波与三次谐波的合成，基波与三次、五次谐波的合成



4、基波与三次谐波的相位比较的李萨育图



[七、实验结果分析、讨论]

1、什么样的周期性函数没有直流分量和余弦项？

奇函数对应的周期函数没有余弦项。

2、分析理论合成的波形与实验观测到的合成波形之间误差产生的原因。

因为方波可分解为无数多的正弦分量,在实验中进行合成时只对一三五次谐波进行合成,所以尖峰幅度只有轻微减小,当 n 趋近于无穷大时,在间断点处仍有 9% 的偏差,称之为吉布斯现象。

[八、实验结论]

1. 因为这次实验没有好好的进行预习,以至于在刚开始做实验的时候面对实验箱的时候手忙脚乱,以后要吸取教训。
2. 其次在进行实验的过程中,由于对实验的理解错误而显现不出分解的信号。
3. 在显示李萨如图的时候,我们的相位差并不是 0° , 而是 180° , 询问过实验室老师之后,发现实验结果就是这样,这是一个值得探索的现象。

《信号与系统》课程实验报告（六）

[一、实验名称]

无失真传输系统

[二、实验目的]

- 1、了解无失真传输的概念和条件；
- 2、比较无失真传输和失真传输的情况。

[三、实验原理]

1、一般情况下，系统的响应波形和激励波形不相同，信号在传输过程中将产生失真。

线性系统引起的信号失真有两方面：一是系统响应各频率分量的相对幅度产生变化，引起幅度失真。另一是系统响应的各频率分量在时间轴上的相对位置产生变化，引起相位失真。

所谓无失真是指响应信号与激励信号相比，只是大小与出现的时间不同，而无波形上的变化。设激励信号为 $e(t)$ ，响应信号为 $r(t)$ ，无失真传输的条件是

$$r(t) = Ke(t - t_0) \quad (6-1)$$

式中 K 是一常数， t_0 为滞后时间。满足此条件时， $r(t)$ 波形是 $e(t)$ 波形经 t_0 时间的滞后，虽然，幅度方面有系数 K 倍的变化，但波形形状不变。

2、对实现无失真传输，对系统函数 $H(j\omega)$ 应提出怎样的要求？

设 $r(t)$ 与 $e(t)$ 的傅立叶变换式分别为 $R(j\omega)$ 与 $E(j\omega)$ 。借助傅立叶变换的延时定理，从式6-1可以写出 $R(j\omega) = KE(j\omega)e^{-j\omega t_0}$

此外还有 $R(j\omega) = H(j\omega)E(j\omega)$ ，所以，为满足无失真传输应有

$$H(j\omega) = Ke^{-j\omega t_0}$$

欲使信号在通过线性系统时不产生任何失真，必须在信号的全部频带内，要求系统频率响应的幅度特性是一常数，相位特性是一通过原点的直线。

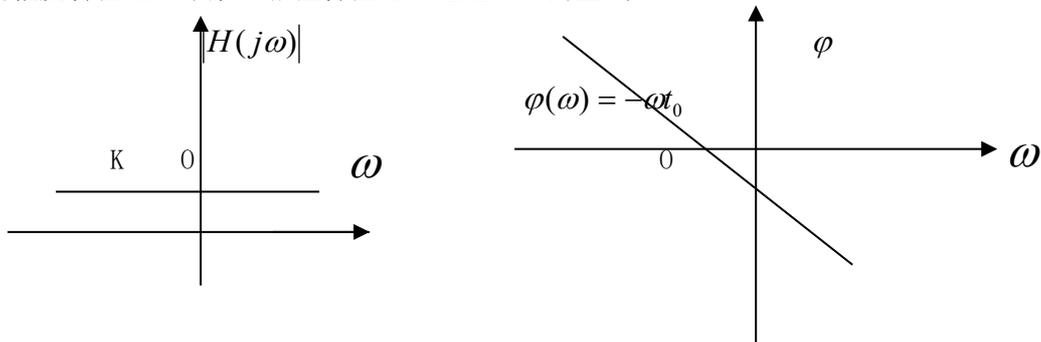


图 6-1 无失真传输系统的幅度和相位特性

3、本实验箱设计的电路图：（采用示波器的衰减电路）

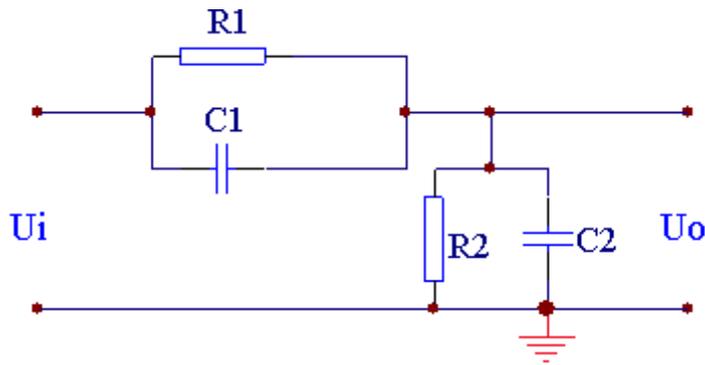


图 6-2 示波器衰减电路

计算如下：

$$H(\Omega) = \frac{U_o(\Omega)}{U_i(\Omega)} = \frac{\frac{R_2}{j\Omega C_2}}{R_2 + \frac{1}{j\Omega C_2}} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\Omega R_2 C_2}}{\frac{R_1}{j\Omega C_1} + \frac{R_2}{j\Omega C_2}} = \frac{\frac{R_2}{1 + j\Omega R_2 C_2}}{R_1 + \frac{1}{j\Omega C_1} + R_2 + \frac{1}{j\Omega C_2}}$$

如果 $R_1 C_1 = R_2 C_2$ ，则 $H(\Omega) = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$ 是常数， $\varphi(\Omega) = 0$ （满足无失真传输条件）

[四、实验条件]

1. 信号与系统试验箱一台
2. 40MHz 双踪示波器一台

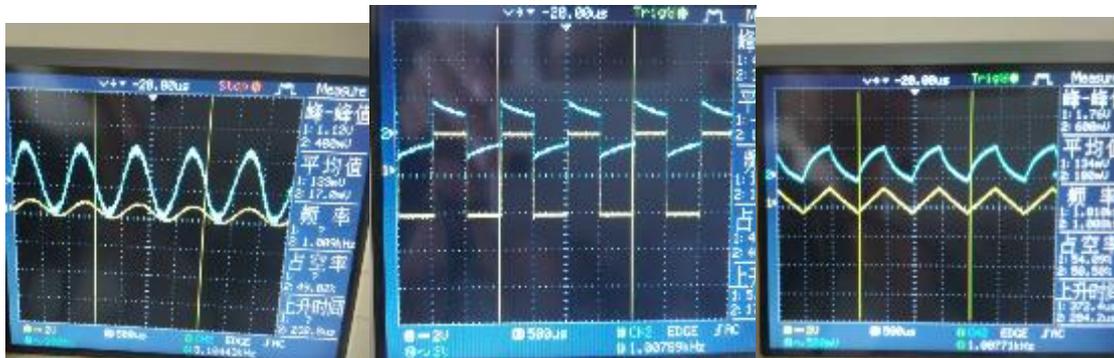
[五、实验内容和过程]

- 1、把系统复域与频域分析模块插在主板上，用导线接通此模块“电源接入”和主板上的电源（看清标识，防止接错，带保护电路），并打开此模块的电源开关。
- 2、打开函数信号发生器的电源开关，使其输出一方波信号，频率为 1K，峰峰值为 5V，将其接入到此实验模块的输入端，用示波器的两个探头观察，一个接入到输入端，一个接入到输出端，以输入信号作输出同步进行观察。
- 3、观察信号是否失真，即信号的形状是否发生了变化，如果发生了变化，可以调节电位器“失真调节”，可调节到输出与输入信号的形状一致，只是信号的幅度发生了变化（一般变为原来的两倍）。
- 4、改变信号源，采用的信号源可以从函数信号发生器引入，也可以从常用信号分类与观察

引入各种信号，重复上述的操作，观察信号的失真和非失真的情况。

[六、实验结果]

1、输入信号正弦、方波、三角波失真条件下的输入输出信号：

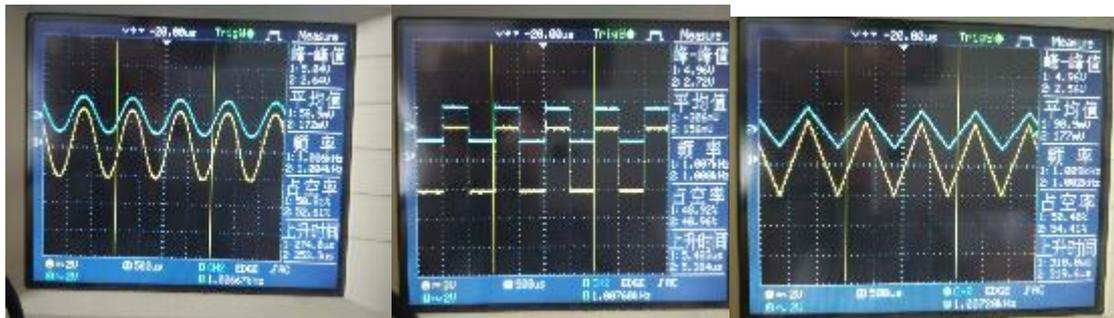


正弦信号

方波信号

三角波信号

2、输入信号正弦、方波、三角波无失真条件下的输入输出信号。



正弦信号

方波信号

三角波信号

[七、实验结果分析、讨论]

比较无失真系统与理想低滤波器的幅频特性和相频特性。

- 1、无失真系统和低通滤波器的低通频段都能对输入信号的幅值进行放大或缩小
- 2、与无失真系统不同，低通滤波器除低通波段外在传输过程中会发生失真现象。
- 3、两者相频特性皆是过原点的一条直线。

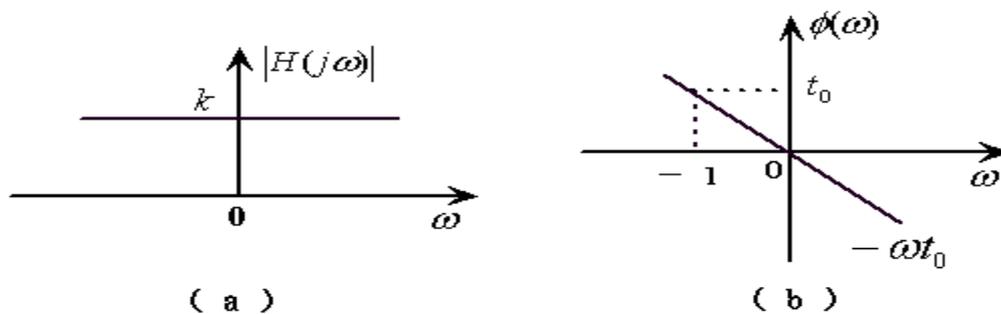


图 4-1 0

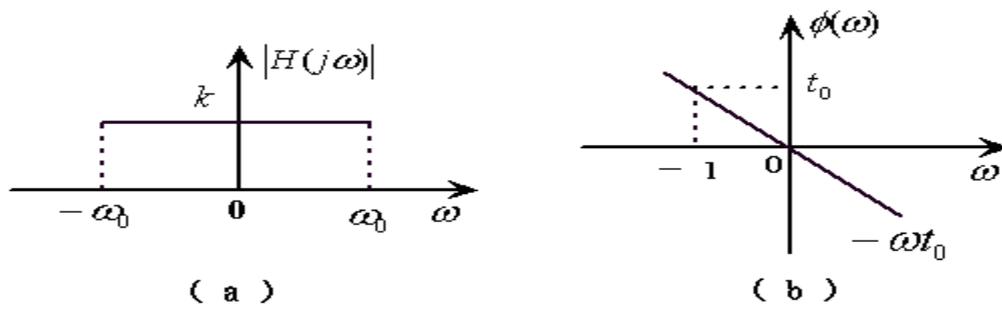


图 4-1 2

[八、实验结论]

从实验结果来看，信号的采样和恢复实验证明了失真有临界点，采样频率大于信号的2倍时，才不会是失真。无失真传出系统，在改变幅度和相频因素时达到无失真传输信号。实验误差来自实验设备和读数误差。

《信号与系统》课程实验报告（七）

[一、实验名称]

抽样定理与信号恢复

[二、实验目的]

- 1、观察离散信号频谱，了解其频谱特点。
- 2、验证抽样定理并恢复原信号。

[三、实验原理]

1、离散信号不仅可从离散信号源获得，而且也可从连续信号抽样获得。抽样信号 $F_s(t) = F(t) \cdot S(t)$ 。

其中 $F(t)$ 为连续信号（例如三角波）， $S(t)$ 是周期为 T_s 的矩形窄脉冲。 T_s 又称抽样间隔， $F_s = \frac{1}{T_s}$ 称抽样频率， $F_s(t)$ 为抽样信号波形。 $F(t)$ 、 $S(t)$ 、 $F_s(t)$ 波形如图 7-

1。

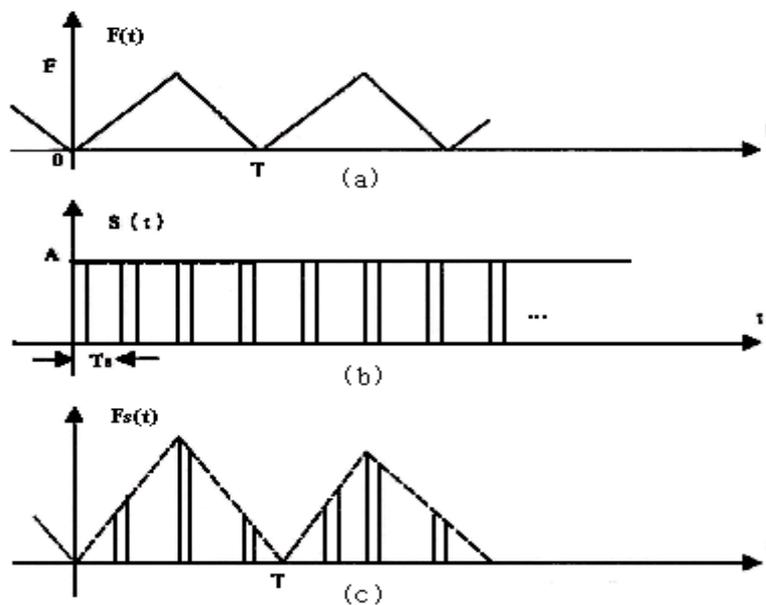


图 7-1 连续信号抽样过程

将连续信号用周期性矩形脉冲抽样而得到抽样信号，可通过抽样器来实现，实验原理电路如图 7-2 所示。

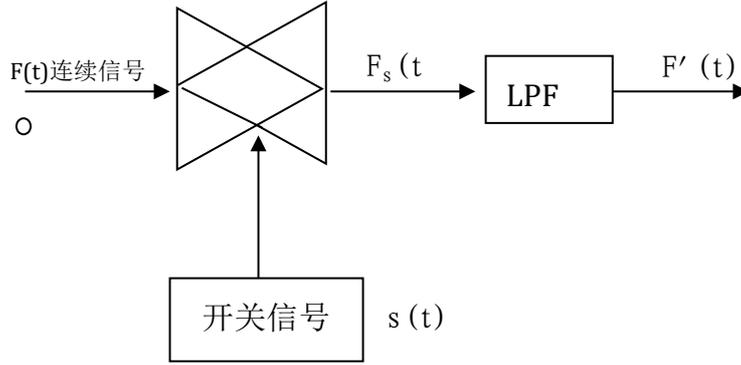


图 7-2 信号抽样实验原理图

2、连续周期信号经周期矩形脉冲抽样后，抽样信号的频谱

$$F_s(j\omega) = \frac{A\tau}{T} \cdot \sum_{m=-\infty}^{+\infty} S_a\left(\frac{m\omega_s \tau}{2}\right) F\left[j(\omega - m\omega_s)\right]$$

它包含了原信号频谱以及重复周期为 f_s ($f_s = \omega_s/2\pi$)、幅度按 $\frac{A\tau}{T} S_a(m\omega_s \tau/2)$ 规律变化的原信号频谱，即抽样信号的频谱是原信号频谱的周期性延拓。因此，抽样信号占有的频带比原信号频带宽得多。

以三角波被矩形脉冲抽样为例。三角波的频谱：

$$F(j\omega) = \pi \sum_{k=-\infty}^{\infty} A_k \sigma(\omega - k\omega_1) = \frac{4E}{\pi k^2} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sigma(\omega - k\omega_1)$$

抽样信号的频谱：

$$F_s(j\omega) = \frac{A\tau}{T} \cdot 4E \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{1}{\pi k^2} S_a\left(\frac{m\omega_s \tau}{2}\right) \sigma(\omega - k\omega_1 - m\omega_s)$$

取三角波的有效带宽为 $3\omega_1$ ，其抽样信号频谱如图 7-3 所示。

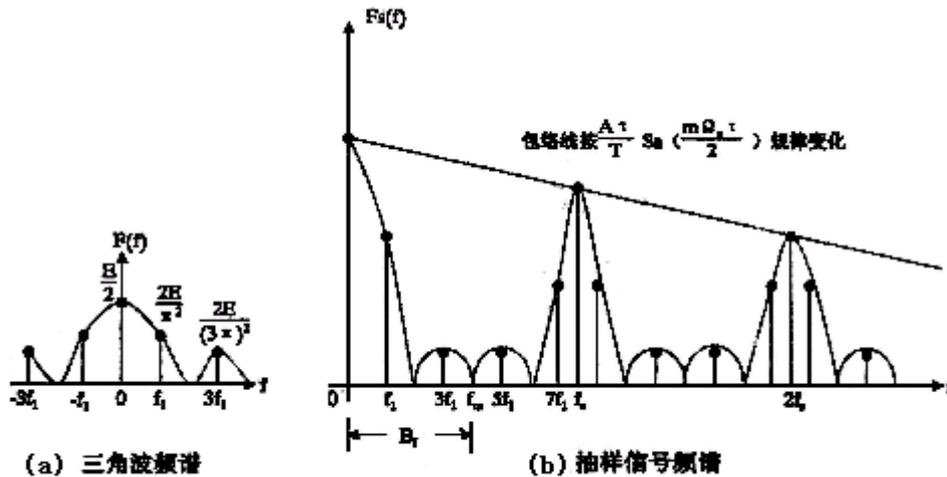


图 7-3 抽样信号频谱图

如果离散信号是由周期连续信号抽样而得，则其频谱的测量与周期连续信号方法相同，但应注意频谱的周期性延拓。

3、抽样信号在一定条件下可以恢复出原信号，其条件是 $f_s \geq 2B_f$ ，其中 f_s 为抽样频率， B_f 为原信号占有频带宽度。由于抽样信号频谱是原信号频谱的周期性延拓，因此，只要通过一截止频率为 f_c ($f_m \leq f_c \leq f_s - f_m$, f_m 是原信号频谱中的最高频率) 的低通滤波器就能恢复出原信号。

如果 $f_s < 2B_f$ ，则抽样信号的频谱将出现混迭，此时将无法通过低通滤波器获得原信号。

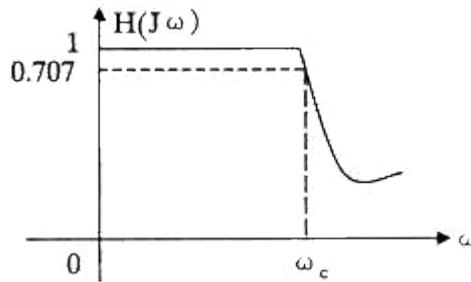


图 7-4 实际低通滤波器在截止频率附近频率特性曲线

在实际信号中，仅含有限频率成分的信号是极少的，大多信号的频率成分是有限的，并且实际低通滤波器在截止频率附近频率特性曲线不够陡峭（如图 7-4 所示），若使 $f_s = 2B_f$ ， $f_c = f_m = B_f$ ，恢复出的信号难免有失真。为了减小失真，应将抽样频率 f_s 取高 ($f_s > 2B_f$)，低通滤波器满足 $f_m < f_c < f_s - f_m$ 。

为了防止原信号的频带过宽而造成抽样后频谱混迭，实验中常采用前置低通滤波器滤除高频分量，如图 7-5 所示。若实验中选用的原信号频带较窄，则不必设置前置低通滤波器。

本实验采用有源低通滤波器，如图 6-6 所示。若给定截止频率 f_c ，并取 $Q = \frac{1}{\sqrt{2}}$ （为避免幅频特性出现峰值）， $R_1 = R_2 = R$ ，则：

$$C_1 = \frac{Q}{\pi f_c R} \quad (7-1)$$

$$C_2 = \frac{1}{4\pi f_c QR} \quad (7-2)$$

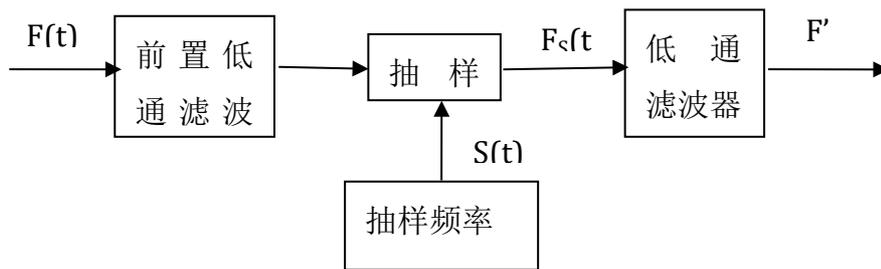


图 7-5 信号抽样流程图

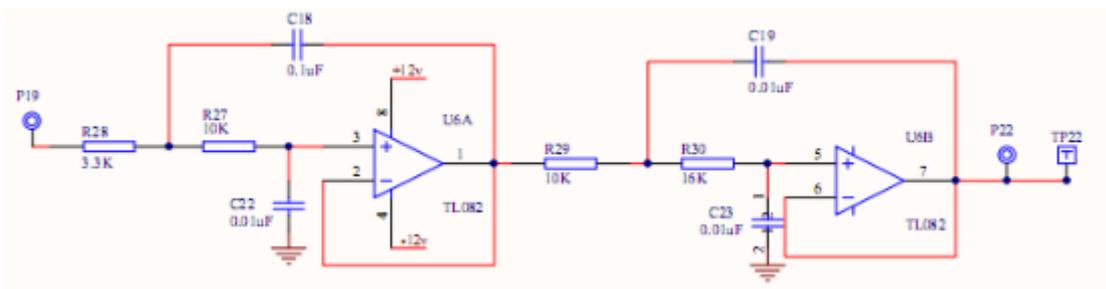


图 7-6 有源低通滤波器

[四、实验条件]

- | | |
|-----------------|-----|
| 1、双踪示波器 | 1 台 |
| 2、信号源及频率计模块 S2 | 1 块 |
| 3、抽样定理及滤波器模块 S3 | 1 块 |

[五、实验内容和过程]

1、观察抽样信号波形：

为了便于观察抽样信号的频谱，即抽样信号的频谱是原信号频谱的周期性延拓，我们选用正弦波作为被抽样信号进行实验。

- ① 将 S2 模块中的扫频开关 S3 置为“OFF”，调节模拟信号源上的“ROL1”旋钮和“模拟输出幅度调节”旋钮，使 P2 处输出 $f=1\text{KHz}$ ，幅度 $A=5\text{V}$ 的正弦波。
- ② 连接模拟信号源输出端 P2 与抽样定理模块 S3 上点 P17。
- ③ 开关 S2 拨至“异步”，用示波器观察 TP20 处抽样信号的波形，调整电位器 W1 改变抽样频率，观察抽样信号的变化情况。

（在这里，就“异步”、“同步”作一下说明。“异步”，被抽样信号的产生时钟与开关信号的产生时钟不是同一时钟源，是为了贴近实际的信号抽样过程，并且抽样频率连续可调，但不便于用示波器观察到稳定的抽样信号；“同步”，被抽样信号的产生时钟与开关信号的产生时钟是同一时钟源，便于观察到稳定的抽样信号，对比信号抽样前后及恢复信号

的波形)。

- ④ 开关 S2 拨至“同步”，连接信号源及频率计模块 S2 中 P2 与抽样定理模块 S3 上抽样信号输入点 P19。用示波器的两通道分别观察模拟信号输出端 P2、TP20 处抽样信号的波形，调整按钮 S2 改变抽样频率，观察抽样信号的变化情况。

2、验证抽样定理与信号恢复

(1) 信号恢复实验方框图如图 7-7：



图 7-7 信号恢复实验方框图

(2) 分别用“同步”和“异步”方式进行抽样，对比观察信号恢复情况

(3) 调节信号源，使其输出 $f=500\text{Hz}$ ， $A=5\text{V}$ 的正弦波；连接点 P2 (S2 模块中模拟信号输出点) 与 P17 (S3 模块中抽样定理中模拟信号输入点)，并把抽样信号 $F_s(t)$ 的输出端 P20 与低通滤波器输入端 P19 相连，示波器 CH1 接原始抽样信号输入点 TP17，CH2 接恢复信号输出点 TP22，对比观察信号恢复情况。

(4) $F_s(t)$ 信号通过截止频率为 1KHz 低通滤波器 (“抽样定理”模块中低通滤波器截止频率即为 1KHz)，观察其原信号的恢复情况，并完成下列观察任务。

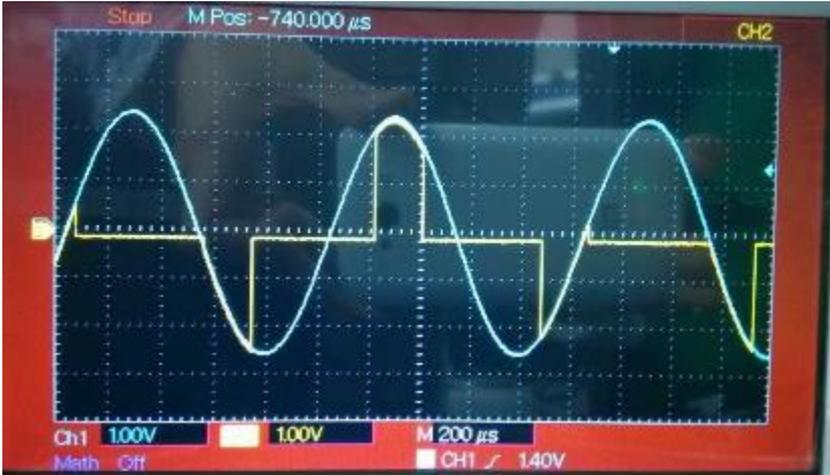
[六、实验结果]

1、异步、抽样信号

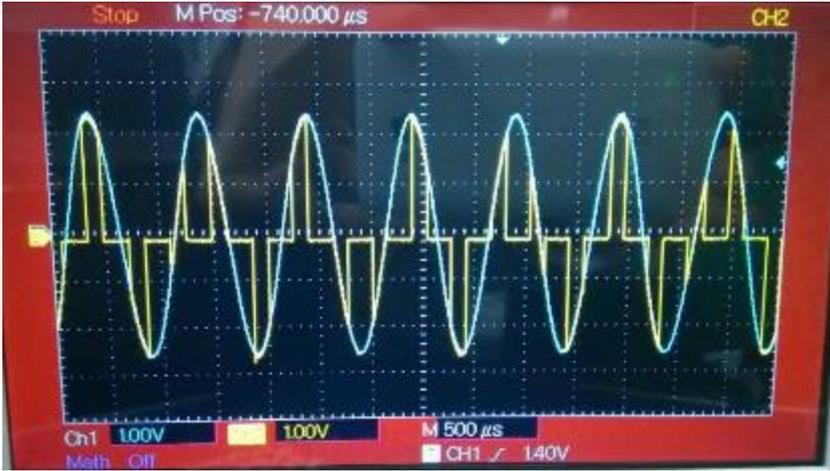
(1) $f=0.5\text{KHz}$



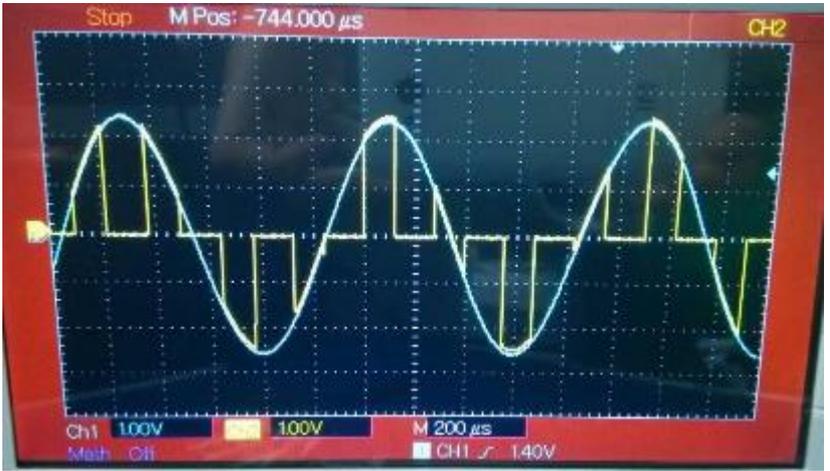
(2) $f=1.3\text{KHz}$



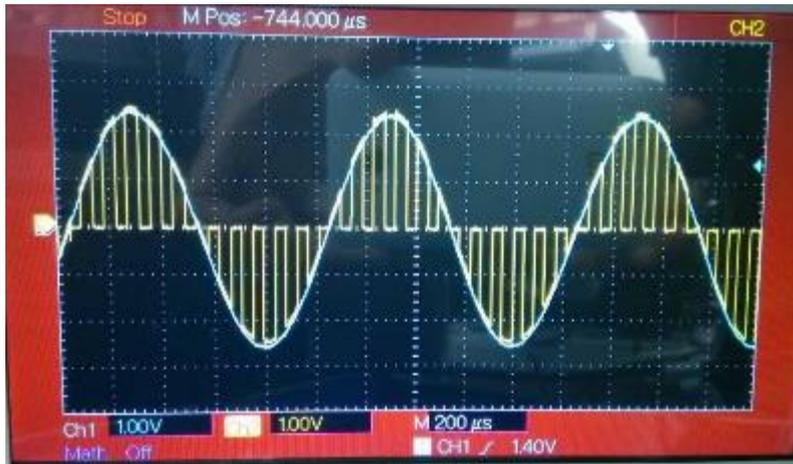
(3) $f=4\text{KHz}$



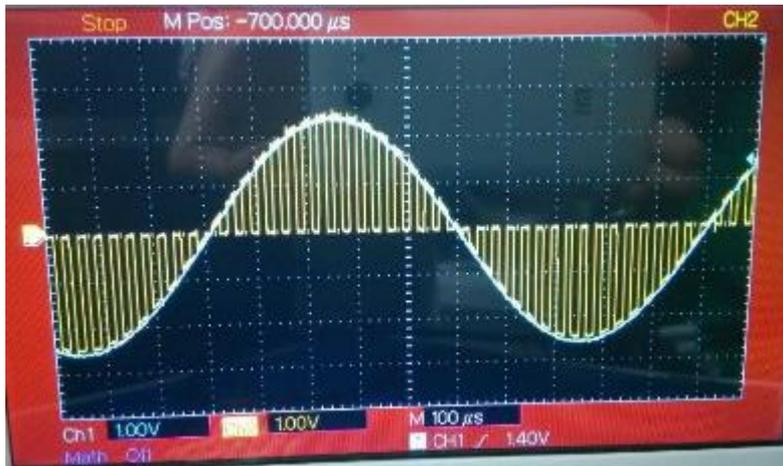
(4) $f=5.4\text{KHz}$



(5) $f=7.5\text{KHz}$

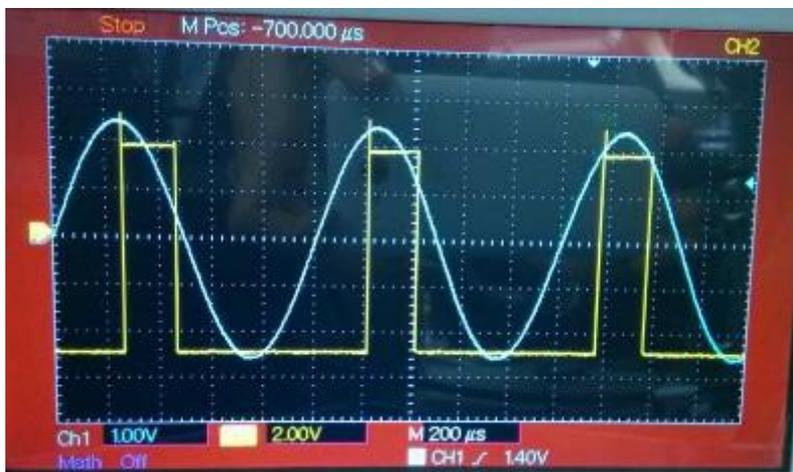


(6) $f=9\text{KHz}$

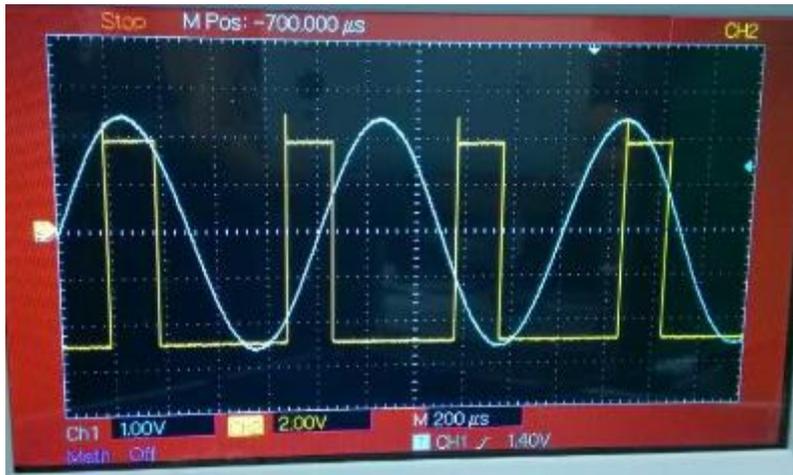


2、异步、开关信号

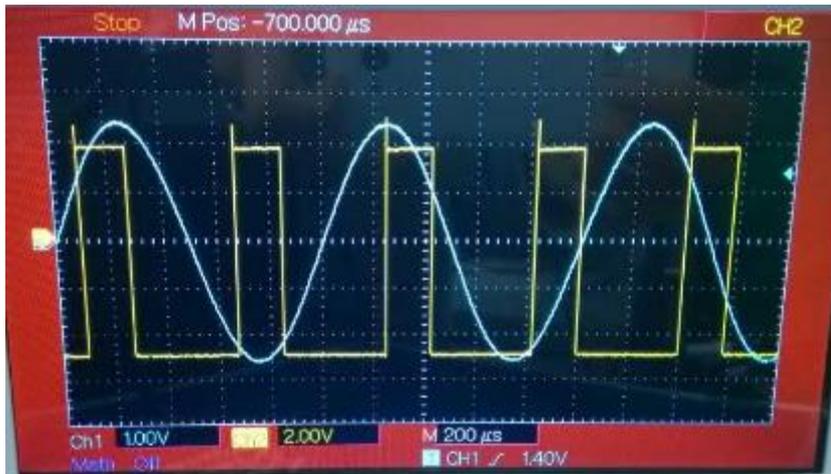
(1) $f=0.5\text{KHz}$



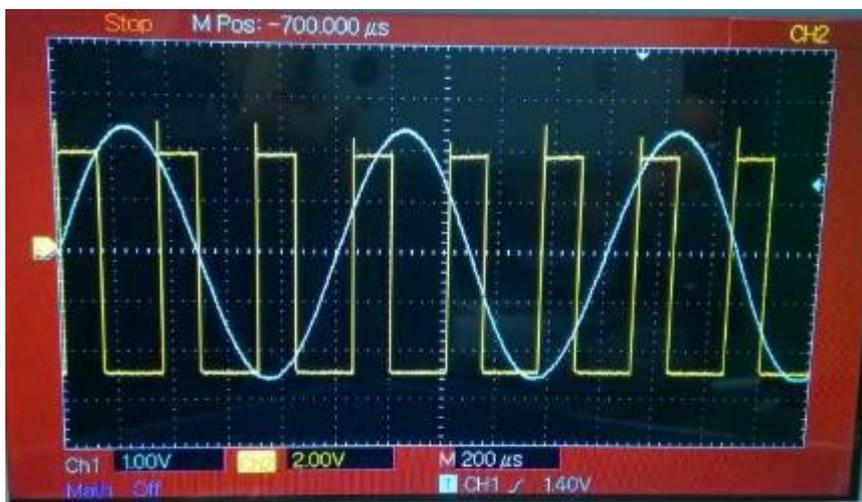
(2) $f=1.3\text{KHz}$



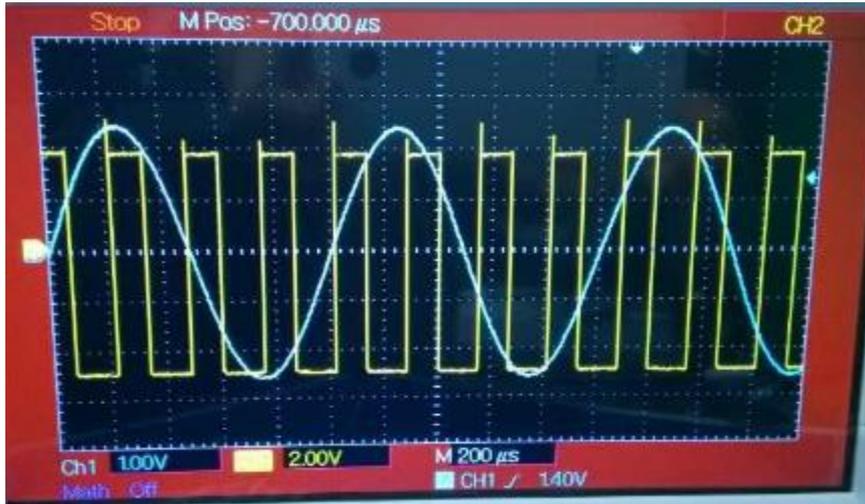
(3) $f=4\text{KHz}$



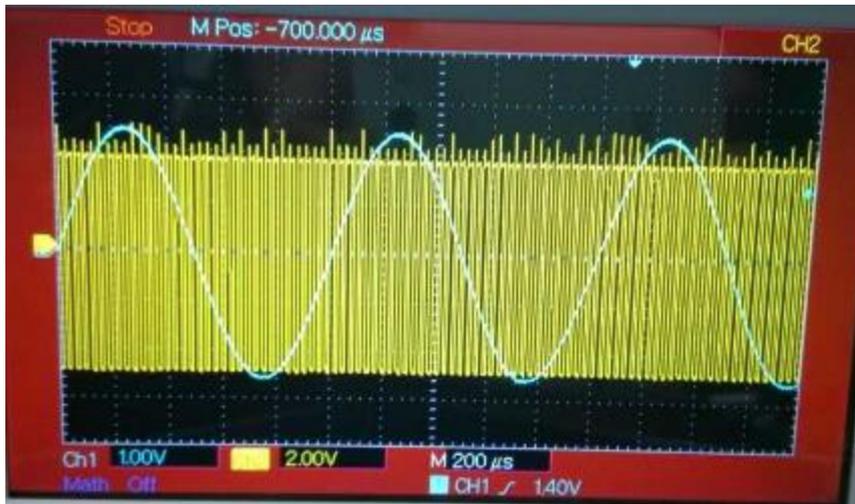
(4) $f=5.5\text{KHz}$



(5) $f=7\text{KHz}$

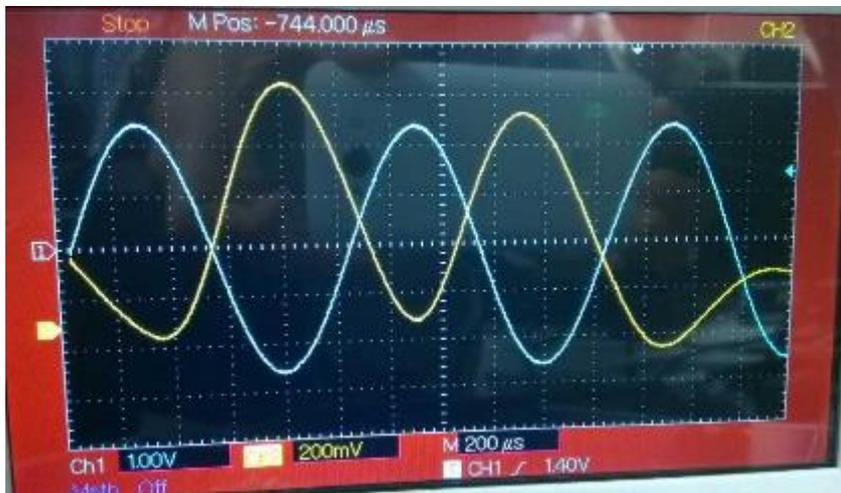


(6) $f=9.5\text{KHz}$

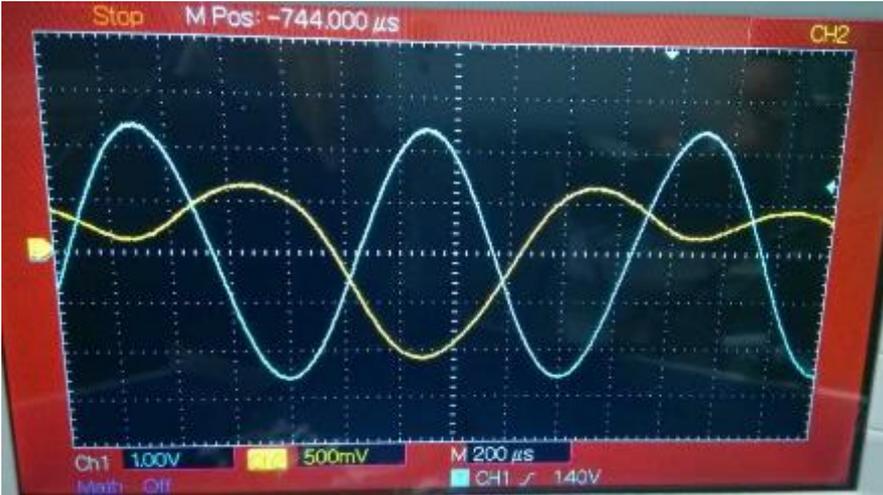


3、异步、信号恢复情况

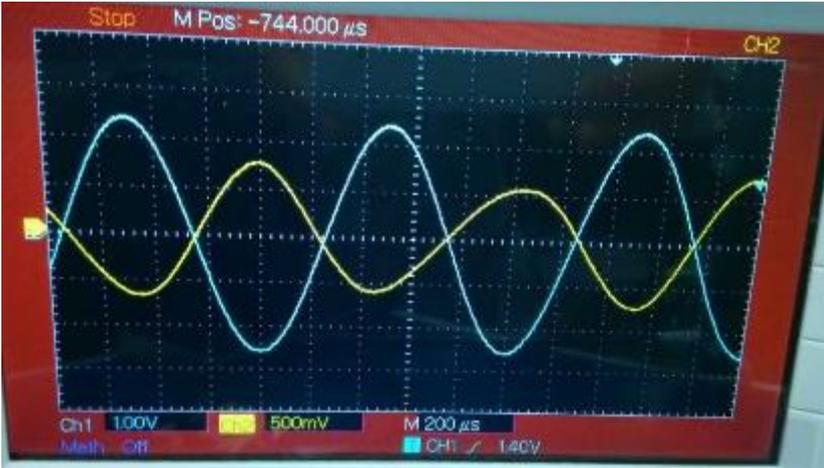
(1) $f=0.5\text{KHz}$



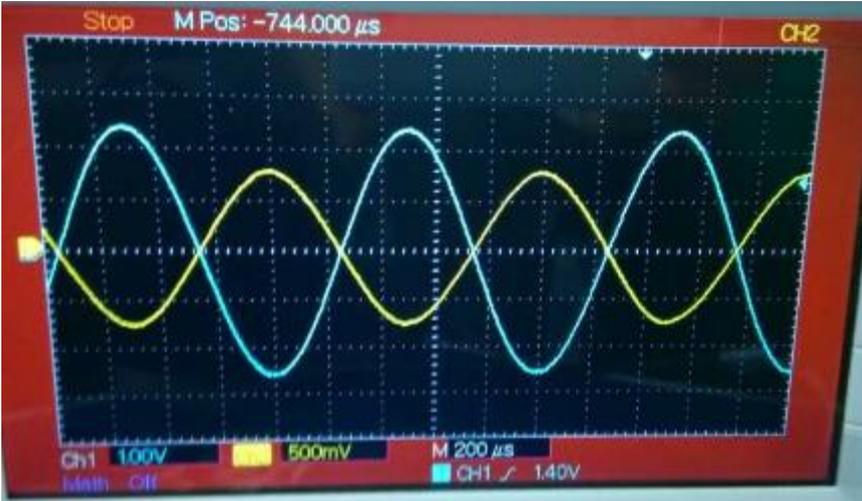
(2) $f=1.2\text{KHz}$



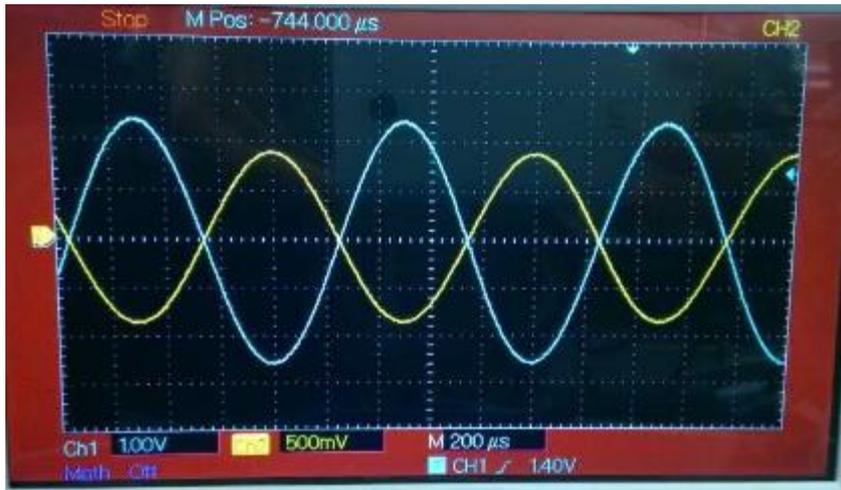
(3) $f=4\text{KHz}$



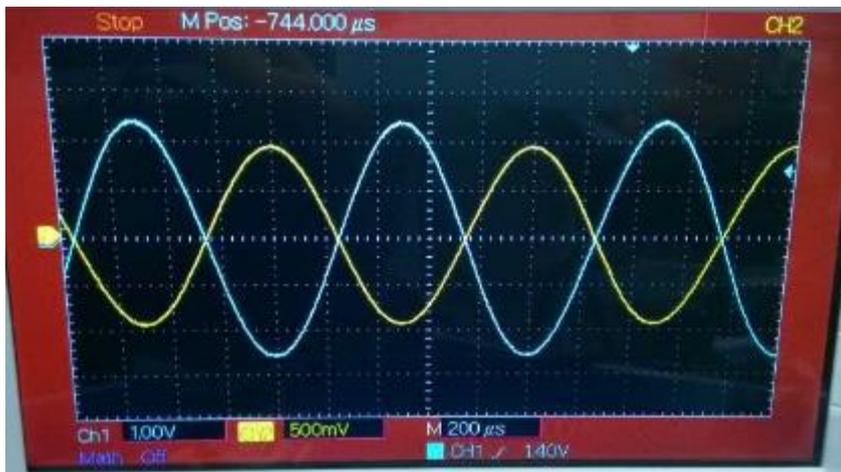
(4) $f=5.5\text{KHz}$



(5) $f=7.5\text{KHz}$

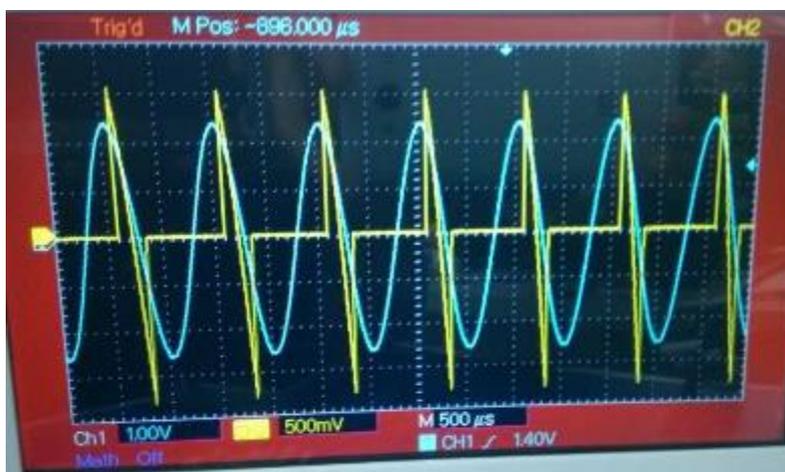


(6) $f=8.5\text{KHz}$

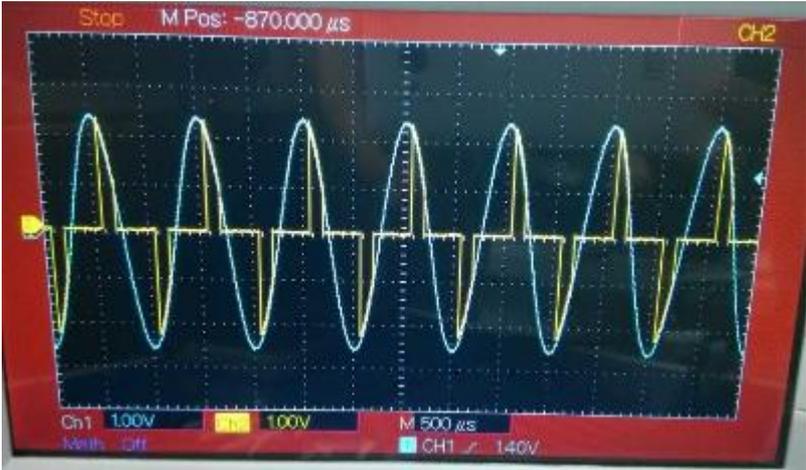


4、同步、抽样信号

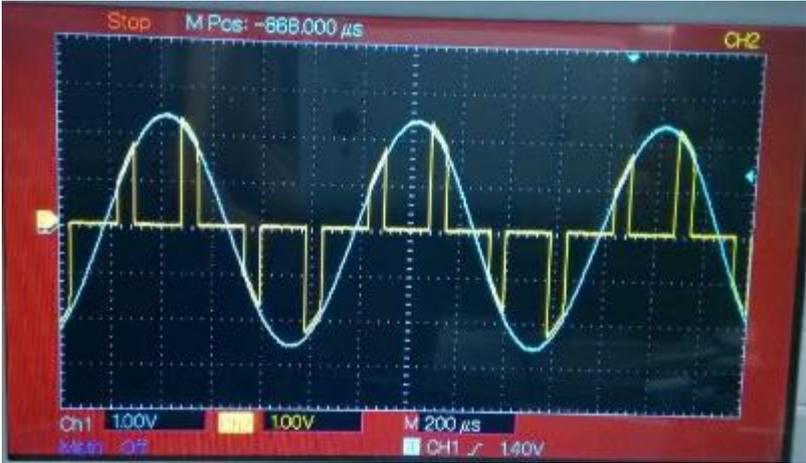
(1) $f=1\text{KHz}$



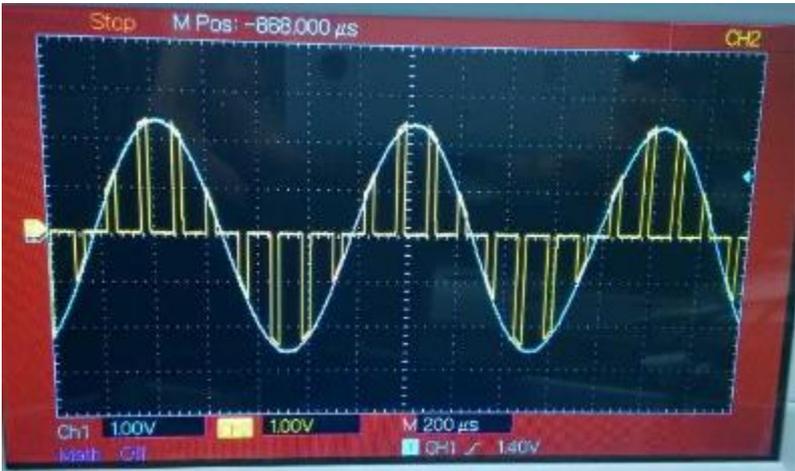
(2) $f=2\text{KHz}$



(3) $f=4\text{KHz}$

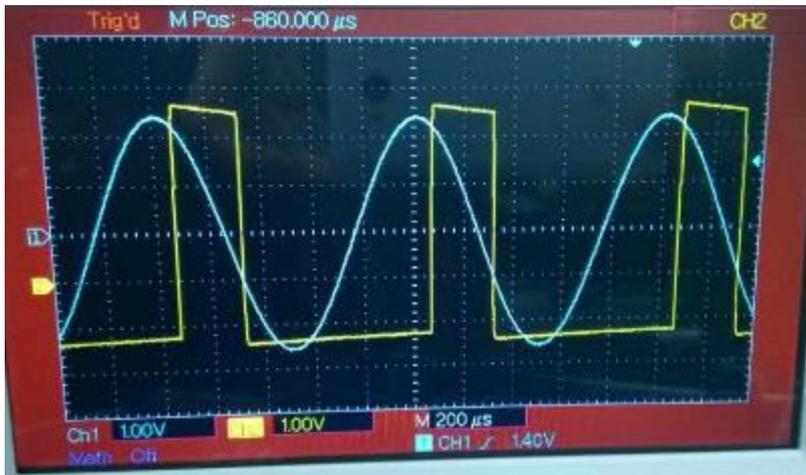


(4) $f=8\text{KHz}$

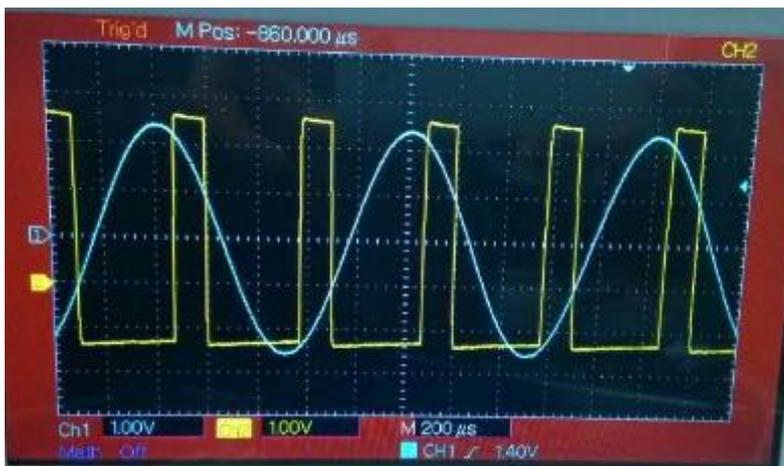


5、同步、开关信号

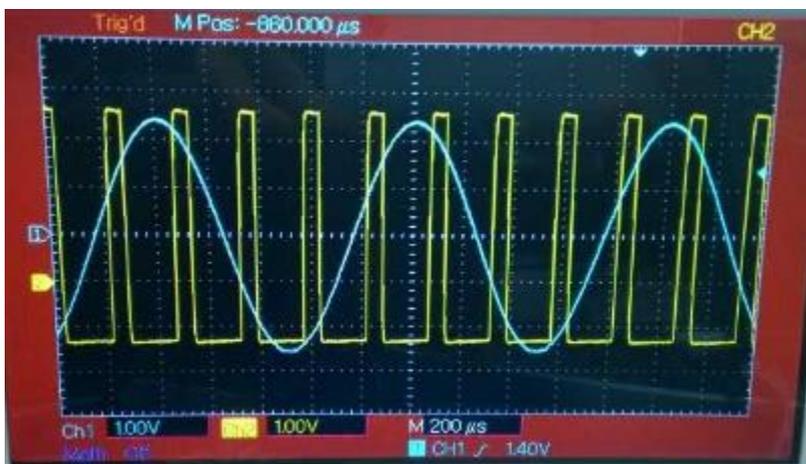
(1) $f=1\text{KHz}$



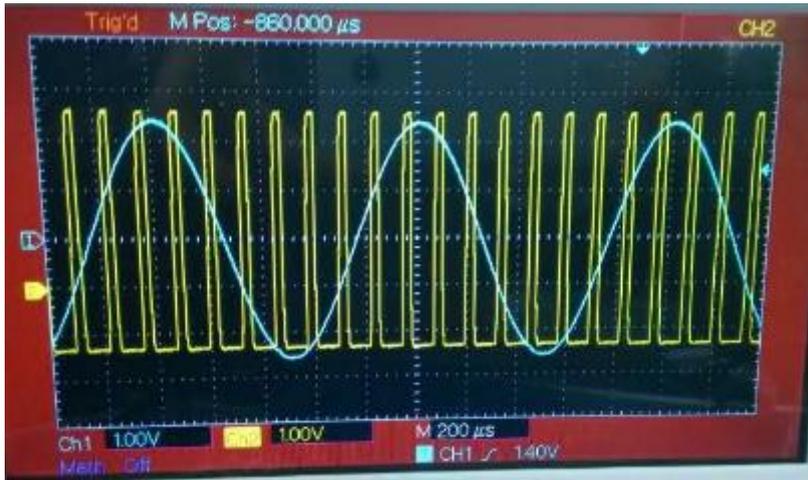
(2) $f=2\text{KHz}$



(3) $f=4\text{KHz}$

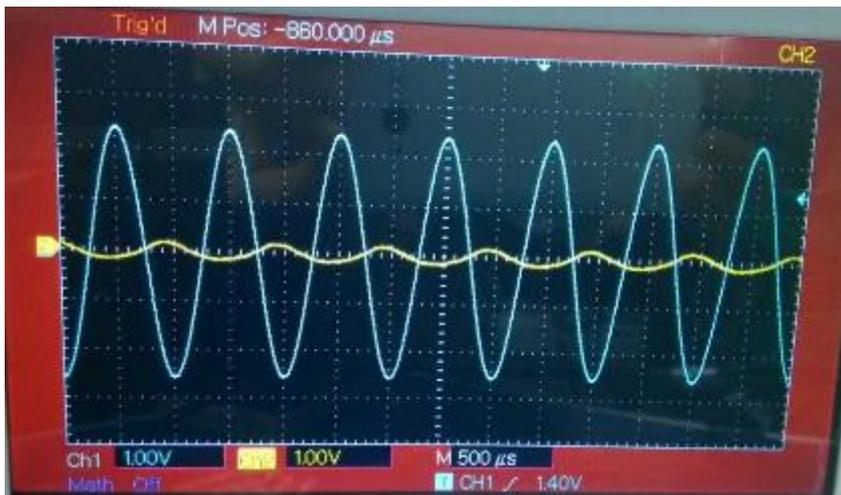


(4) $f=8\text{KHz}$

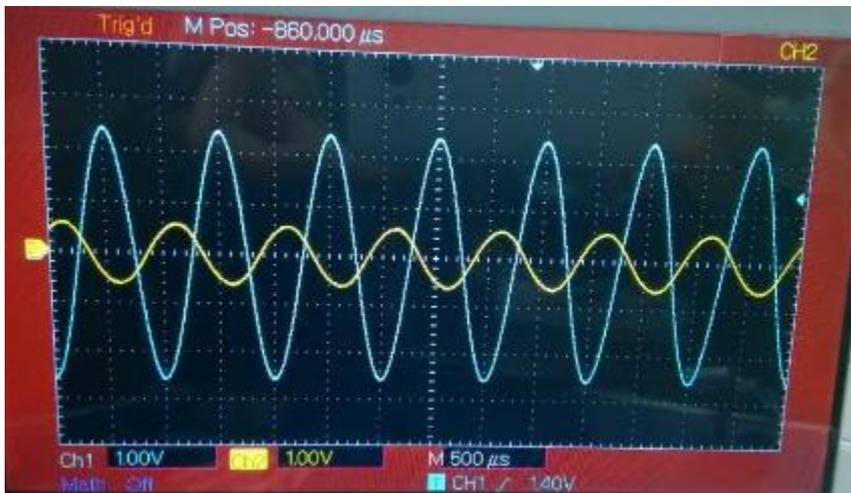


6、同步、信号恢复情况

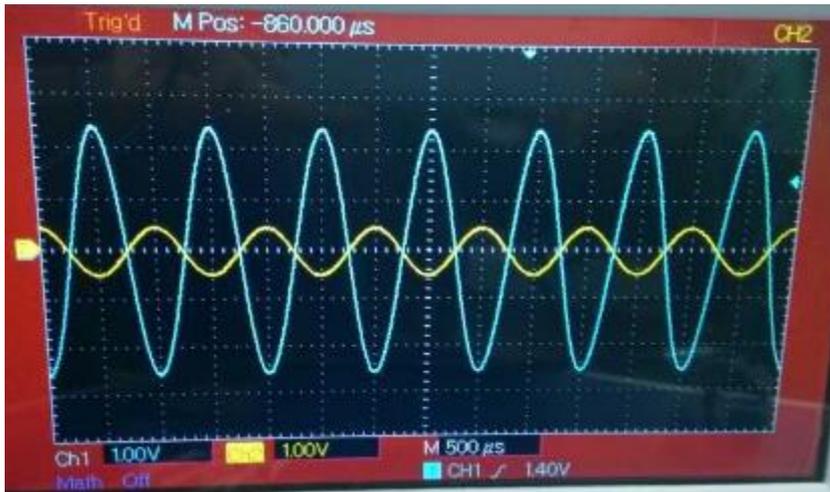
(1) $f=1\text{KHz}$



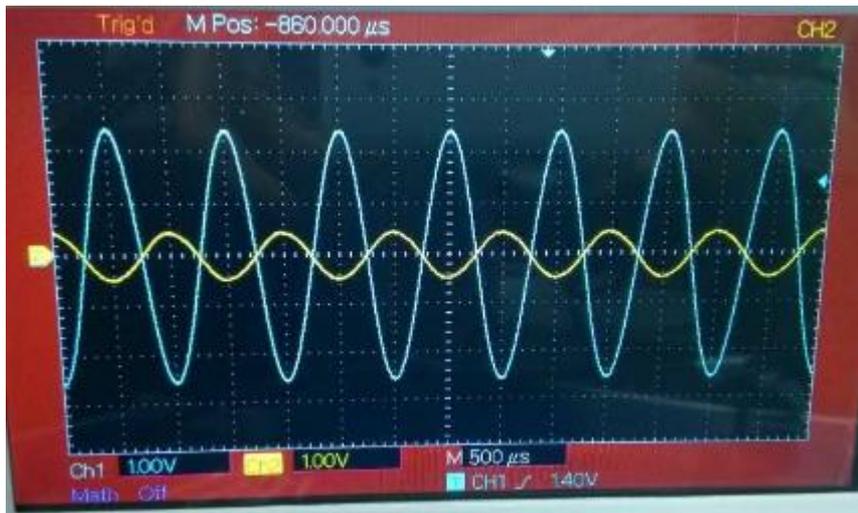
(2) $f=2\text{KHz}$



(3) $f=4\text{KHz}$



(4) $f=8\text{KHz}$



[七、实验结果分析、讨论]

1. 抽样频率越大，所得抽样信号波形越密；实验结果 1 采用自然抽样，即抽样信号顶部保持和原信号相同的变化规律，实验结构 2 采用平顶抽样，即抽样信号顶部是一个恒定值，而不是曲线。

2. 实验结果 3 的信号恢复过程中，证实抽样频率应满足抽样定理，即抽样频率至少大于待抽样信号最高频率的两倍，才能将信号恢复。

[八、实验结论]

进行该次试验，组装、调整函数信号发生器时，面对复杂的电路板，才体会到了事先做好预习的重要性。看懂预习册的电路图，仔细得寻找相关的元件，耐心、细心。对要做的

实验内容得有一定的了解和分析能力，即相关的知识掌握，才能够在实验过程中检查数据的正确性和准确性。

打开示波器的时候，看到的不是预想的波形，得学会分析，慢慢地调节和观察，直到成功观察到对应的图像。

《信号与系统》课程实验报告（八）

[一、实验名称]

信号卷积实验

[二、实验目的]

- 1、理解卷积的概念及物理意义。
- 2、通过实验的方法加深对卷积运算的图解方法及结果的理解。

[三、实验原理]

卷积积分的物理意义是将信号分解为冲激信号之和，借助系统的冲激响应，求解系统对任意激励信号的零状态响应。设系统的激励信号为 $x(t)$ ，冲激响应为 $h(t)$ ，则系统的零状态响应为：

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)h(t - \tau)d\tau$$

对于任意两个信号 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ ，两者做卷积运算定义为：

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_1(t)f_2(t - \tau)d\tau = f_1(t) * f_2(t) = f_2(t) * f_1(t)$$

表 8-1 常用信号卷积表

序号	$f_1(t)$	$f_2(t)$	$f_1(t) * f_2(t)$
1	$e^{\alpha t}u(t)$	$u(t)$	$\frac{1}{\alpha}(e^{\alpha t} - 1)u(t)$
2	$u(t)$	$u(t)$	$tu(t)$
3	$u(t - t_1)$	$u(t - t_2)$	$(t - t_1 - t_2)u(t - t_1 - t_2) = R(t - t_1 - t_2)$
4	$e^{\alpha_1 t}u(t)$	$e^{\alpha_2 t}u(t)$	$\frac{1}{\alpha_1 - \alpha_2}[e^{\alpha_1 t} - e^{\alpha_2 t}]u(t), \alpha_1 \neq \alpha_2$
5	$e^{\alpha t}u(t)$	$e^{\alpha t}u(t)$	$te^{\alpha t}u(t)$
6	$tu(t)$	$u(t)$	$\frac{1}{2}t^2u(t)$

(一) 两个矩形脉冲信号的卷积过程

两信号 $x(t)$ 与 $h(t)$ 都为矩形脉冲信号，如图 8-1 所示。下面由图解的方法（图 8-1）给出两个信号的卷积过程和结果，以便与实验结果进行比较。

图解法的一般步骤为：

(1) 置换 ($t \rightarrow \tau$)，即 $f_1(t) \rightarrow f_1(\tau)$ ， $f_2(t) \rightarrow f_2(\tau)$ 。

(2) 反褶 ($\tau \rightarrow -\tau$)，即 $f_2(\tau) \rightarrow f_2(-\tau)$ 。

(3) 平移 ($-\tau \rightarrow t - \tau$)，即 $f_2(-\tau) \rightarrow f_2(t - \tau)$ 。

(4) 相乘，即 $f_1(\tau)f_2(t - \tau)$ 。

(5) 积分，即 $\int_{-\infty}^{\infty} f_1(\tau)f_2(t - \tau)d\tau$ 。

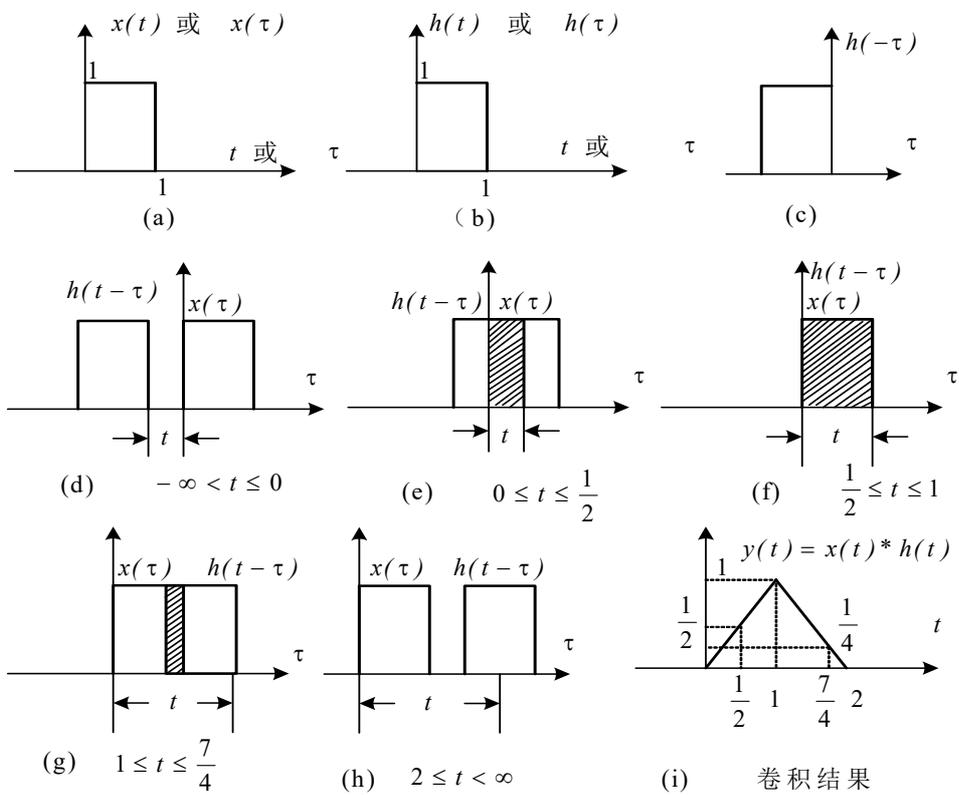
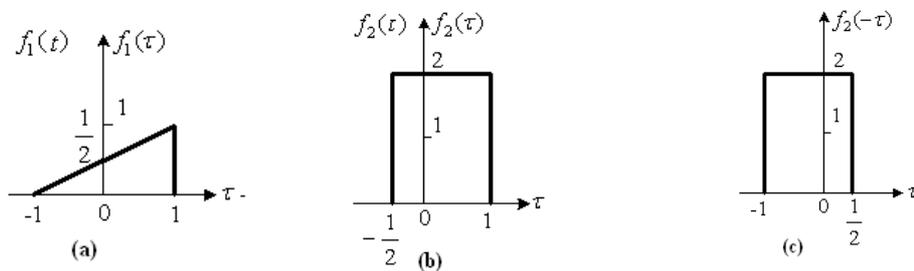


图 8-1 两矩形脉冲的卷积积分的运算过程与结果

(二) 矩形脉冲信号与锯齿波信号的卷积

信号 $f_1(t)$ 为锯齿波信号， $f_2(t)$ 为矩形脉冲信号，如图 8-2 所示。根据卷积积分的运算方法得到 $f_1(t)$ 和 $f_2(t)$ 的卷积积分结果 $y(t)$ ，如图 8-2(i) 所示。



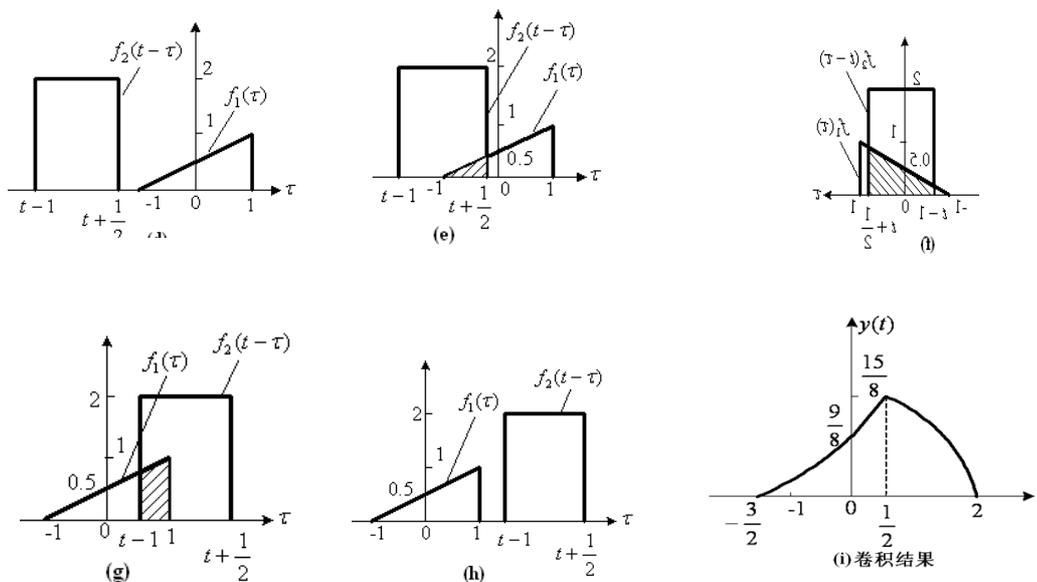


图 8-2 矩形脉冲信号与锯齿脉冲信号的卷积积分的结果

(三) 本实验进行的卷积运算的实现方法

在本实验装置中采用了 DSP 数字信号处理芯片,因此在处理模拟信号的卷积积分运算时,是先通过 A/D 转换器把模拟信号转换为数字信号,利用所编写的相应程序控制 DSP 芯片实现数字信号的卷积运算,再把运算结果通过 D/A 转换为模拟信号输出。结果与模拟信号的直接运算结果是一致的。数字信号处理系统逐步和完全取代模拟信号处理系统是科学技术发展的必然趋势。图 7-3 为信号卷积的流程图。



图 8-3 信号卷积的流程图

[四、实验条件]

- | | |
|----------------|-----|
| 1、双踪示波器 | 1 台 |
| 2、信号源及频率计模块 S2 | 1 块 |
| 3、数字信号处理模块 S4 | 1 块 |

[五、实验内容和过程]

(一)、检测矩形脉冲信号的自卷积结果。

实验步骤如下:

- ① 连接信号源及频率计模块 S2 中模拟信号源输出口 P2 与数字信号处理模块 S4 上的 P9, 将示波器 CH1 连接到 TP9;

②在方波模式下，调节“ROL1”是方波的频率为 500Hz。然后按下“ROL1”旋钮约 1 秒钟后，待频率计数器出现“dy”后，调节“ROL1”，是数码管上显示数据“50”（占空比调为 50%）。（注意：输入波形的频率与幅度要在信号源‘P2’端与 P9 连接后，在 TP9 上测试。）

③ 将拨动开关 SW1 调整为“00000010”。

④ 按下复位键 S2。

⑤ 将示波器的 CH1 接于 TP9；CH2 接于 TP1。对比观察输入信号与卷积后输出信号的波形。

本实验中，采用的是两个矩形脉冲信号卷积，最后在 TP1（卷积输出测量点）上应可观测到一个三角波。

（二）、信号与系统卷积

TP9 处观察输入信号要求：频率约为 500Hz，占空比约为 50%的方波；

实验步骤如下：

① 连接信号源及频率计模块 S2 上信号输出点 P2 与数字信号处理模块 S9 上的 P9；

② 调节信号源上相应的旋钮，使 TP9 处观察到的信号符合要求（具体调节方式可参考上个实验）。

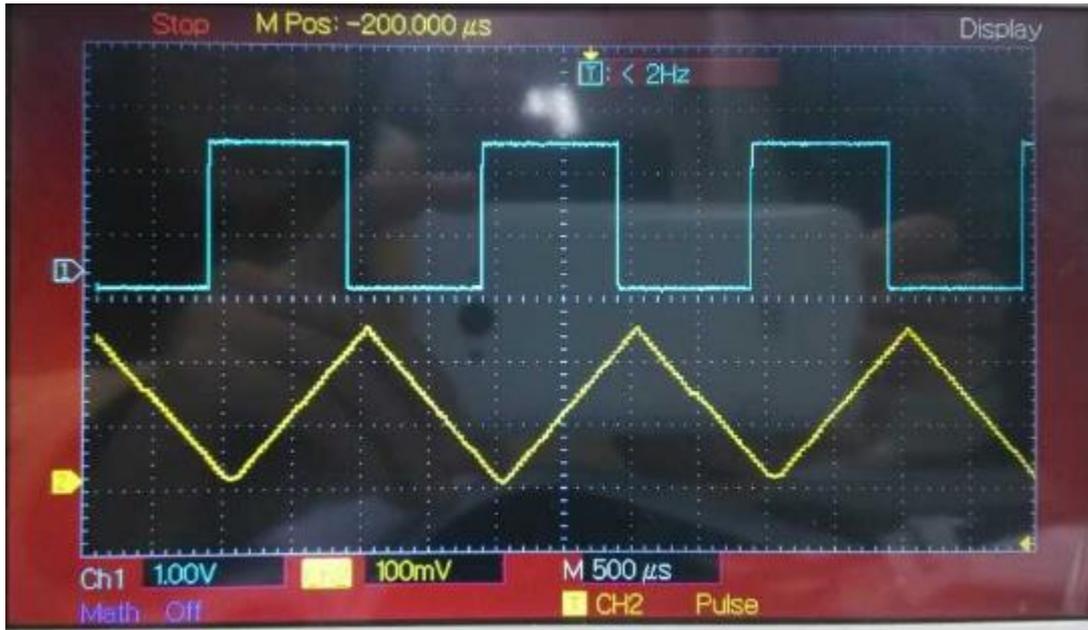
③ 将拨动开关 SW1 调整为“00000011”。

④ 按下复位键 S2。

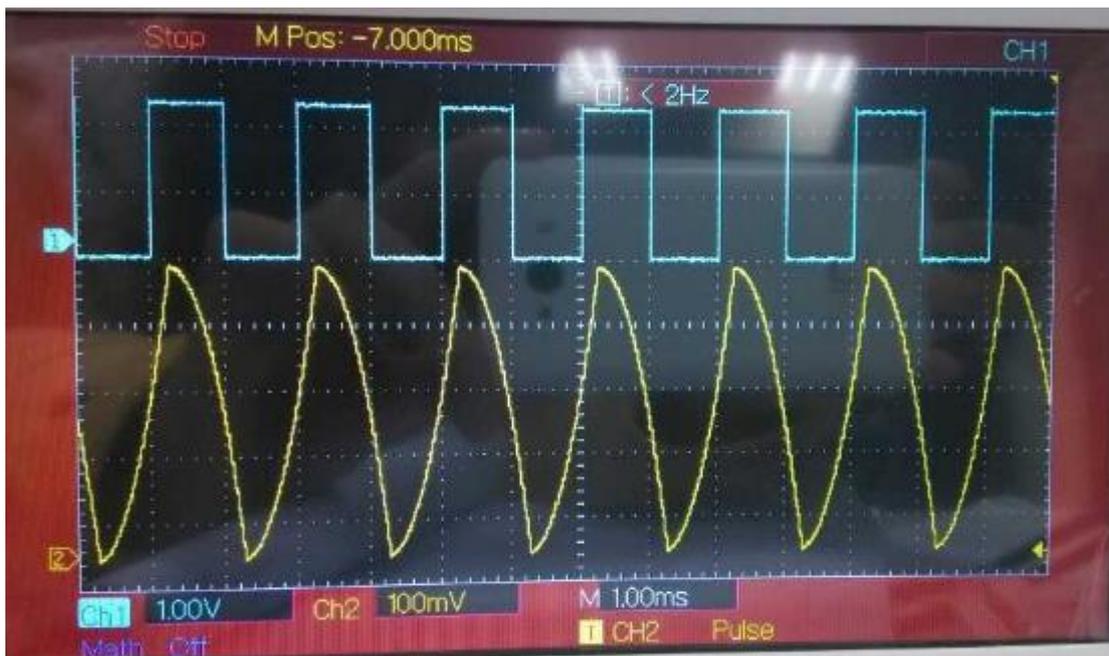
⑤本实验中激励信号用的是矩形波信号，系统信号用的是锯齿波信号。用示波器的 CH1 连接到 TP1 可观测到卷积后输出信号的波形。

[六、实验结果]

（一）矩形信号自卷积波形



(二) 矩形信号与锯齿信号互卷积波形



[七、实验结果分析、讨论]

按照实验原理中卷积图解法的基本步骤，实验结果符合理论计算值，两个矩形信号的自卷积为三角波，矩形信号与锯齿信号互卷积结果如实验结果（二）所示。

[八、实验结论]

通过本次试验学会了用示波器和数字信号处理模块来看卷积的波形，从而更直观的了解到了两个信号卷积积分的结果。也将实验结果与理论的图解进行了比较，更加了解了两个信号卷积积分后的变化，受益匪浅。

