

合肥工业大学宣城校区

《信号与系统》课程实验报告

专业班级 _____

学生姓名 _____

《信号与系统》课程实验报告一

实验名称	信号的时域表示						
姓 名		系院专业	计算机与信息系 物联网工程	班 级	17-2 班	学 号	
实验日期	2019 年 11 月 12 日		指导教师	贾璐		成 绩	

一、实验目的

利用MATLAB实现信号的时域表示。

二、实验原理

按照自变量的取值是否连续，信号可分为连续时间信号和离散时间信号。在 MATLAB 中并不能直接处理连续信号，一般采用取样时间间隔足够小的向量来近似表示相应的连续信号，或采用符号运算功能来表示连续信号。

1. 向量表示法

对于连续时间信号 $f(t)$ ，可采用两个行向量 f 和 t 来表示，其中定义时间范围向量 t 的形式为 $t=t1:d:t2$ ， $t1$ 为信号的起始时间， $t2$ 为终止时间， d 为时间间隔。向量 f 为连续信号 $f(t)$ 在向量上所定义的时间点上连续信号 $f(t)$ 的值。这样可用绘图命令 `plot` 画出该信号的时域波形。例如信号 $f(t)=\sin(\pi/4)t$ ，可采用如下命令来表示和绘制波形（在命令窗口中输入，每行结束按回车键）。

```
t=-10:0.5:10;
f=sin((pi/4)*t);
plot(t,f);
```

仿真图形如下：

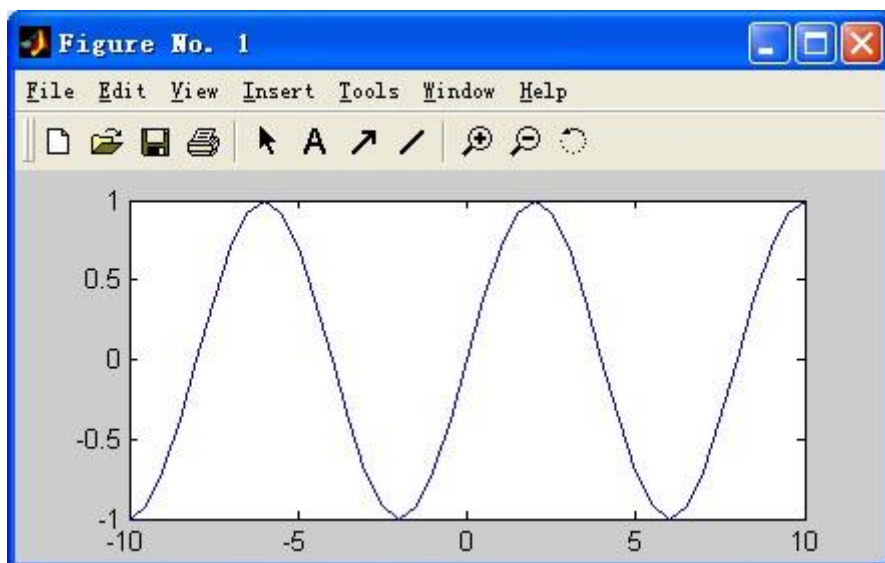


图 1-1 向量表示法仿真图形

2. 符号运算表示法

若一个连续时间信号可用一个符号表达式来表示，则可用 `ezplot` 命令来画出该信号的时域波形。上例可用下面的命令来实现（在命令窗口中输入，每行结束按回车键）。

```
t=-10:0.5:10;
```

```
f=sym('sin((pi/4)*t)');ezplot(f,[-16,16]);
```

仿真图形如下：

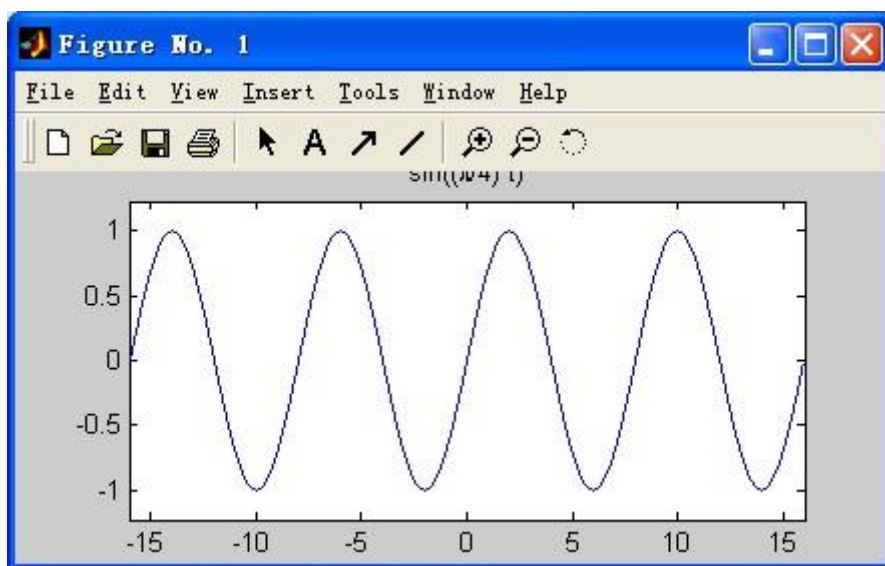


图 1-2 符号运算表示法仿真图形

三、实验内容

利用 MATLAB 实现信号的时域表示。

三、实验步骤

该仿真提供了 7 种典型连续时间信号。

用鼠标点击图 0-3 目录界面中的“仿真一”按钮，进入图 1-3。

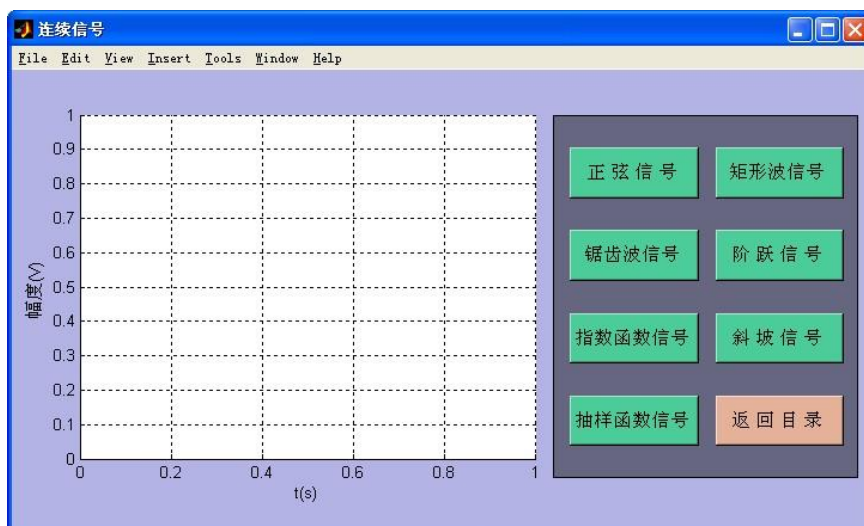


图 1-3 “信号的时域表示”仿真界面

图1-3所示的是“信号的时域表示”仿真界面。界面的主体分为两部分：

- 1) 两个轴组成的坐标平面（横轴是时间，纵轴是信号值）；
- 2) 界面右侧的控制框。

控制框里主要有波形选择按钮和“返回目录”按钮，点击各波形选择按钮可选择波形，点击“返回目录”按钮可直接回到目录界面。

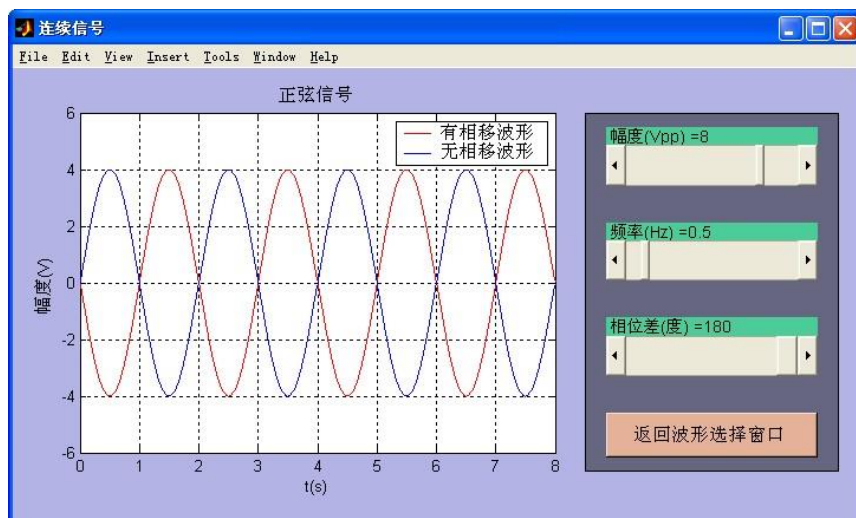


图 1-4 峰值为 8V，频率为 0.5Hz，相位为 180°的正弦信号

图 1-4 所示的是正弦波的参数设置及显示界面。在这个界面内提供了三个滑动条，改变滑块的位置，滑块上方实时显示滑块位置代表的数值，对应正弦波的两个参数：幅度、频率、相位；坐标平面内实时地显示随参数变化后的波形。

在七种信号中，除抽样函数信号外，对其它六种波形均提供了参数设置。矩形波信号、指数函数信号、斜坡信号、阶跃信号、锯齿波信号和抽样函数信号的波形分别如图 1-5～图 1-10 所示。

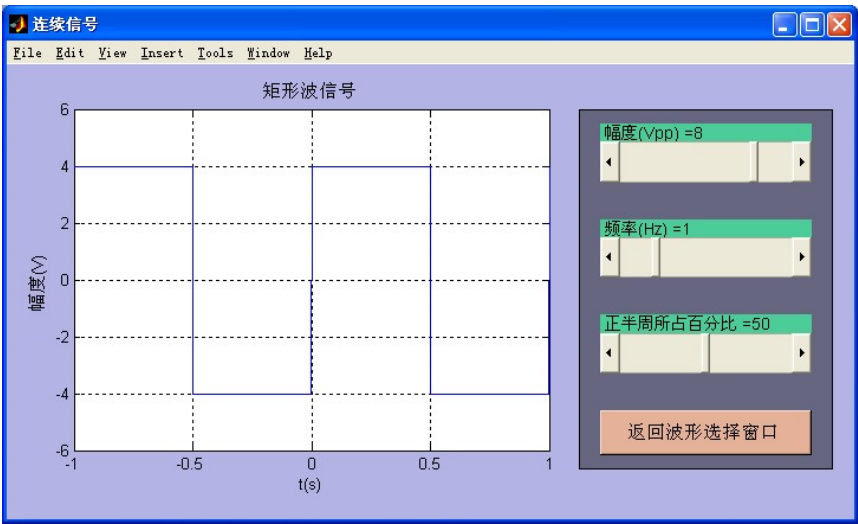


图 1-5 峰值为 8V，频率为 1Hz，占空比为 50%的矩形波信号

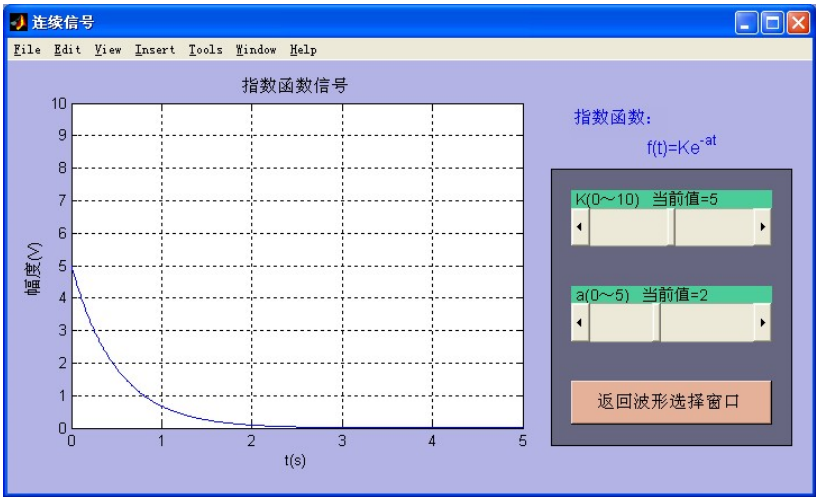


图 1-6 衰减指数为 2 的指数函数信号

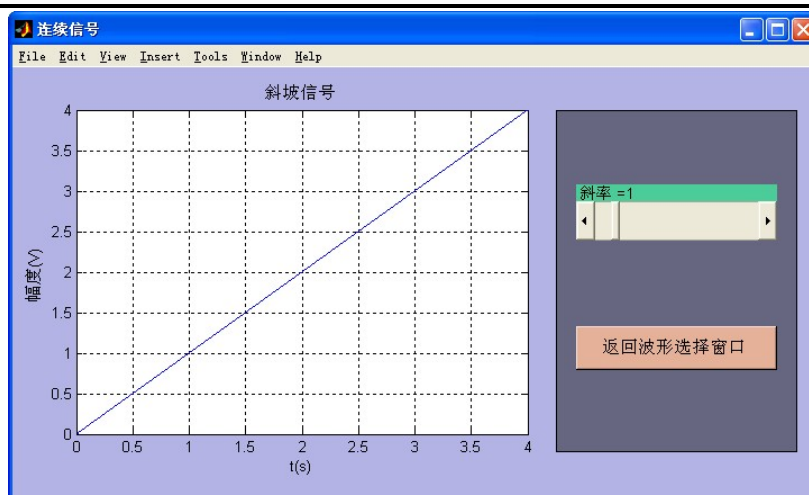


图 1-7 斜率=1 的斜坡信号

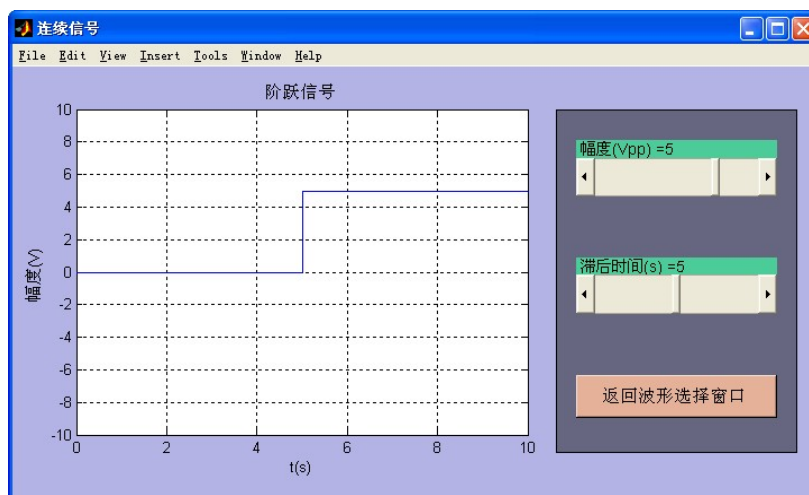


图 1-8 幅度为 5V，滞后时间为 5 秒的阶跃信号

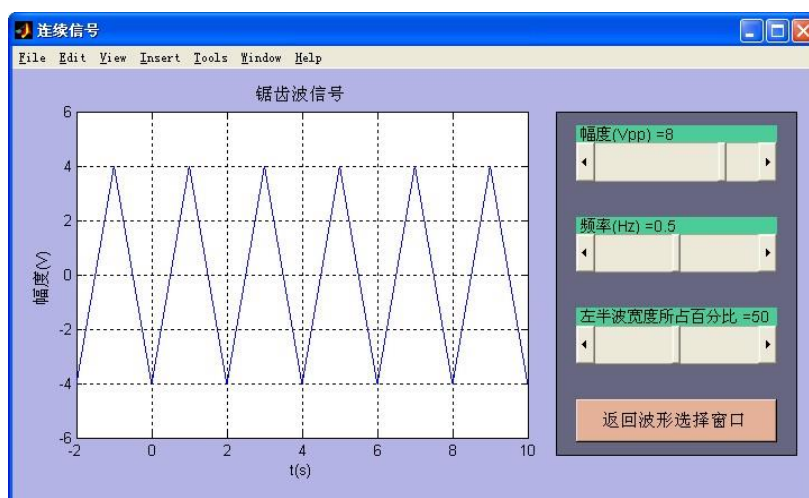


图 1-9 峰值为 8V，频率为 0.5Hz 的锯齿波信号

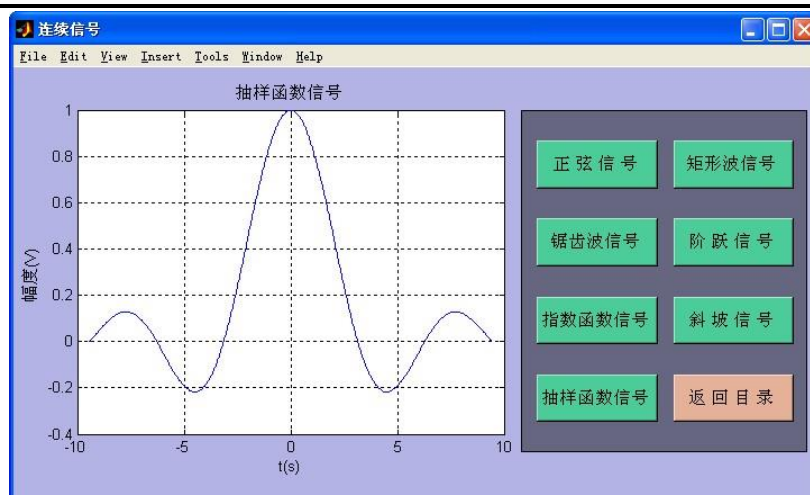


图 1-10 抽样函数信号

仿真途中，通过对滑动块的控制修改信号的幅度、频率、相位，观察波形的变化。

仿真完毕后，可直接关闭窗口结束仿真，也可点击“返回目录”按钮，回到目录界面，以便开始其它的仿真。

四、实验结果及分析

本次实验结果以截图的形式展示，如图 4-1 至图 4-19 所示。

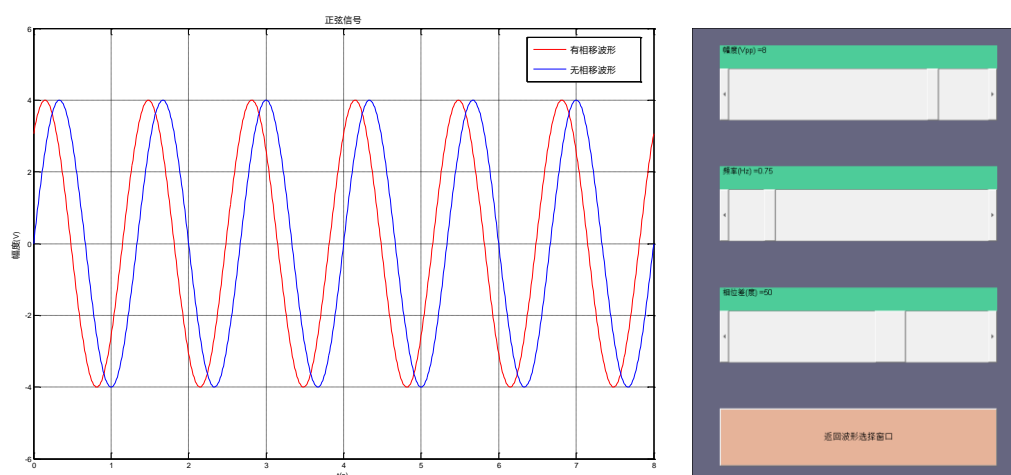


图 4-1 正弦信号（幅度（Vpp）=8，频率（Hz）=0.75，相位差（度）=50）

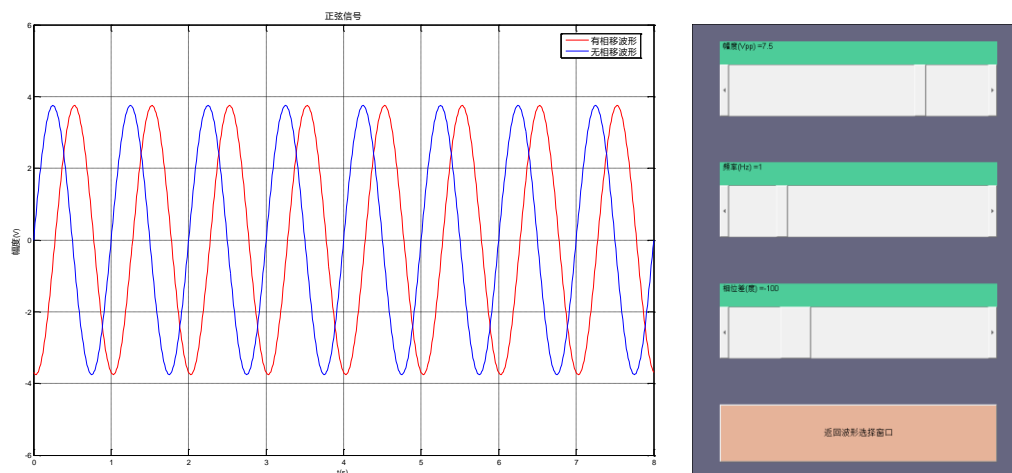


图 4-2 正弦信号（幅度（Vpp）=7.5，频率（Hz）=1，相位差（度）=-100）

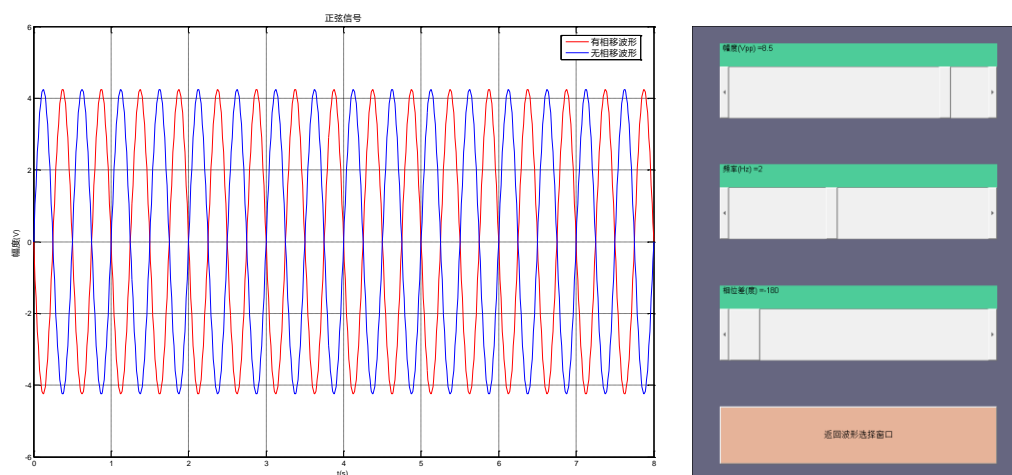


图 4-3 正弦信号（幅度（Vpp）=8.5，频率（Hz）=2，相位差（度）=-180

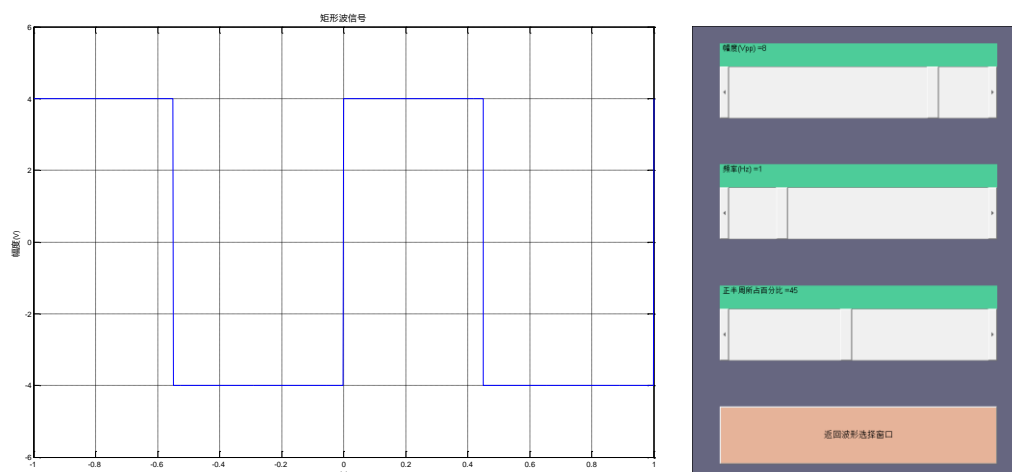


图 4-4 矩形信号（幅度（Vpp）=8，频率（Hz）=1，正半周所占百分比=45）

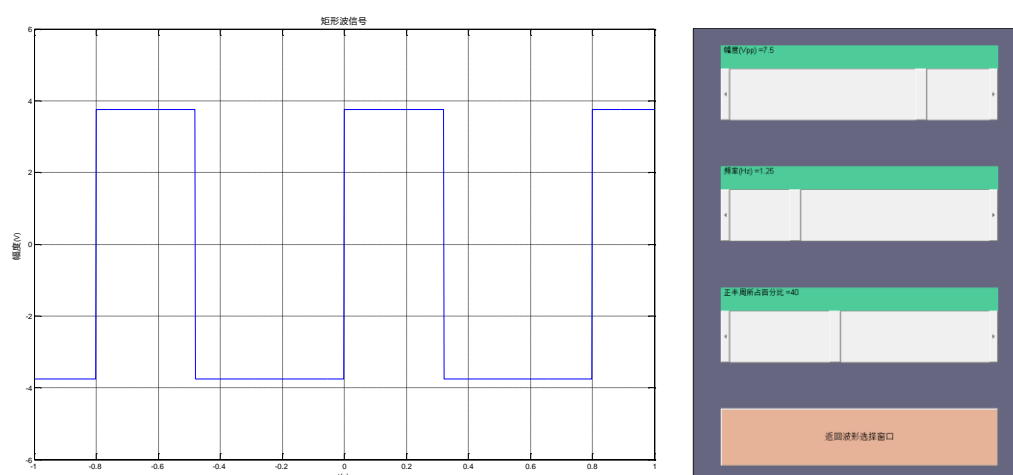


图 4-5 矩形信号（幅度（Vpp）=7.5，频率（Hz）=1.25，正半周所占百分比=40）

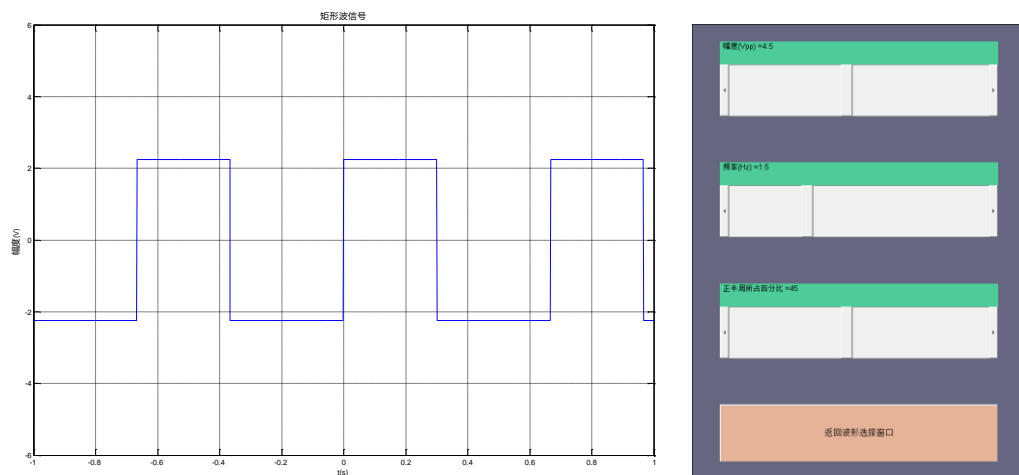


图 4-6 矩形信号（幅度（Vpp）=4.5，频率（Hz）=1.5，正半周所占百分比=45）

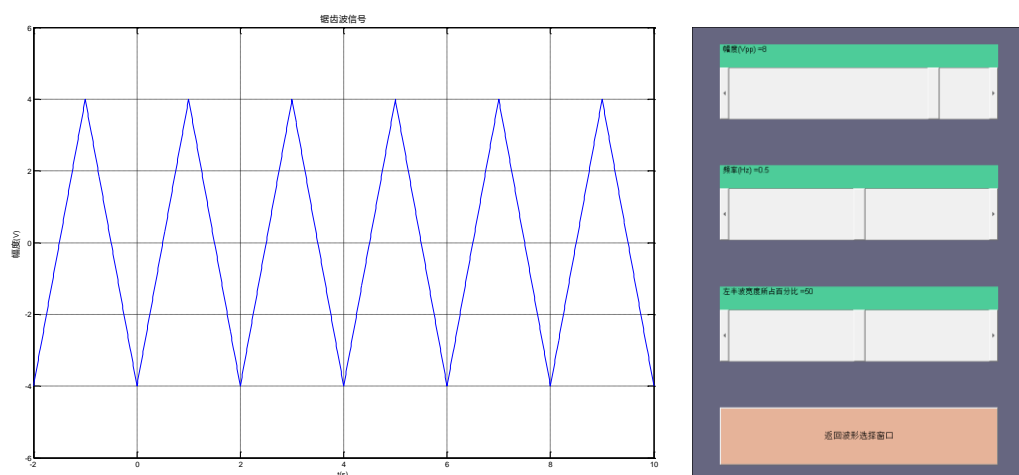


图 4-7 锯齿波信号（幅度（Vpp）=4.5，频率（Hz）=1.5，左半波宽度所占百分比=45）

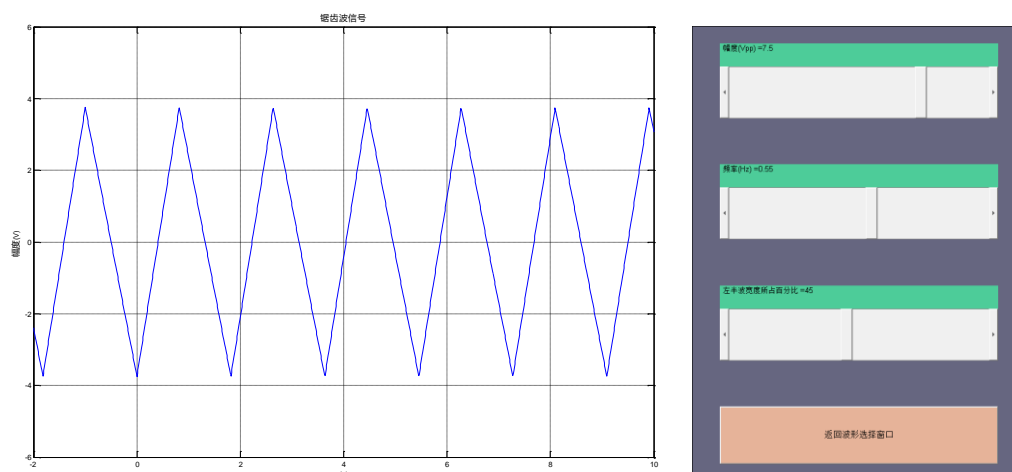


图 4-8 锯齿波信号（幅度（Vpp）=7.5，频率（Hz）=0.55，左半波宽度所占百分比=45）

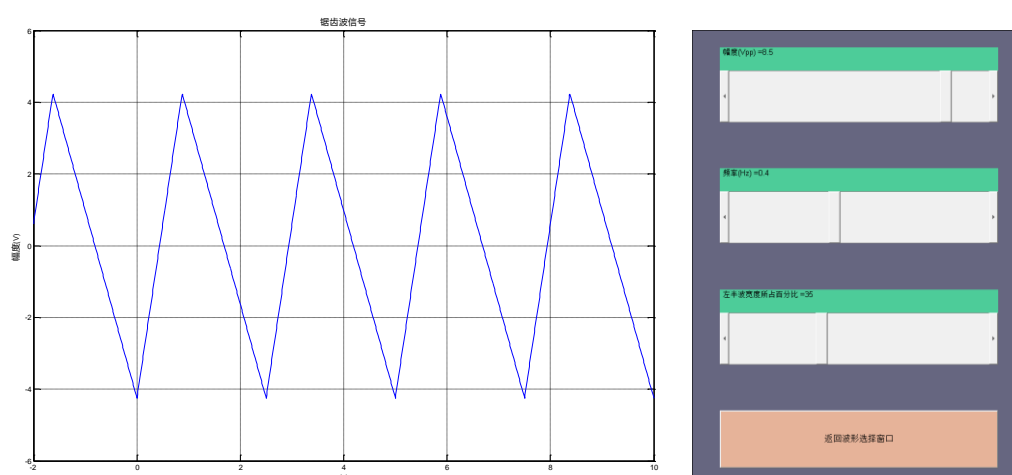


图 4-9 锯齿波信号（幅度（Vpp）=8.5，频率（Hz）=0.4，左半波宽度所占百分比=35）

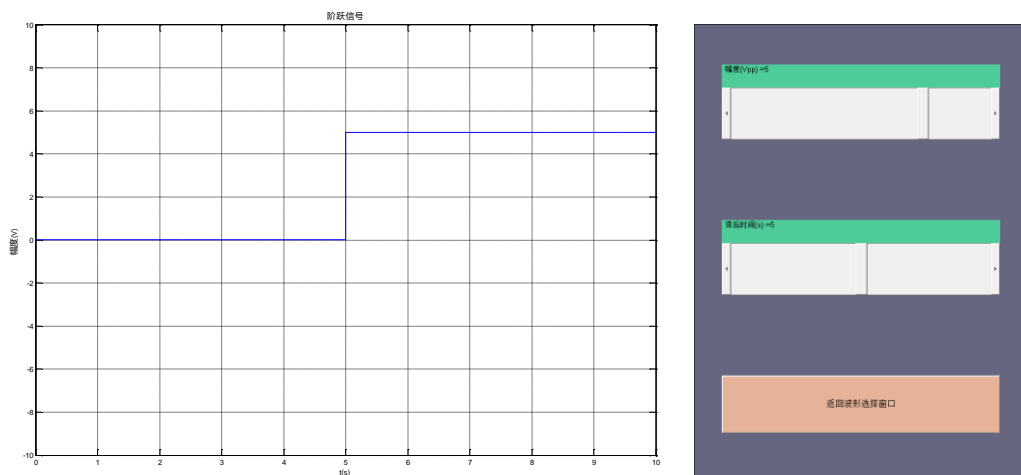


图 4-10 阶跃信号（幅度（Vpp）=5，滞后时间（s）=5）

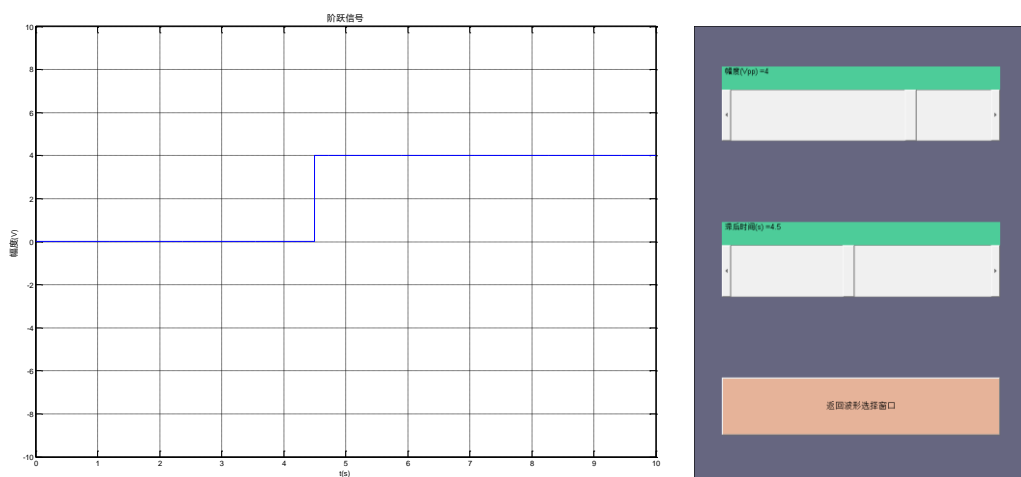


图 4-11 阶跃信号（幅度（Vpp）=4，滞后时间（s）=4.5）

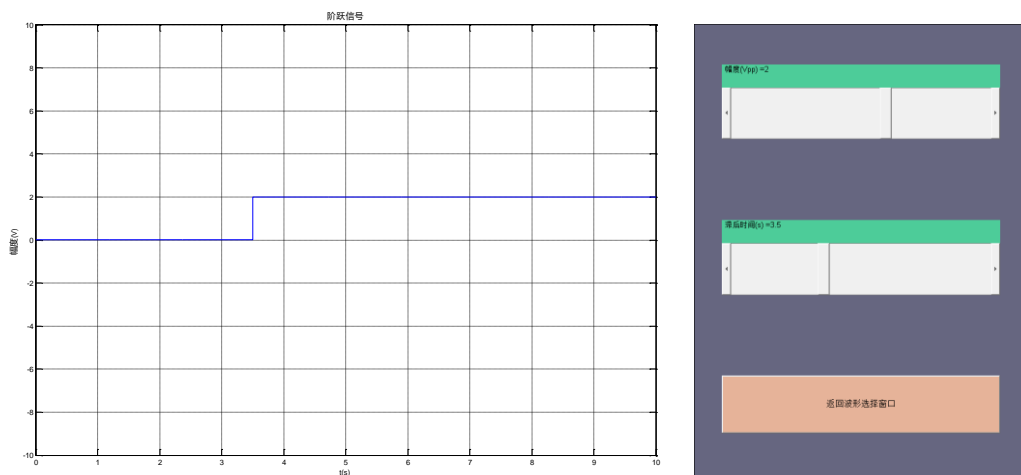


图 4-12 阶跃信号（幅度（Vpp）=2，滞后时间（s）=3.5）

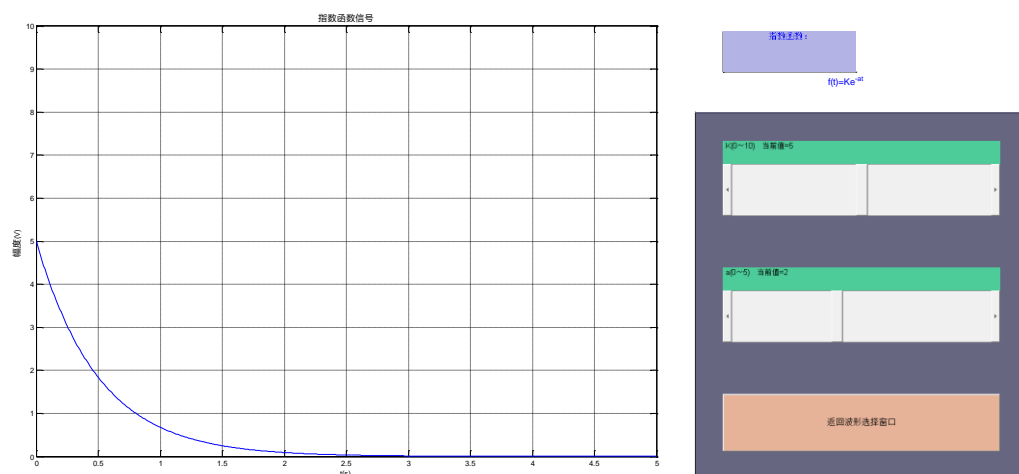


图 4-13 指数函数信号（K（0~10）当前值=5，a（0~5）当前值=2）

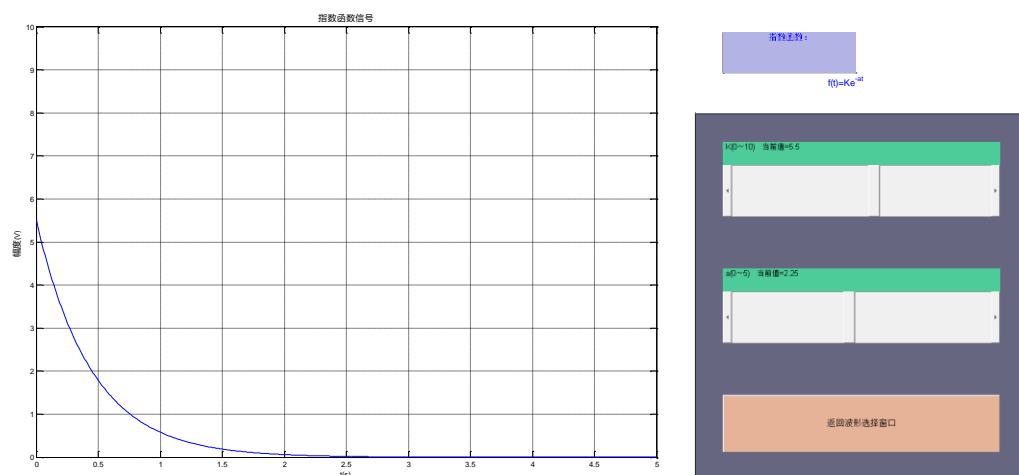


图 4-14 指数函数信号 (K (0~10) 当前值=5.5, a (0~5) 当前值=2.25)

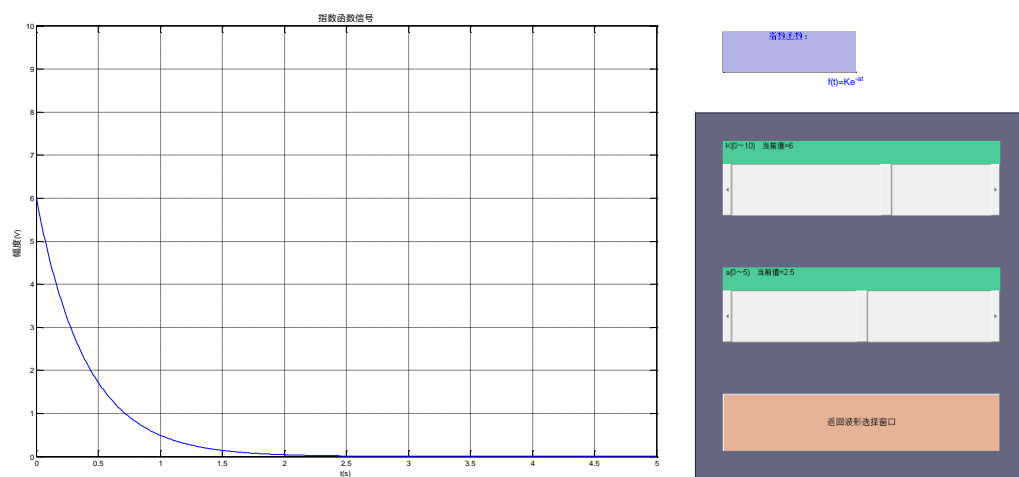


图 4-15 指数函数信号 (K (0~10) 当前值=6, a (0~5) 当前值=2.5)

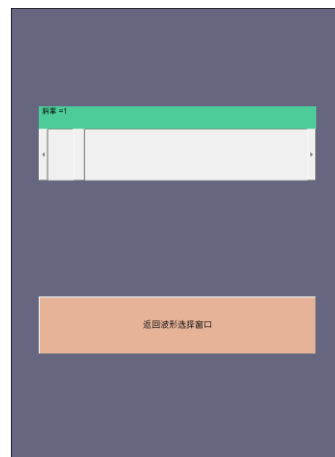
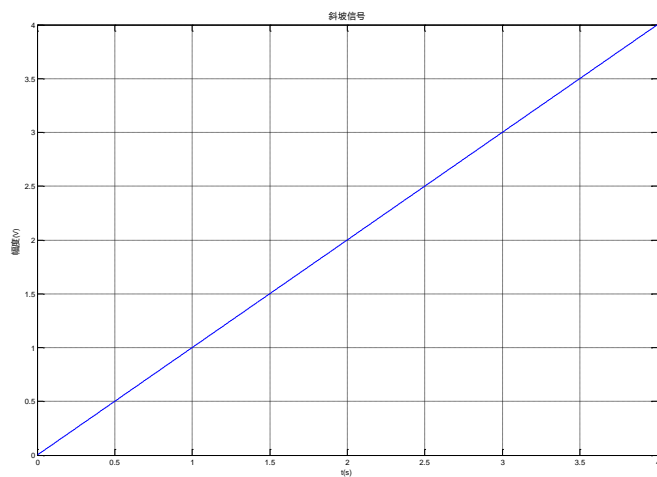


图 4-16 斜坡信号（斜率=1）

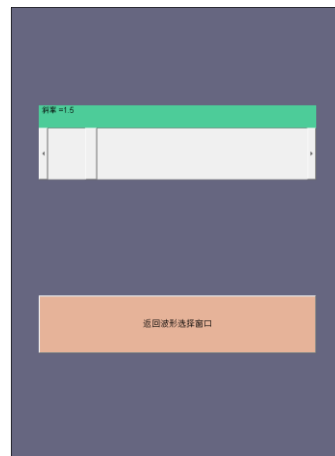
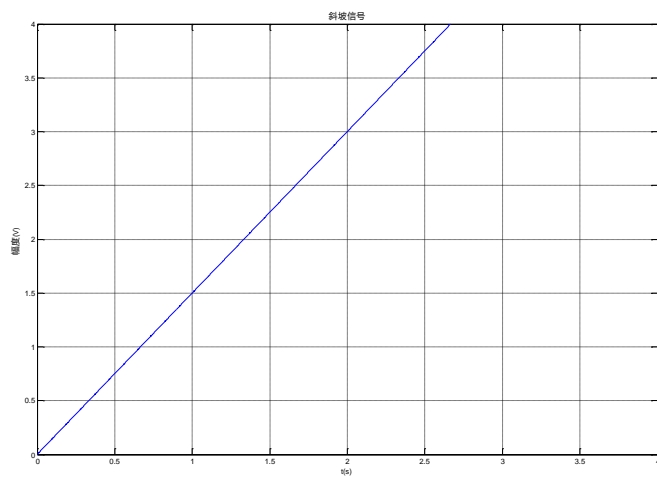


图 4-17 斜坡信号（斜率=1.5）

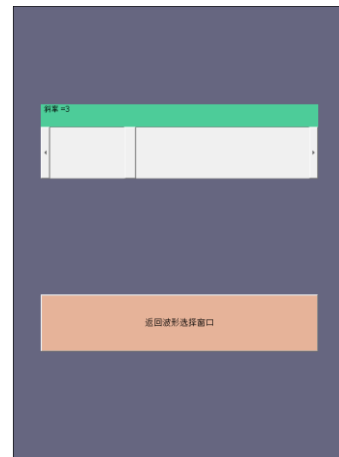
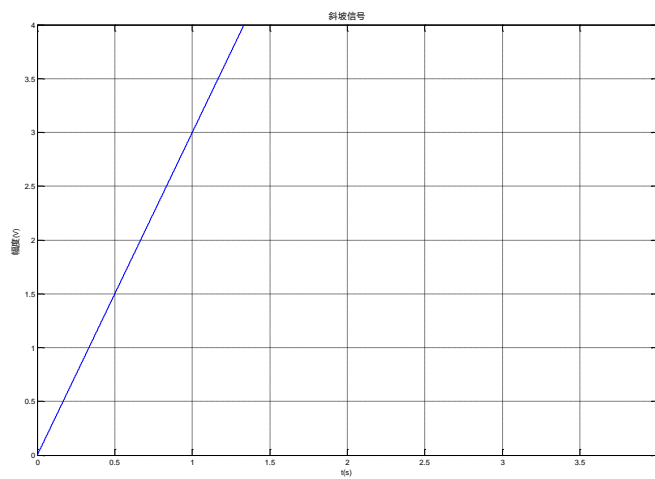


图 4-18 斜坡信号（斜率=3）

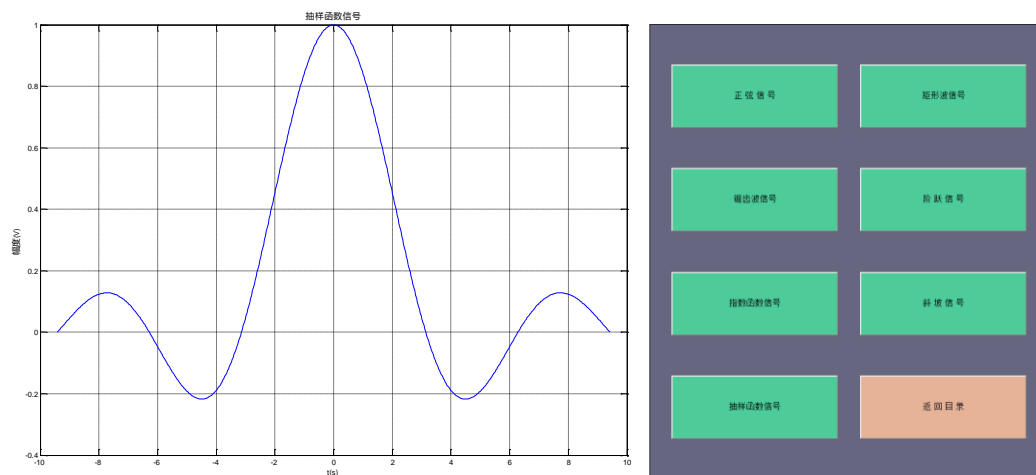


图 4-19 抽样函数信号

五、实验心得及体会

《信号与系统》课程实验报告二

实验名称	信号的基本运算						
姓 名		系院专业	计算机与信息系 物联网工程	班 级	17-2 班	学 号	
实验日期	2019 年 11 月 12 日		指导教师	贾璐		成 绩	

一、实验目的

利用MATLAB实现信号的基本运算。

二、实验原理

信号的尺度变换、翻转、平移（时移）运算，实际上是函数自变量的运算。在信号的尺度变换 $f(at)$ 和 $f[Mk]$ 中，函数的自变量乘以一个常数，在 MATLAB 中可用算术符 “*” 来实现。在信号翻转 $f(-t)$ 和 $f[-k]$ 运算中，函数的自变量乘以一个负号，在 MATLAB 中可以直接用负号 “-” 写出。翻转运算在 MATLAB 中还可以利用 `flip1r(f)` 函数来实现，而翻转后信号的坐标可由 `-flip1r(k)` 得到。在信号时移 $f(t \pm t_0)$ 和 $f[k \pm k_0]$ 运算中，函数自变量加、减一个常数，在 MATLAB 中可用算术运算符 “+” 或者 “-” 来实现。

卷积是用来计算系统零状态响应的有力工具，对于连续时间系统，有 $y(t)=x(t)*h(t)$ ，其中 $h(t)$ 为系统传递函数（即冲激响应）；对于离散时间系统，有 $y[n]=x[n]*h[n]$ ，其中 $h[n]$ 为系统传递函数（即单位冲激响应）。

MATALB 信号处理工具箱提供了一个计算两个离散序列卷积和的函数 `conv`，其调用形式为：

$$c=\text{conv}(a, b)$$

式中， a, b 分别为待卷积的两序列的向量表示， c 是卷积结果。向量 c 的长度为向量 a, b 的长度之和减 1，即 $\text{length}(c)=\text{length}(a)+\text{length}(b)-1$ 。

卷积积分的运算实际上可利用信号的分段求和来实现。利用 MATLAB 计算连续信号的卷积，是通过离散序列的卷积和来近似实现。将连续信号 $f_1(t)$ 、 $f_2(t)$ 以相等的时间间隔进行取样，得到离散序列 $f_1(k_1 \Delta)$ 、 $f_2(k_2 \Delta) \cdots$ 。在 MATLAB 中，函数 `conv()`、函数 `deconv()` 可用来求两个离散序列的卷积和去卷积，`conv()` 函数的调用格式为： $f=\text{conv}(f_1, f_2)$ ，`deconv()` 函数的调用格式为： $[f, k]=\text{deconv}(f_1, f_2, k_1, k_2)$ 。要注意的是 k 如何确定。

三、实验内容

计算正弦信号、余弦信号、单位斜坡信号、单位抛物线信号、指数函数信号、抽样函数信号、单位阶跃信号的翻转、倒相、尺度变换、信号延迟以及两信号之间的卷积、相加和相乘，计算离散信号的卷积和。

三、实验步骤

点击图 0-3 目录界面中的“仿真二”按钮，进入图 2-1。

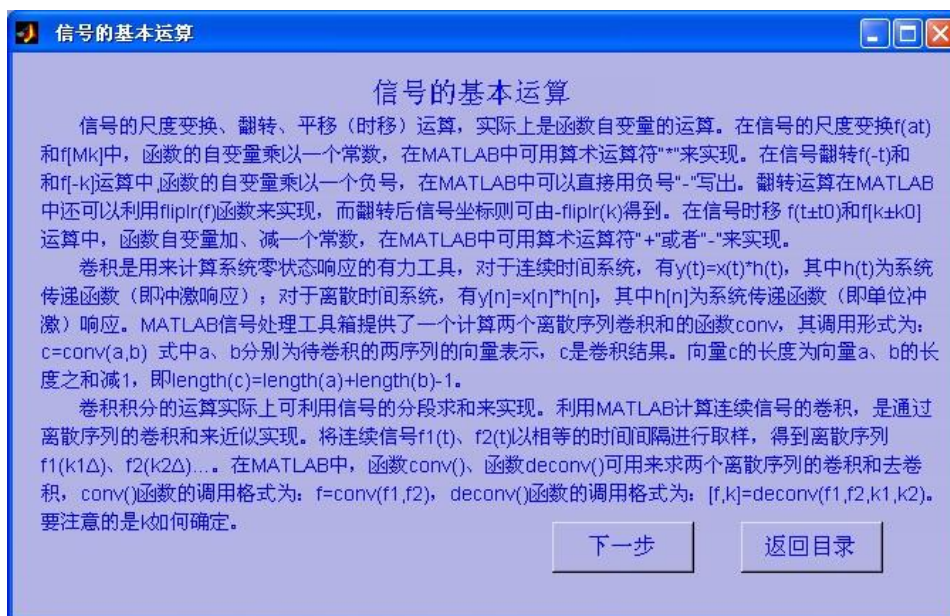


图 2-1 “信号的基本运算”仿真原理界面

点击图 2-1 中的“下一步”按钮，进入图 2-2 所示界面。

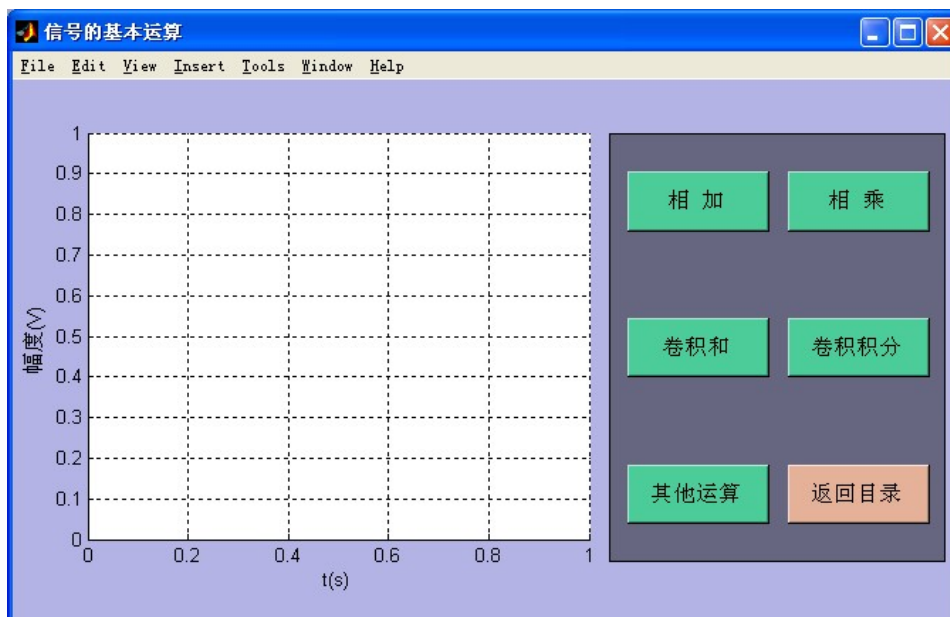


图 2-2 “信号的基本运算”仿真主界面

点击图 2-2 中的“相加”按钮，进入图 2-3 所示界面。

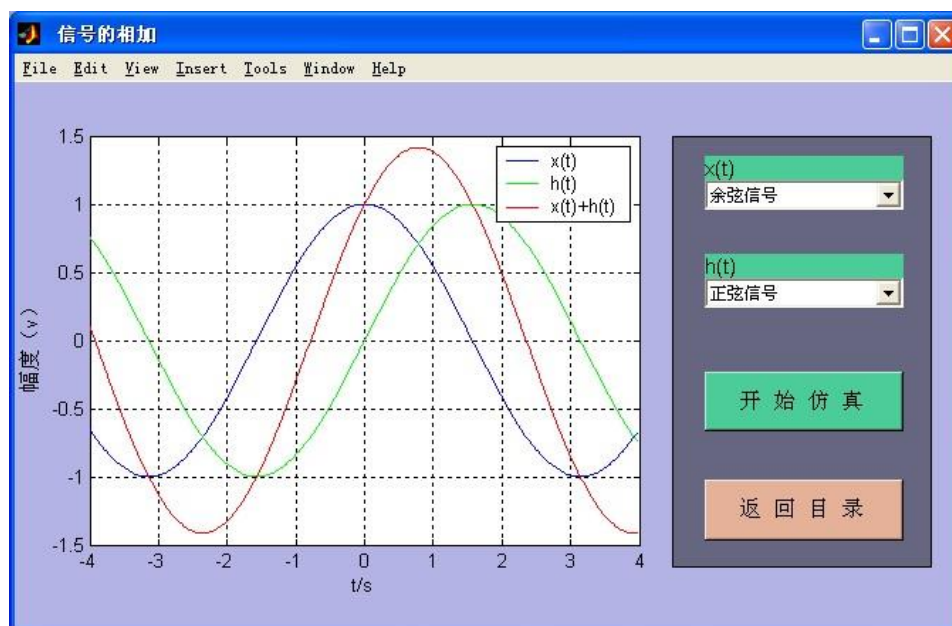


图 2-3 余弦信号与正弦信号的相加

选择要进行相加运算的两个信号，然后点击“开始仿真”按钮，得到如上所示信号相加运算结果。点击“返回目录”按钮，可重新选择进行信号的相乘运算、连续信号的卷积运算、离散信号的卷积和运算，仿真结果分别如下例图所示。

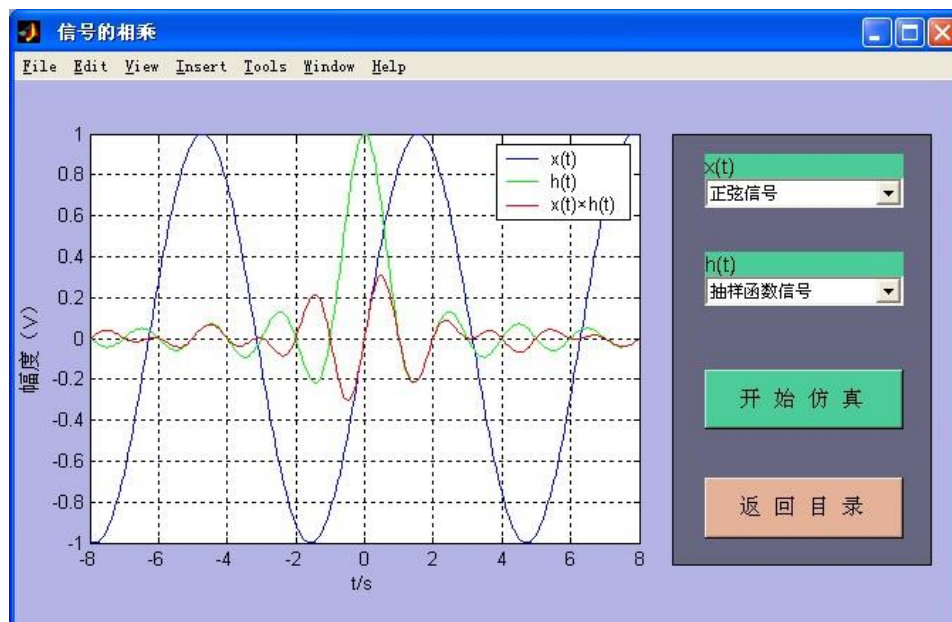


图 2-4 正弦信号与抽样函数信号的相乘

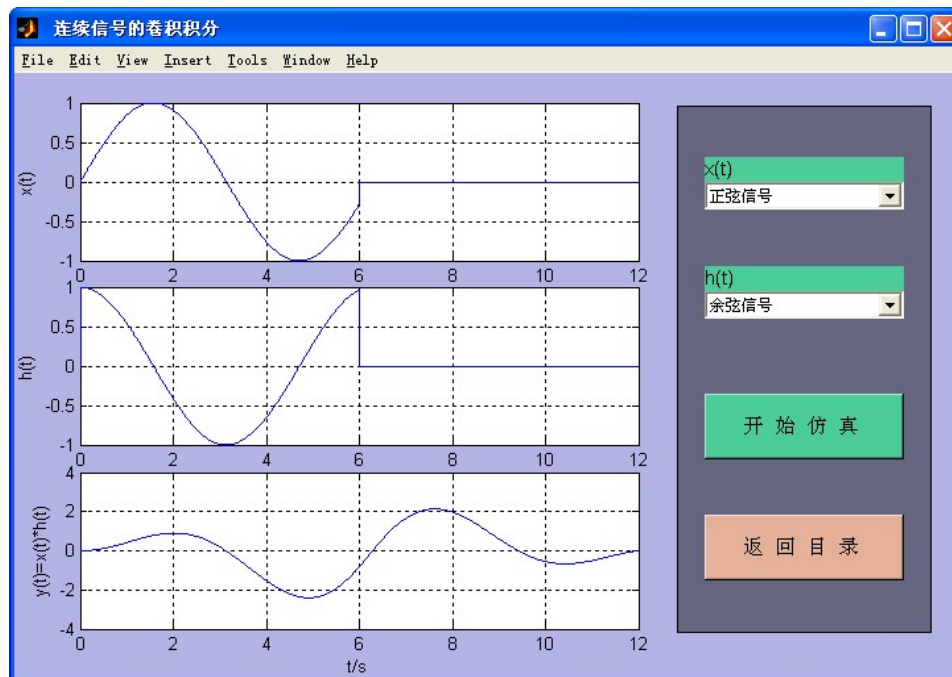


图 2-5 连续信号的卷积积分

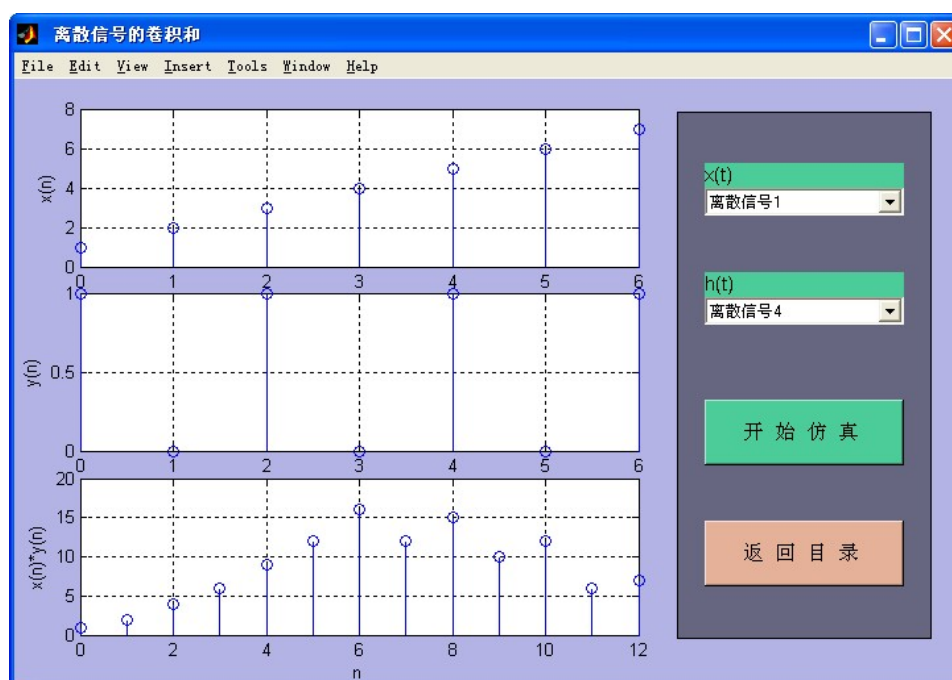


图 2-6 离散信号的卷积和

点击图 2-1 右侧的“其他运算”按钮进入图 2-7 所示界面。

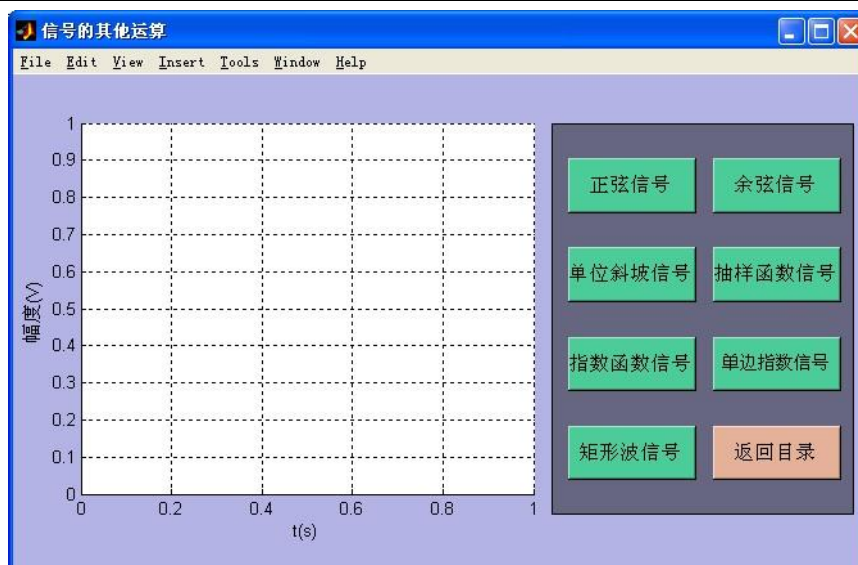


图 2-7 “信号的其他运算”仿真界面

任意点击右侧的波形选择按钮，进入相应波形的仿真界面，例如点击“单边指数信号”按钮，进入图 2-8 所示。

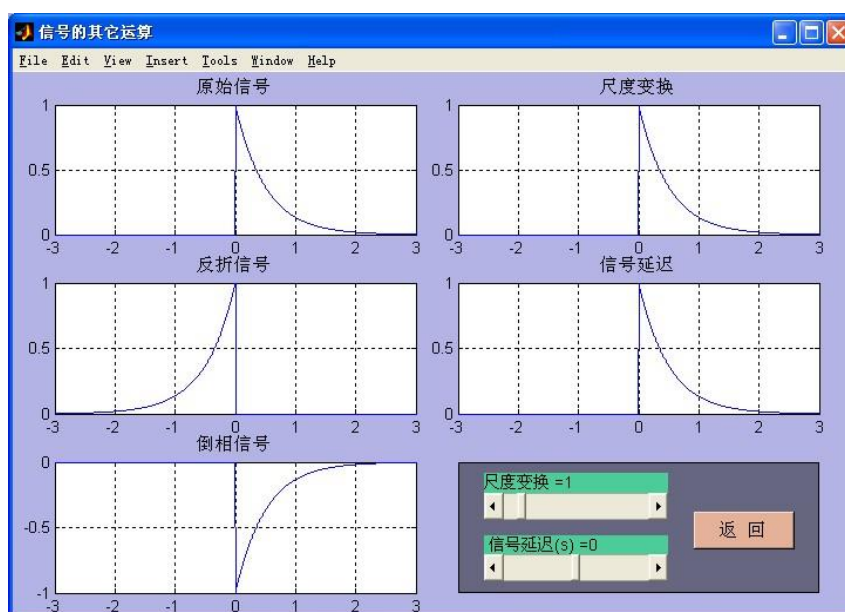


图 2-8 单边指数信号的其他运算

在该界面可以观察原始信号的反折信号、倒相信号，通过移动滑动块对信号进行尺度变换以及信号延迟。仿真完毕后，可直接关闭窗口结束仿真，也可点击“返回”按钮，回到波形选择界面，以便开始其它信号的仿真。

四、实验结果及分析

本次实验结果以截图的形式展示，如图 4-1 至图 4-52 所示。其中，图 4-1 至图 4-16 为卷积和，图 4-17 至图 4-44 为尺度变换、信号反折、信号延迟与信号倒相（以下简称“四变”），图 4-45 至图 4-52 为附加题的图。

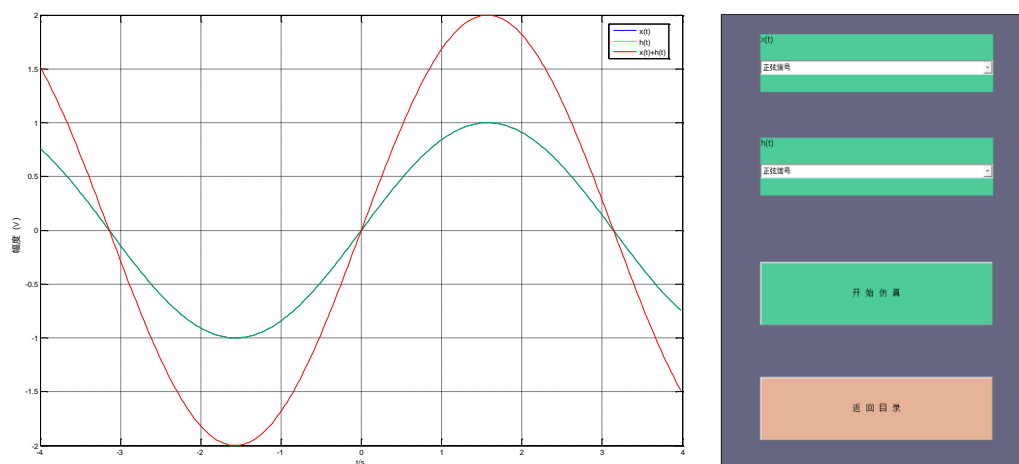


图 4-1 正弦信号与正弦信号卷积和

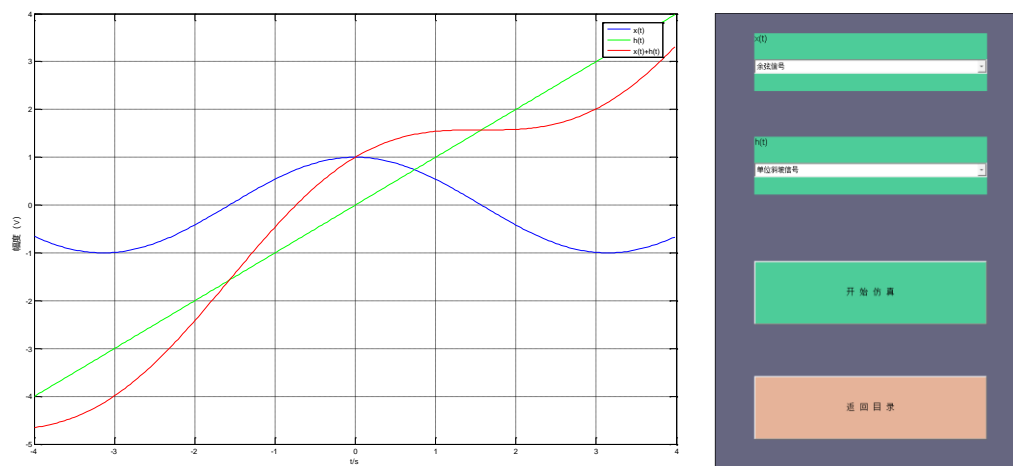


图 4-2 余弦信号与单位斜坡信号卷积和

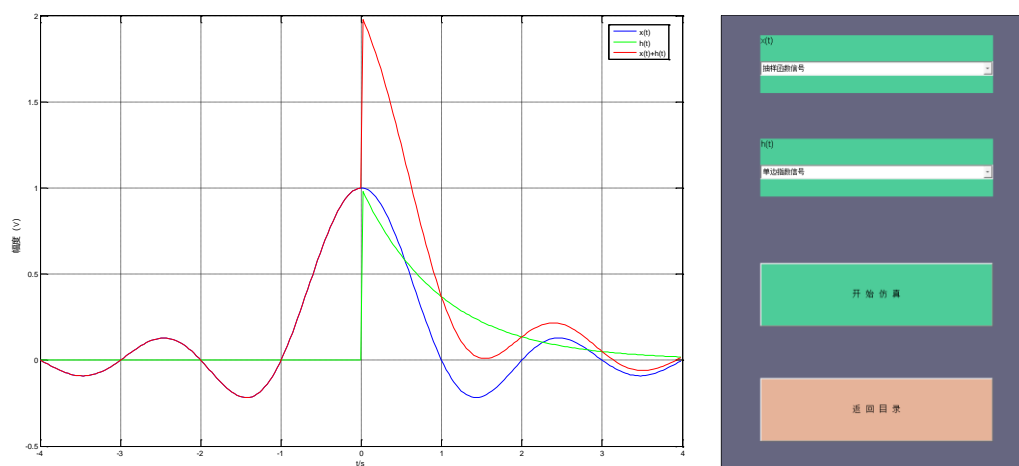


图 4-3 抽样函数信号与单边指数信号卷积和

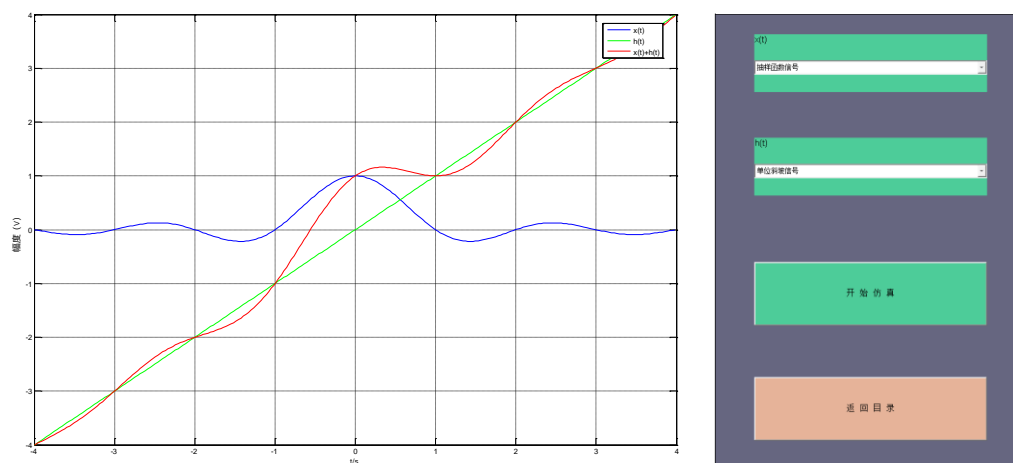
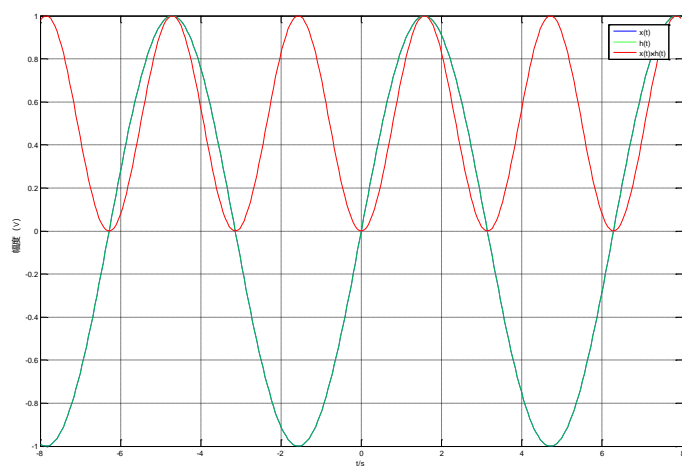


图 4-4 抽样函数信号与单位斜坡信号卷积和



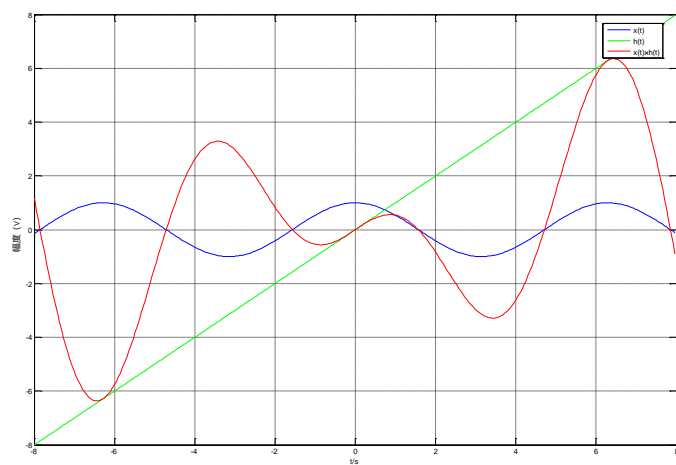
$x(t)$
 正弦信号

$h(t)$
 正弦信号

开始仿真

返回目录

图 4-5 正弦信号与正弦信号卷积和



$x(t)$
 余弦信号

$h(t)$
 单位斜坡信号

开始仿真

返回目录

图 4-6 余弦信号与单位斜坡信号卷积和

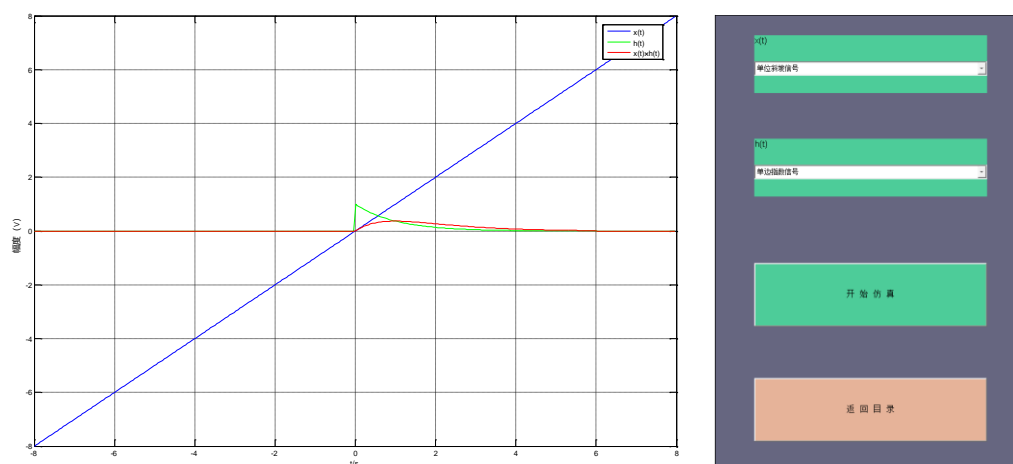


图 4-7 单位斜坡信号与单边指数信号卷积和

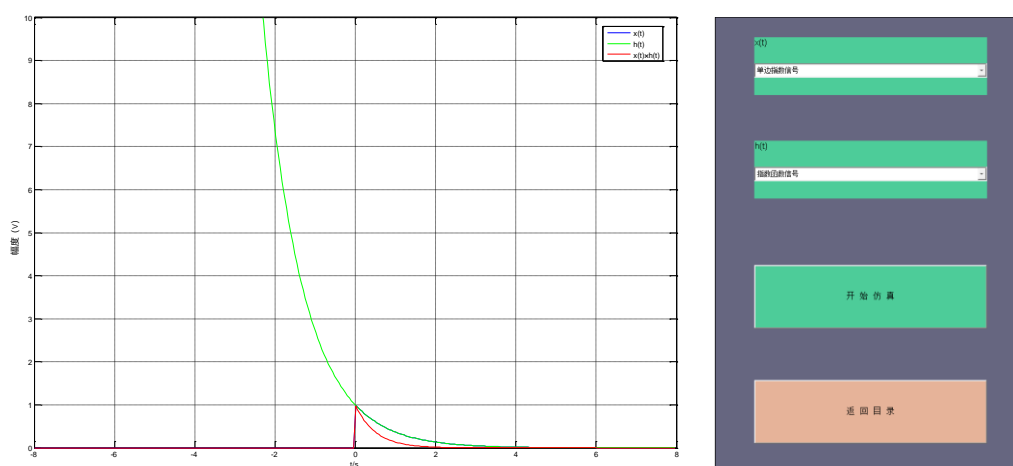


图 4-8 单边指数信号与指数函数信号卷积和

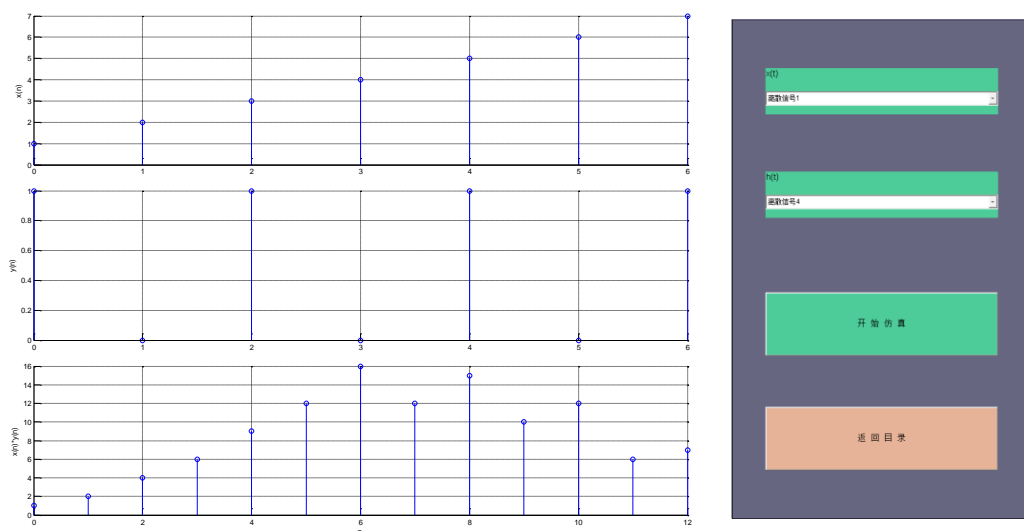


图 4-9 离散信号 1 与离散信号 4 卷积和

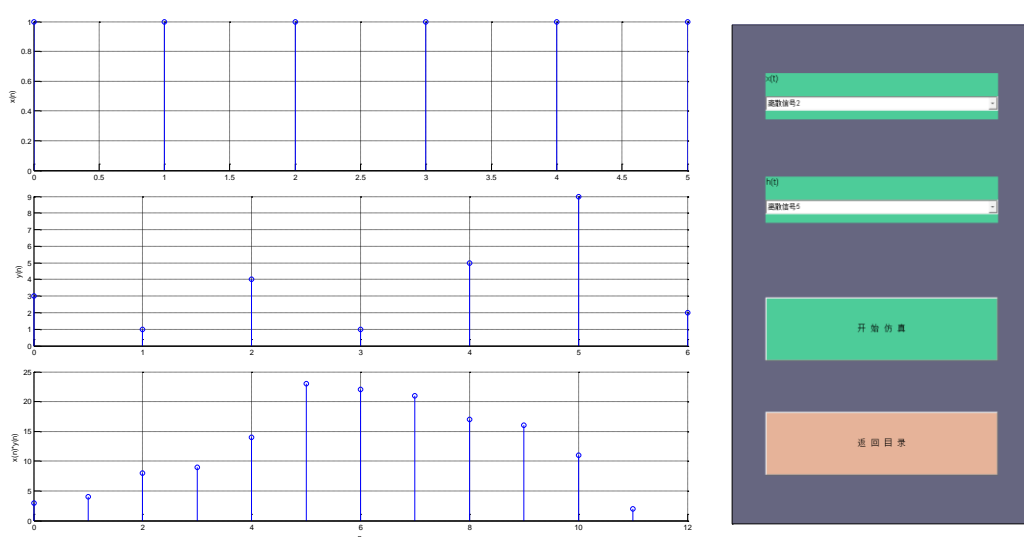


图 4-10 离散信号 2 与离散信号 5 卷积和

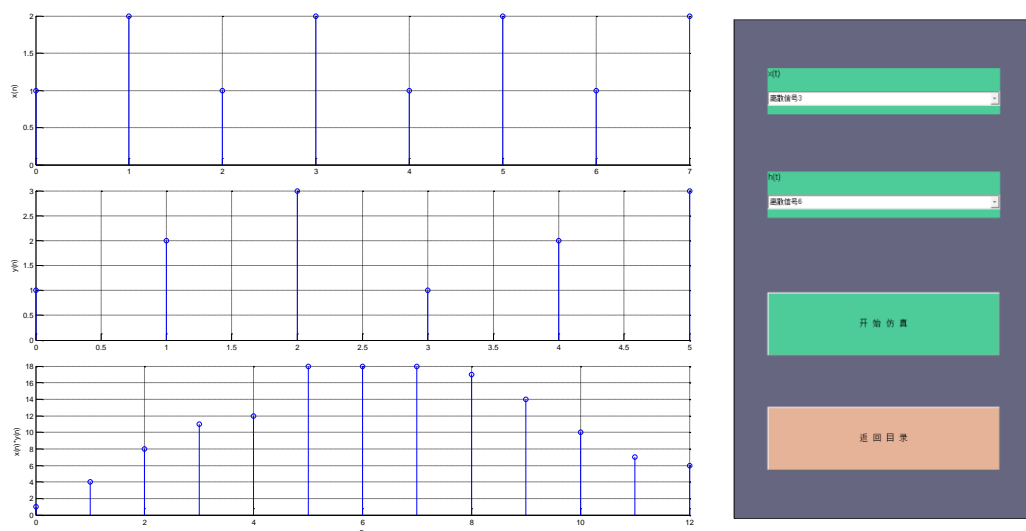


图 4-11 离散信号 3 与离散信号 6 卷积和

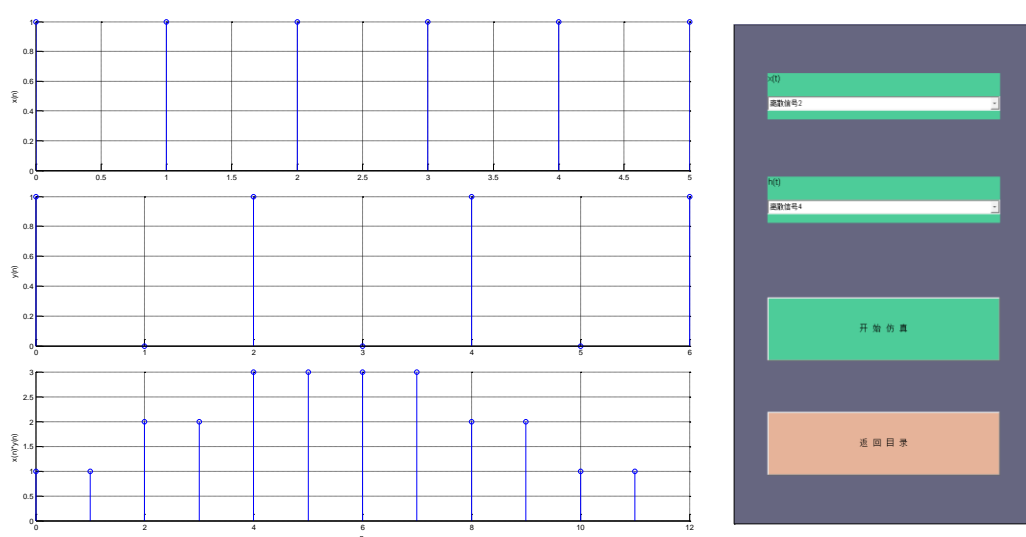
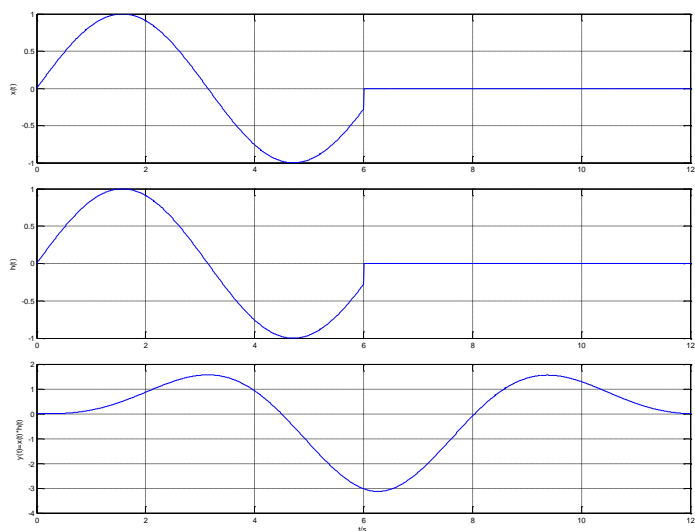


图 4-12 离散信号 2 与离散信号 4 卷积和



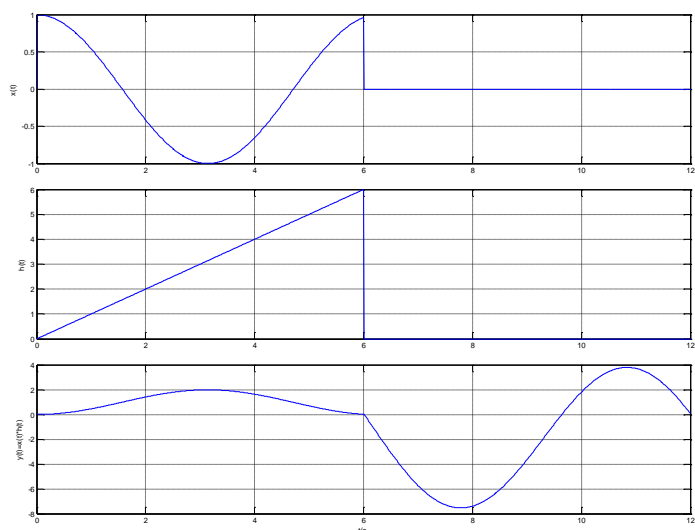
$x(t)$

$h(t)$

开始仿真

返回目录

图 4-13 正弦信号与正弦信号卷积和



$x(t)$

$h(t)$

开始仿真

返回目录

图 4-14 余弦信号与单位斜坡信号卷积和

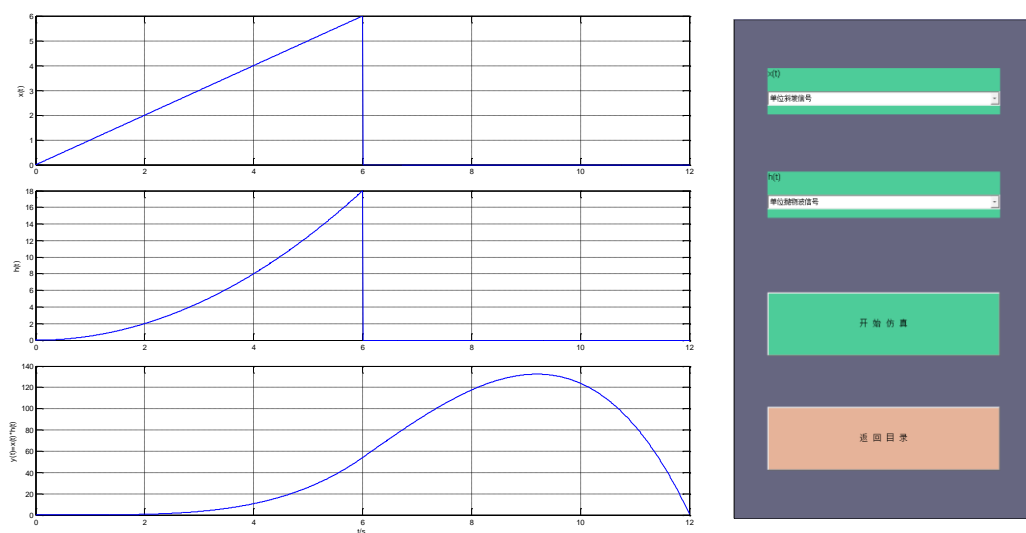


图 4-15 单位斜坡信号与单位抛物波信号卷积和

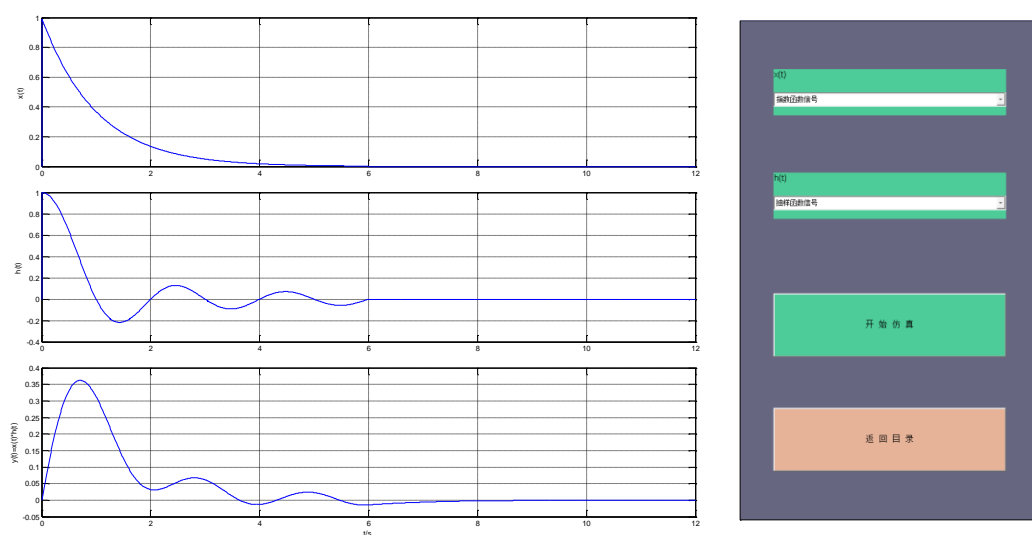


图 4-16 指数函数信号与抽样函数信号卷积和

以下为“四变”的仿真图像。

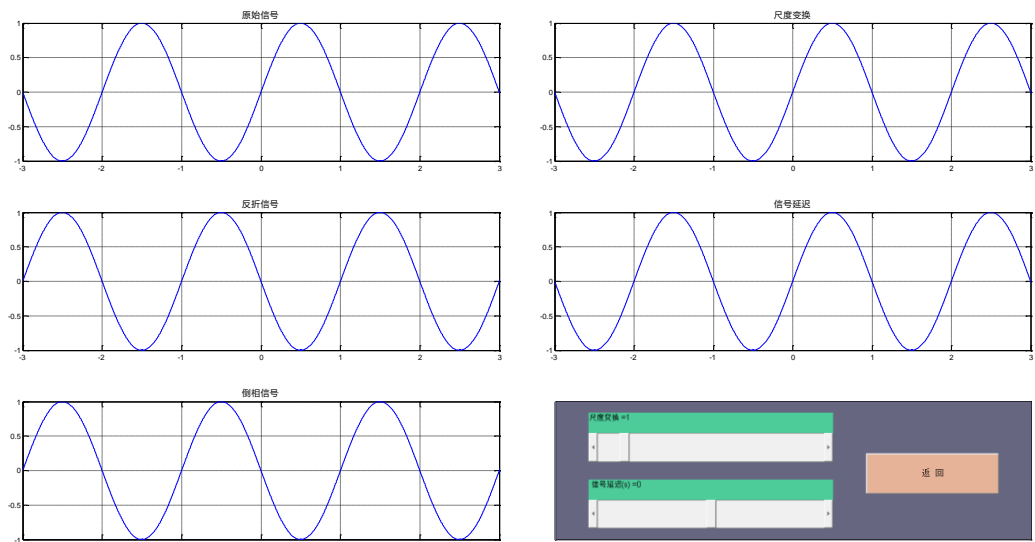


图 4-17 正弦信号四变图像（尺度变换=1，信号延迟（s）=0）

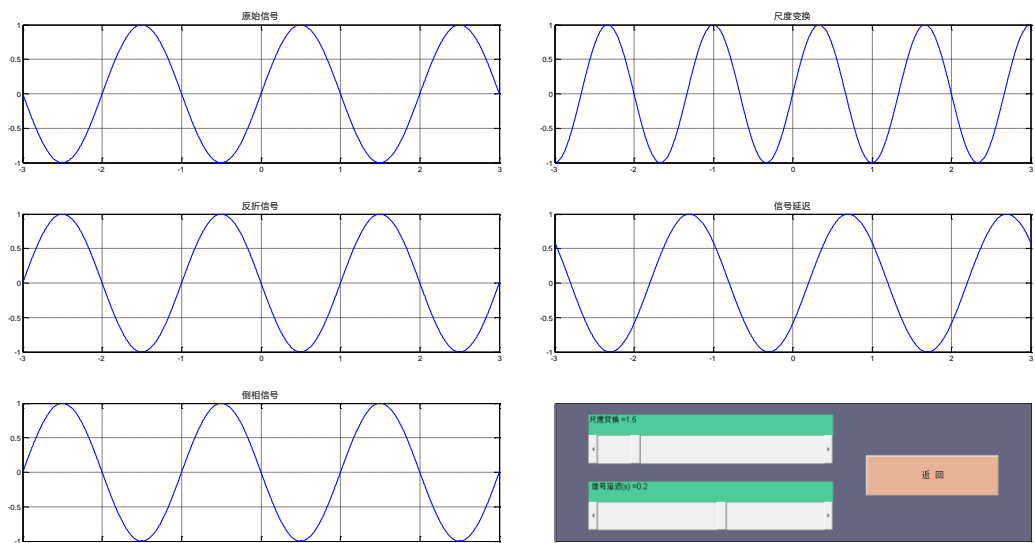


图 4-18 正弦信号四变图像（尺度变换=1.5，信号延迟（s）=0.2）

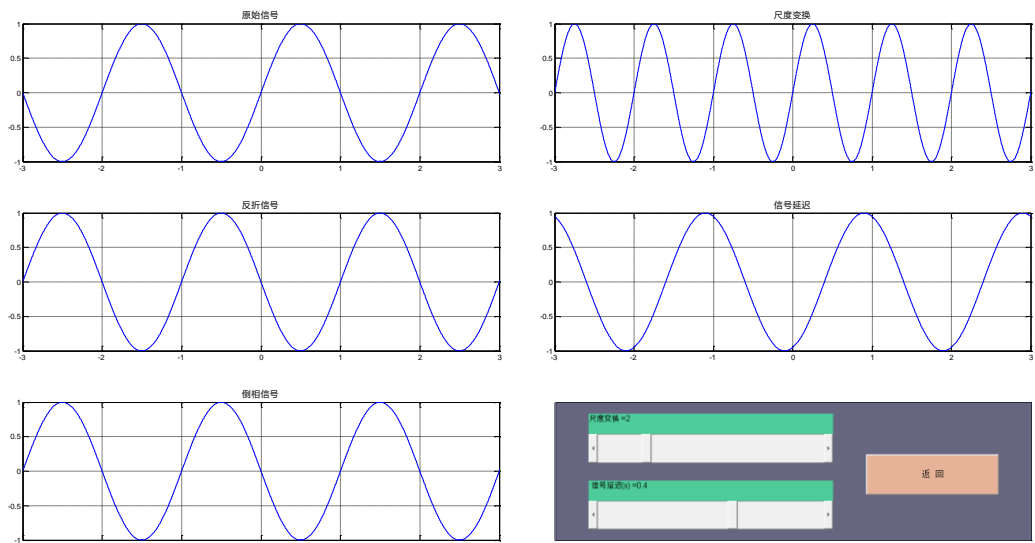


图 4-19 正弦信号四变图像（尺度变换=2，信号延迟（s）=0.4）

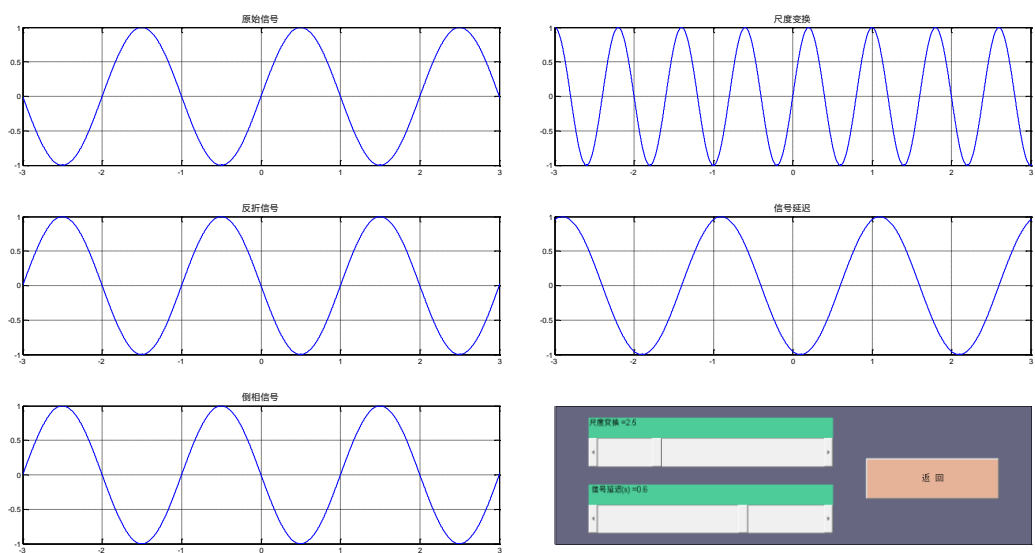


图 4-20 正弦信号四变图像（尺度变换=2.5，信号延迟（s）=0.6）

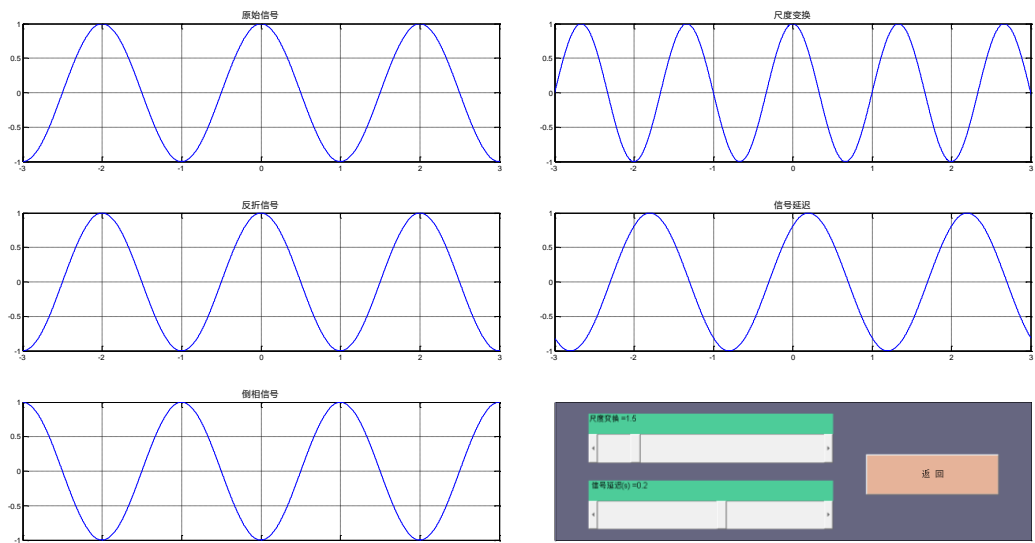


图 4-21 余弦信号四变图像（尺度变换=1.5，信号延迟（s）=0.2）

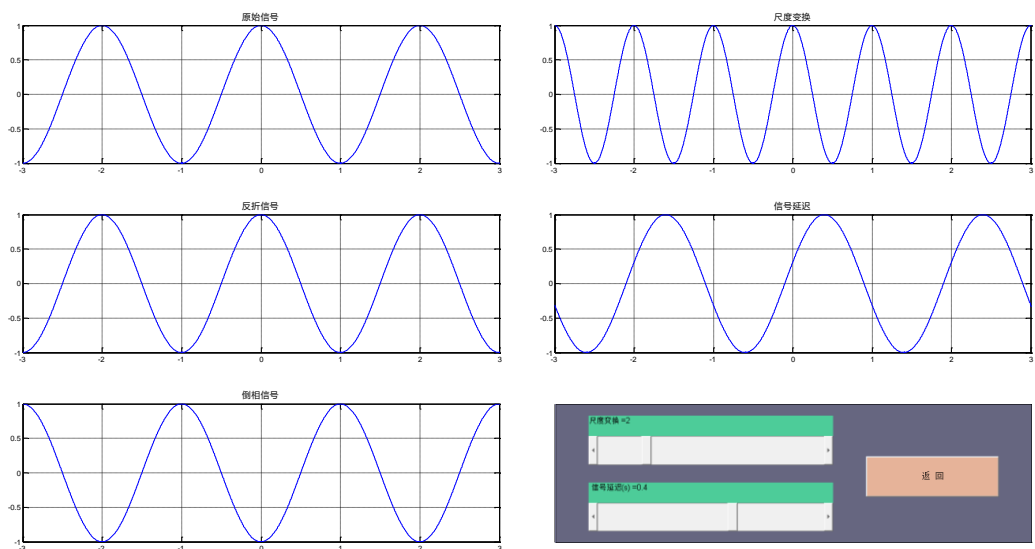


图 4-22 余弦信号四变图像（尺度变换=2，信号延迟（s）=0.4）

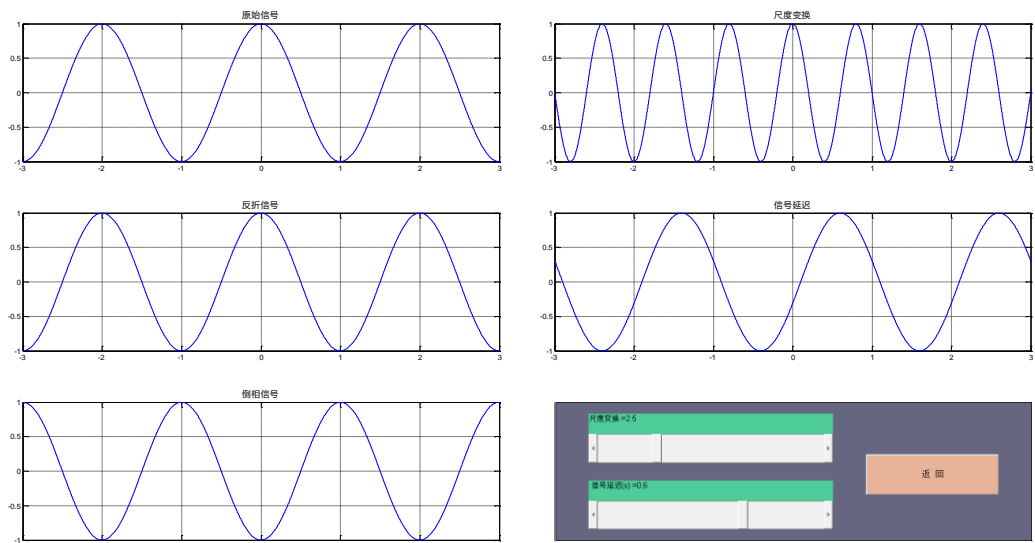


图 4-23 余弦信号四变图像（尺度变换=2.5，信号延迟（s）=0.6）

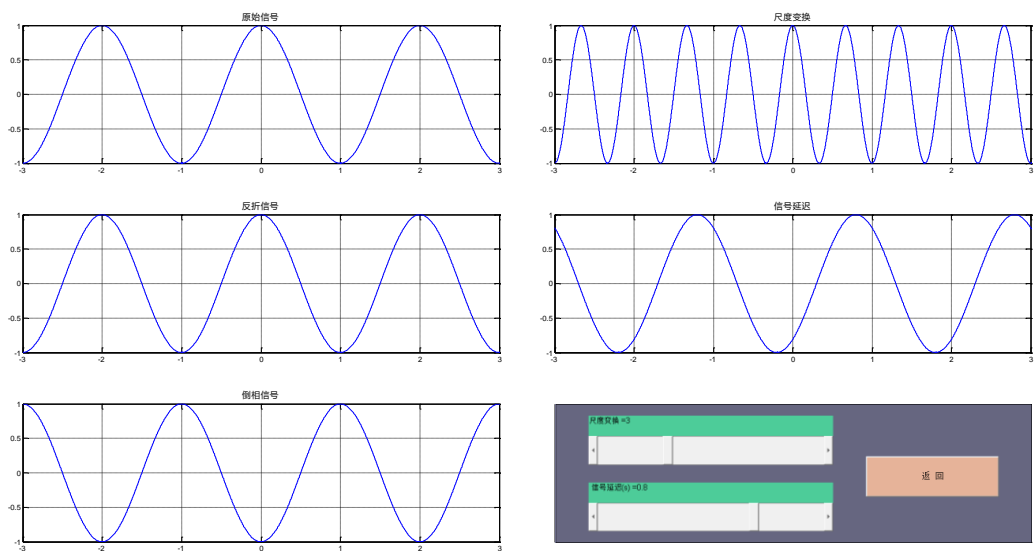


图 4-24 余弦信号四变图像（尺度变换=3，信号延迟（s）=0.8）

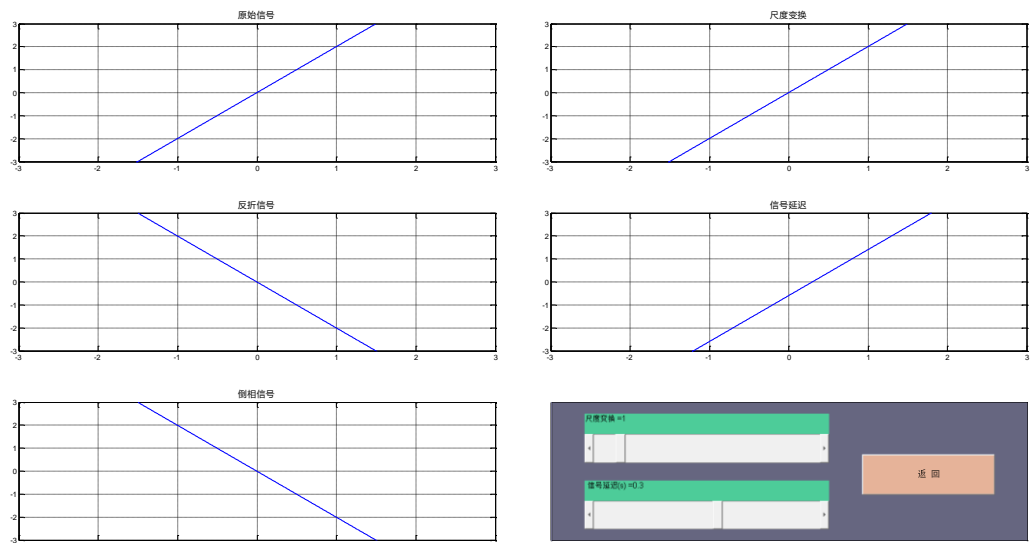


图 4-25 单位斜坡信号四变图像（尺度变换=1，信号延迟（s）=0.3）

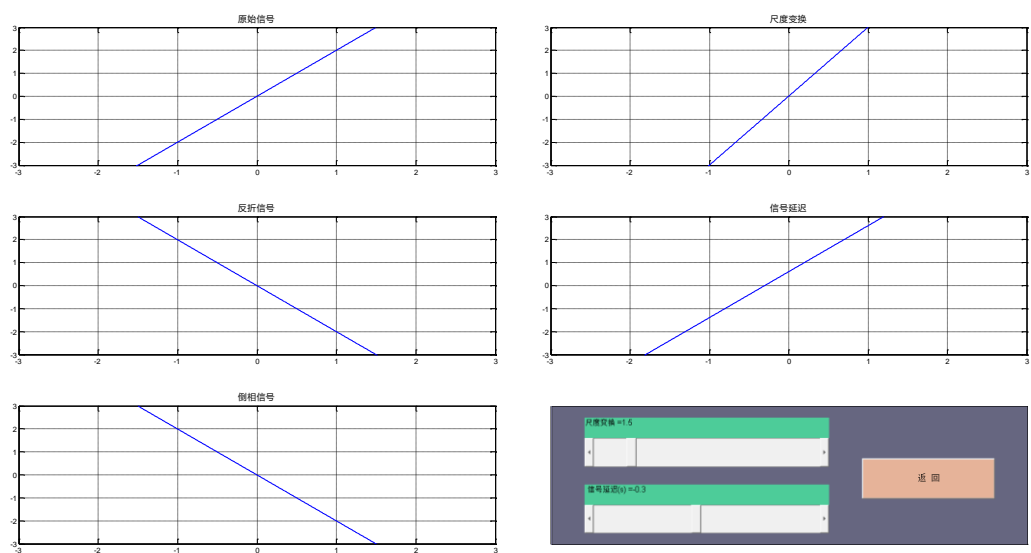


图 4-26 单位斜坡信号四变图像（尺度变换=1.5，信号延迟（s）=0.3）

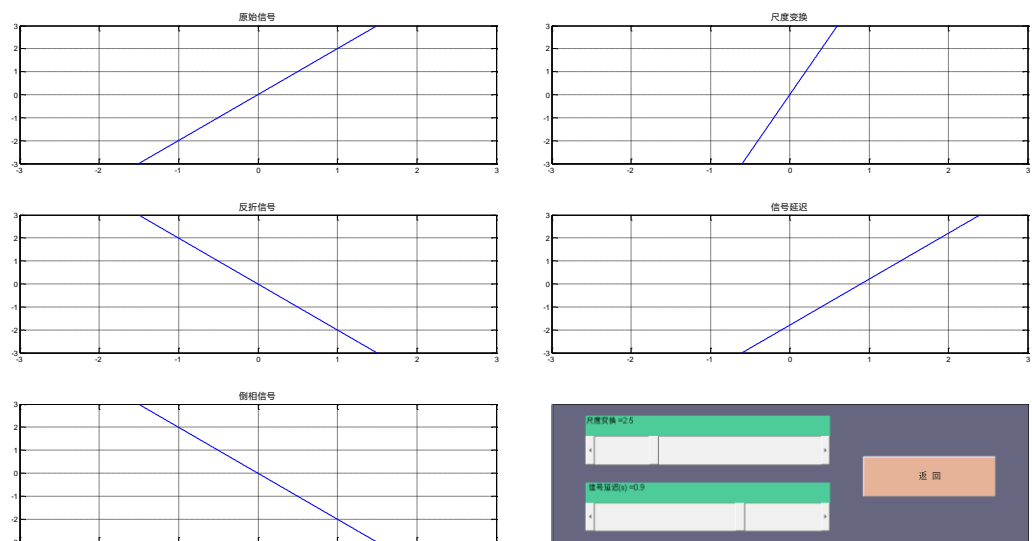


图 4-27 单位斜坡信号四变图像（尺度变换=2.5，信号延迟（s）=0.9）

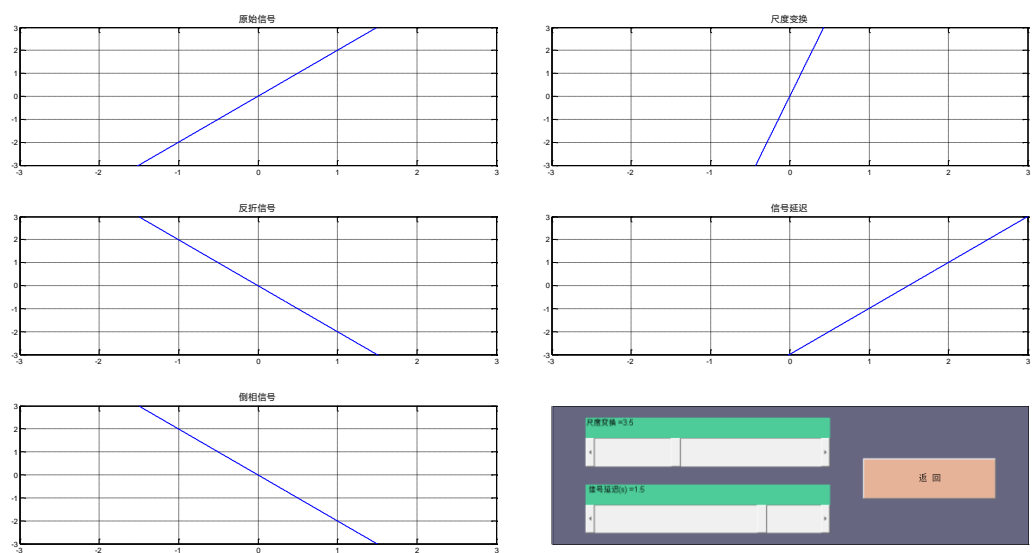


图 4-28 单位斜坡信号四变图像（尺度变换=3.5，信号延迟（s）=1.5）

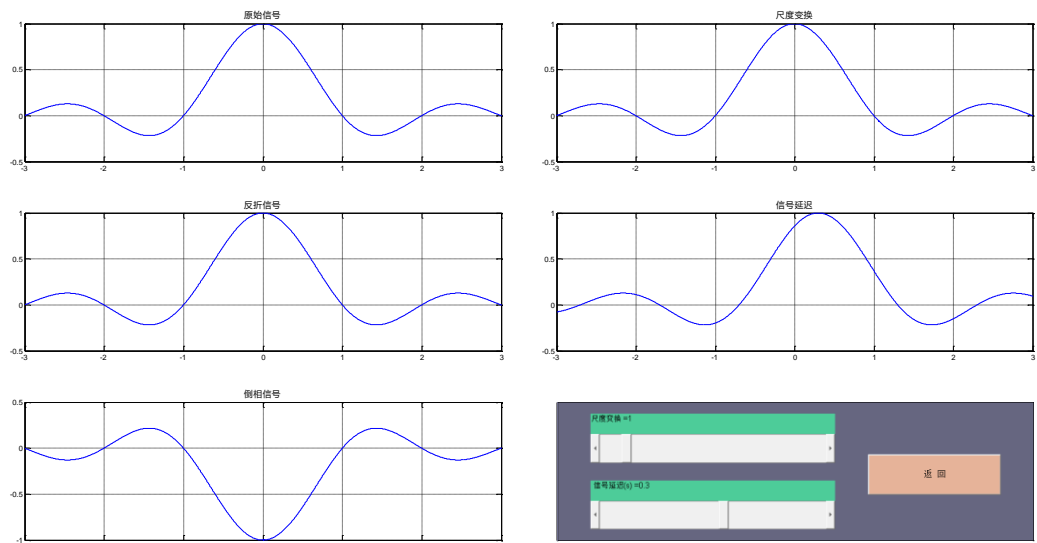


图 4-29 抽样信号四变图像（尺度变换=1，信号延迟（s）=0.3）

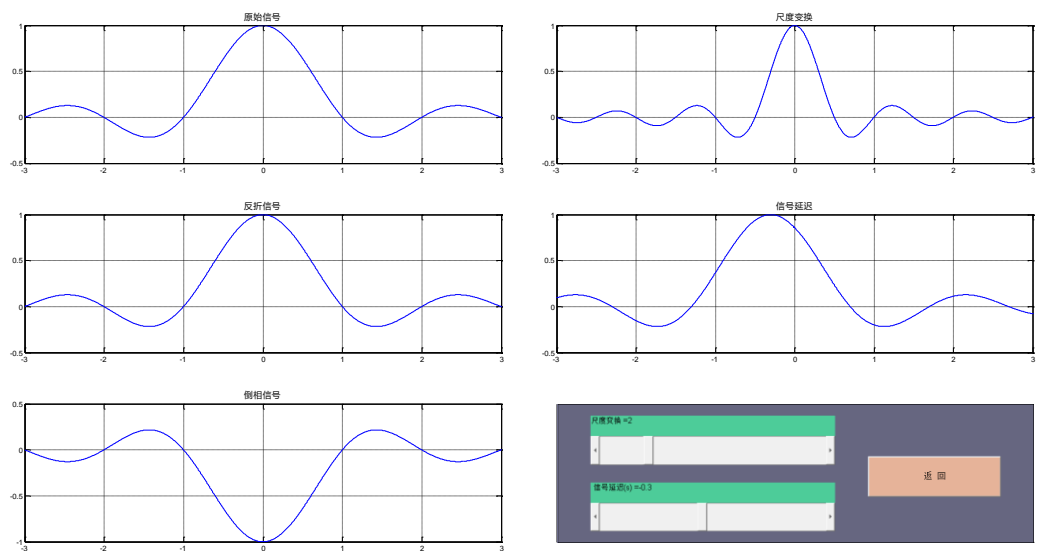


图 4-30 抽样信号四变图像（尺度变换=2，信号延迟（s）=0.3）

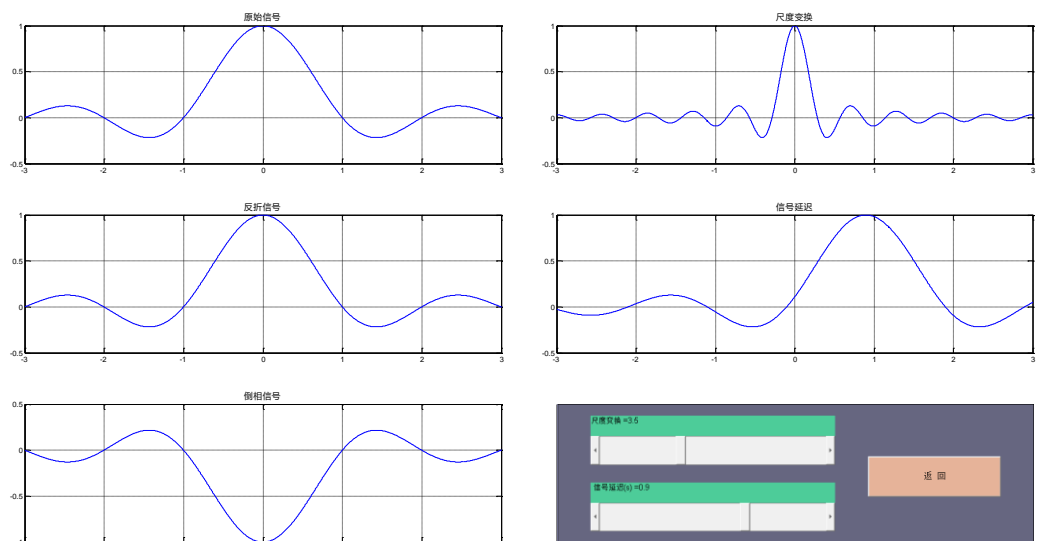


图 4-31 抽样信号四变图像（尺度变换=3.5，信号延迟（s）=0.9）

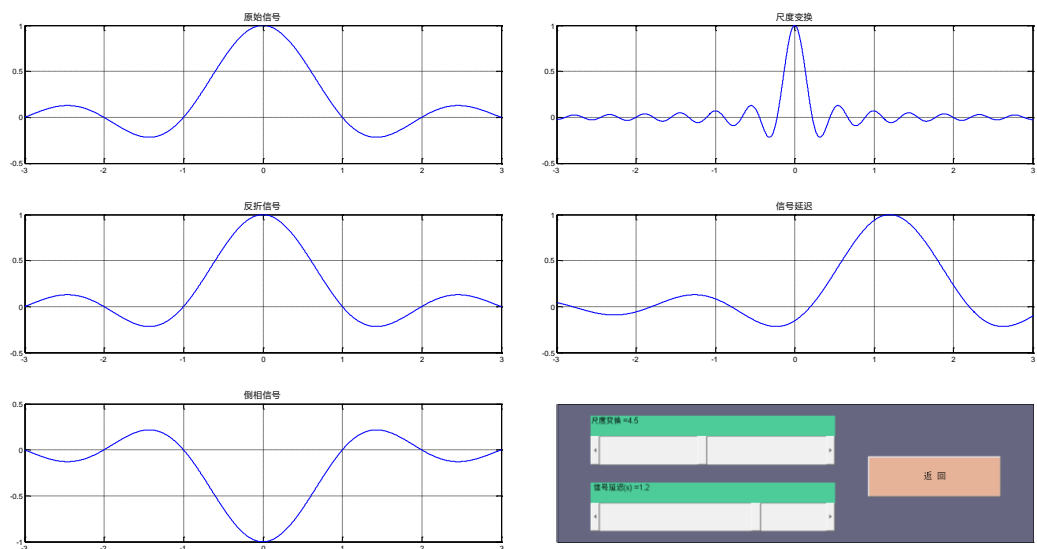


图 4-32 抽样函数信号四变图像（尺度变换=4.5，信号延迟（s）=1.2）

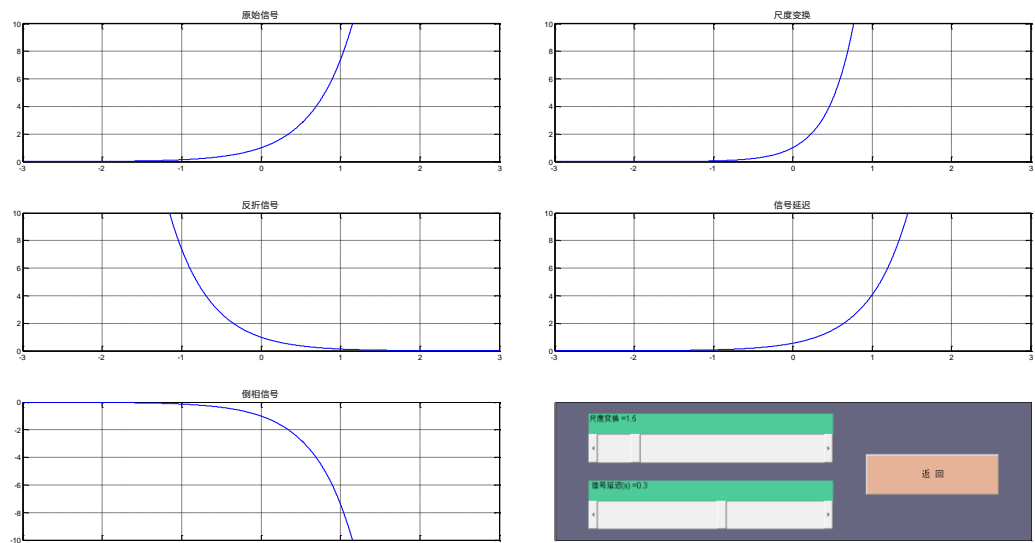


图 4-33 指数函数信号四变图像（尺度变换=1.5，信号延迟（s）=0.3）

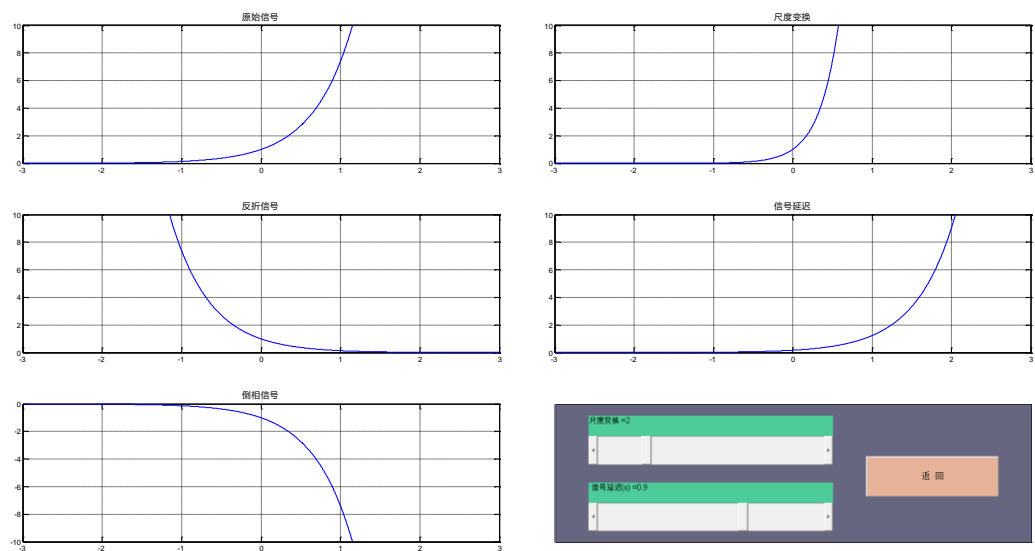


图 4-34 指数函数信号四变图像（尺度变换=2，信号延迟（s）=0.9）

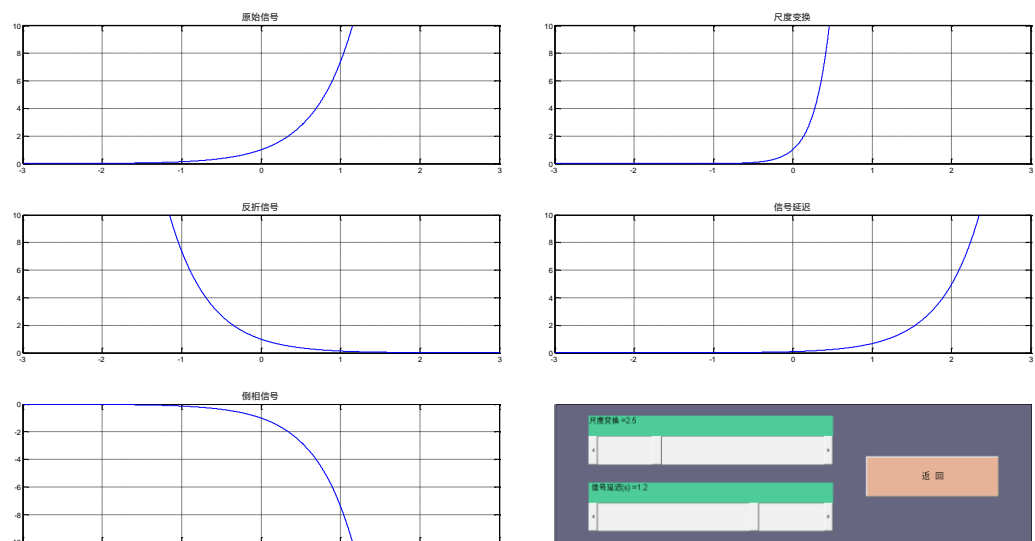


图 4-35 指数函数信号四变图像（尺度变换=2.5，信号延迟（s）=1.2）

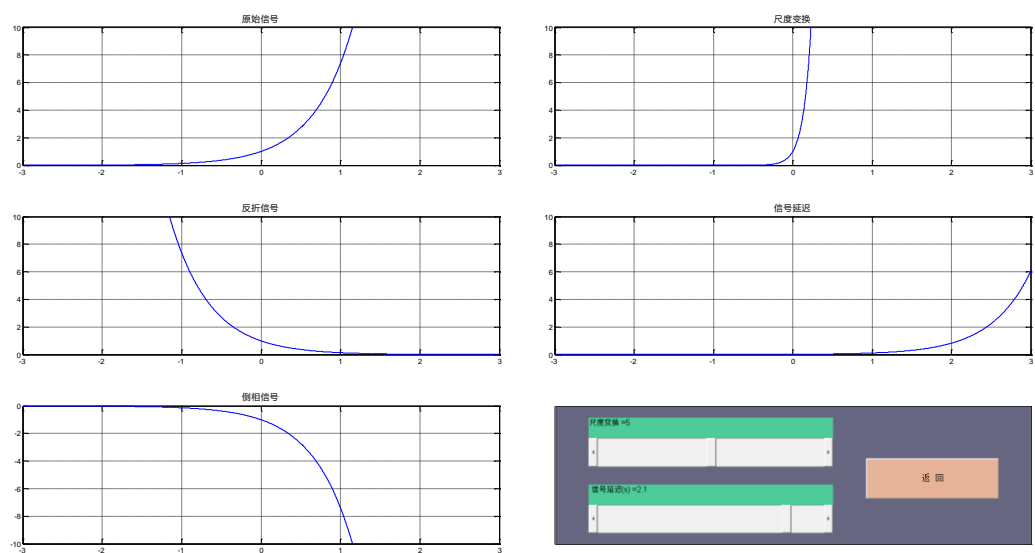


图 4-36 指数函数信号四变图像（尺度变换=5，信号延迟（s）=2.1）

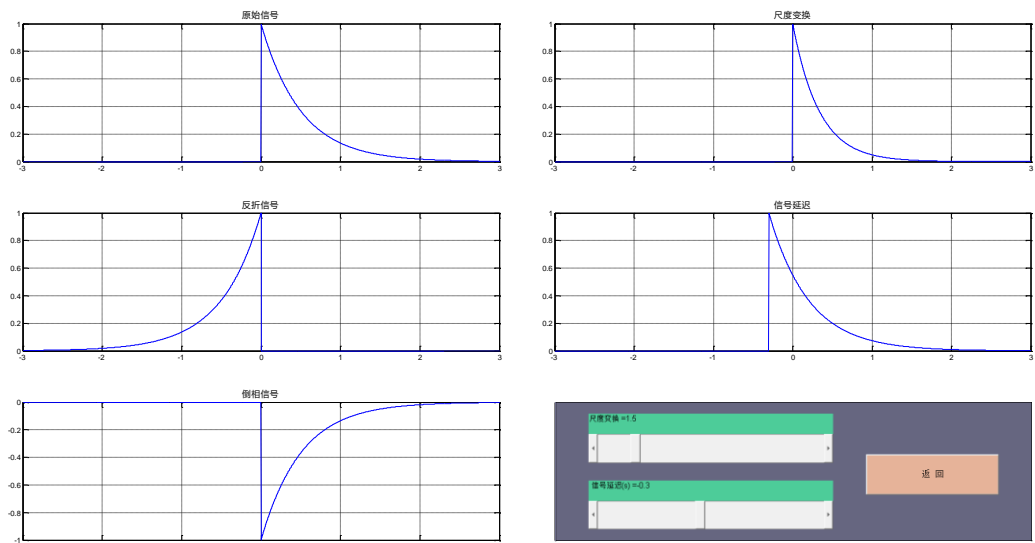


图 4-37 单边指数函数信号四变图像（尺度变换=1.5，信号延迟（s）=0.3）

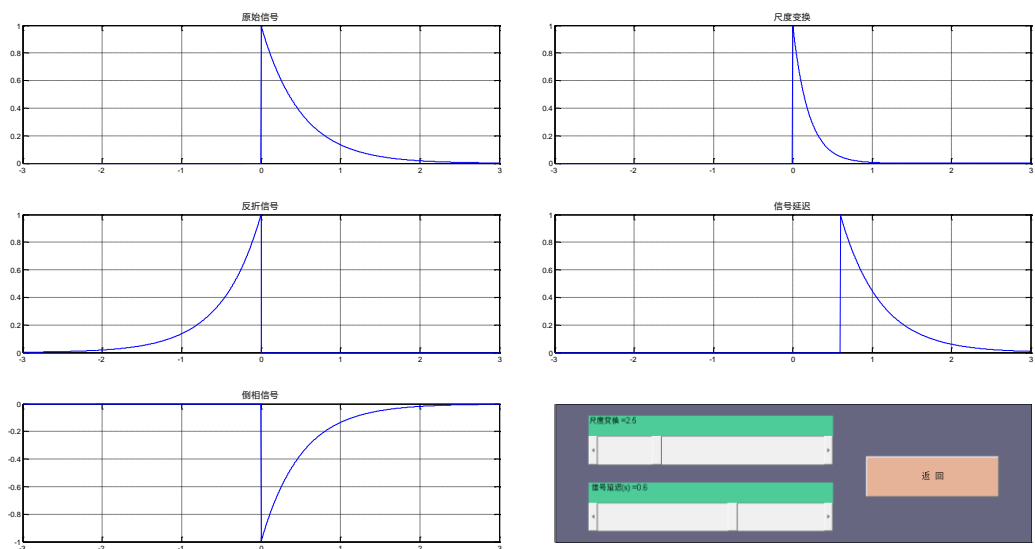


图 4-38 单边指数函数信号四变图像（尺度变换=2.5，信号延迟（s）=0.6）

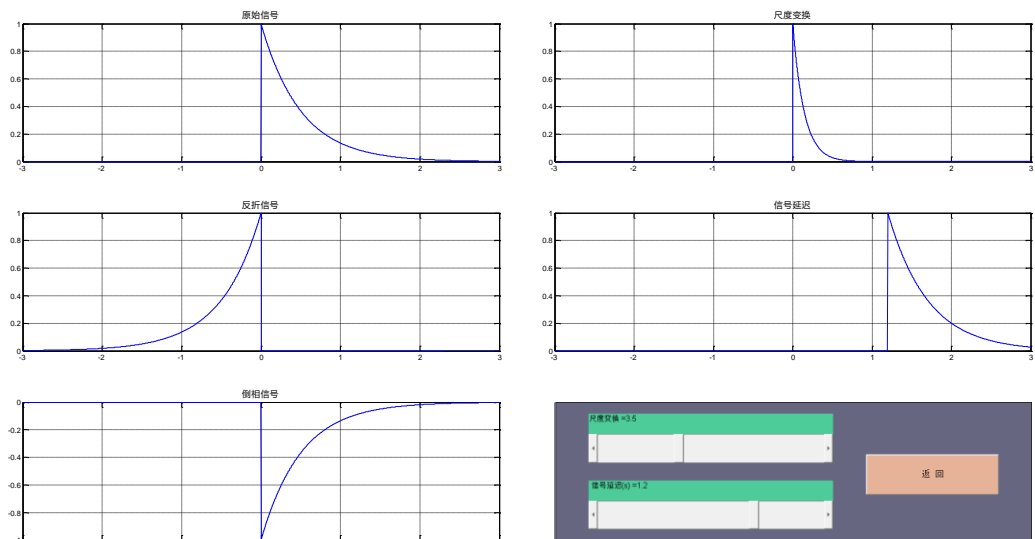


图 4-39 单边指数函数信号四变图像（尺度变换=3.5，信号延迟（s）=1.2）

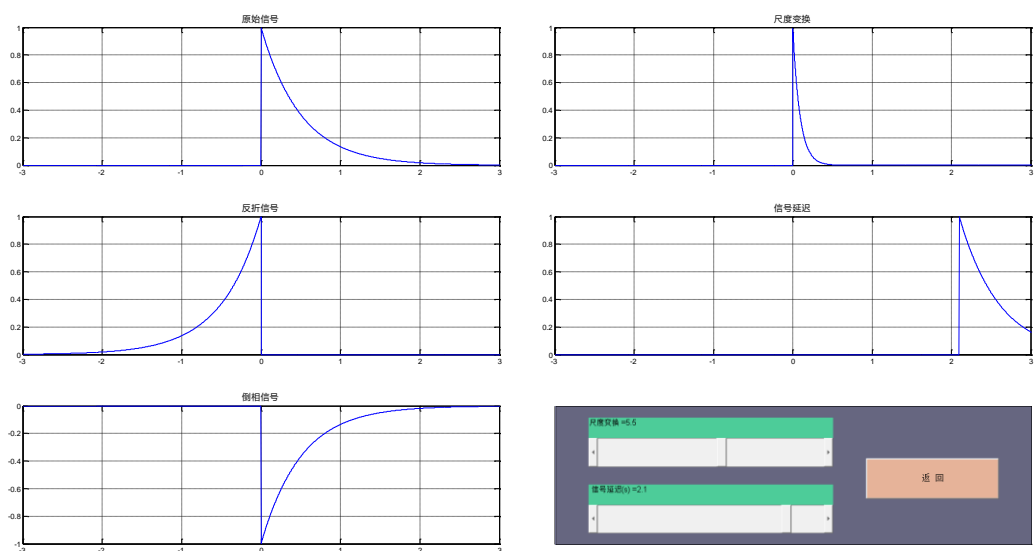


图 4-40 单边指数函数信号四变图像（尺度变换=5.5，信号延迟（s）=2.1）

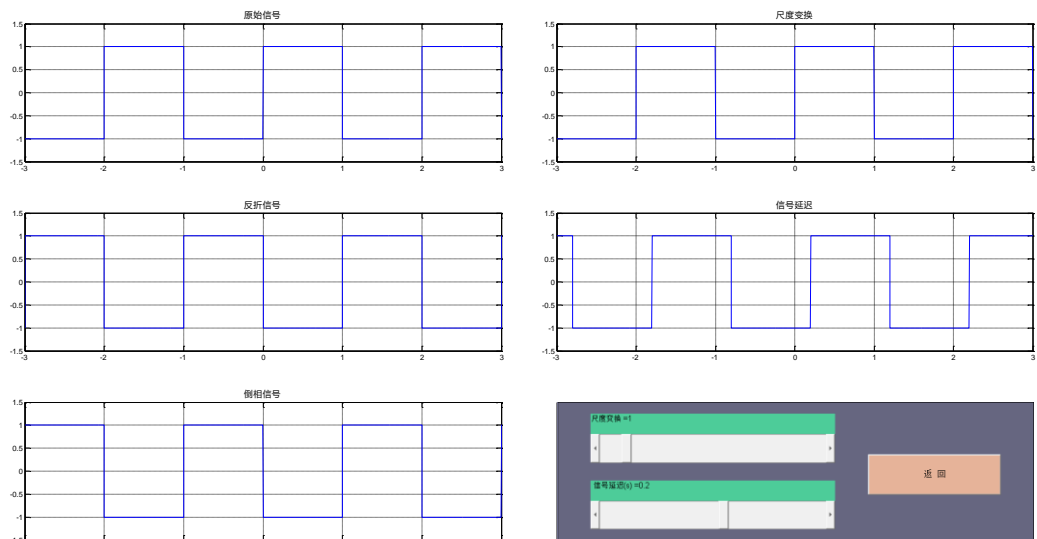


图 4-41 矩形波信号四变图像（尺度变换=1，信号延迟（s）=0.2）

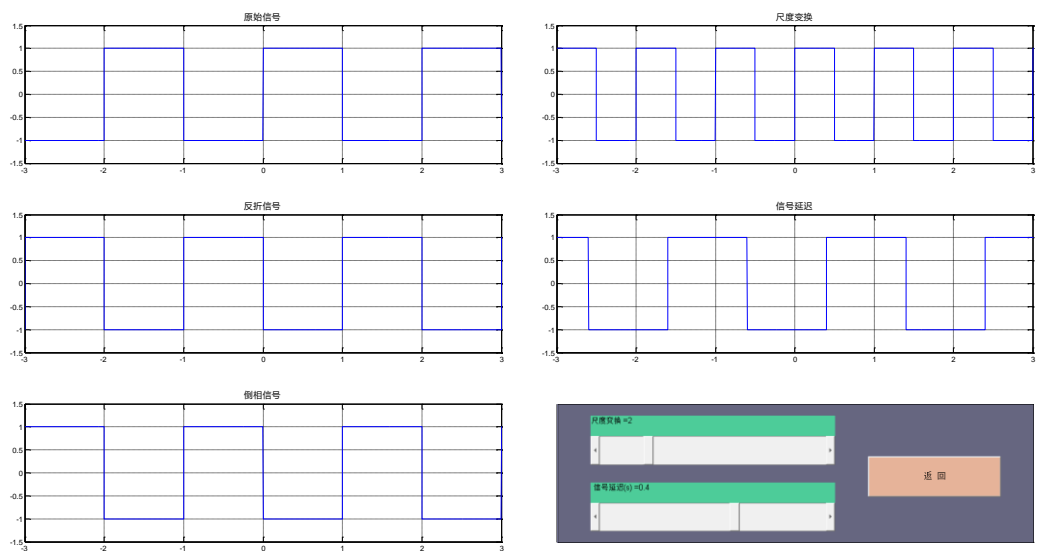


图 4-42 矩形波信号四变图像（尺度变换=2，信号延迟（s）=0.4）

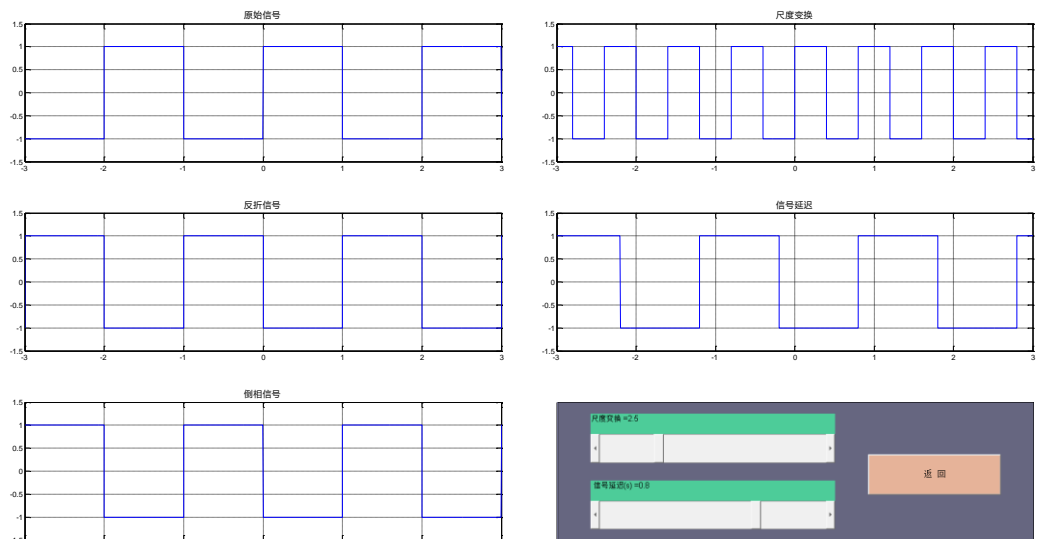


图 4-43 矩形波信号四变图像（尺度变换=2.5，信号延迟（s）=0.8）

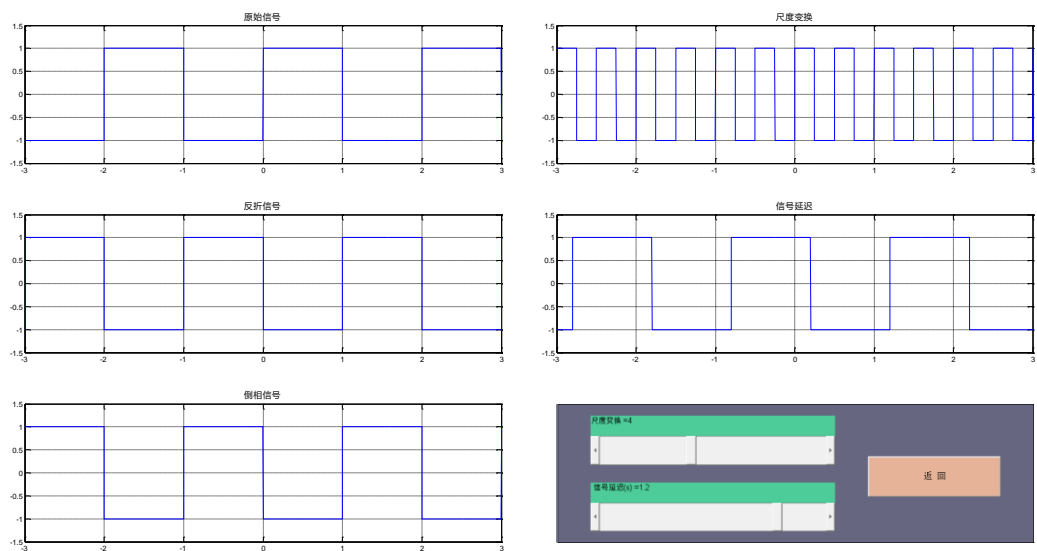


图 4-44 矩形波信号四变图像（尺度变换=1，信号延迟（s）=0.2）

以下为附加题截图。

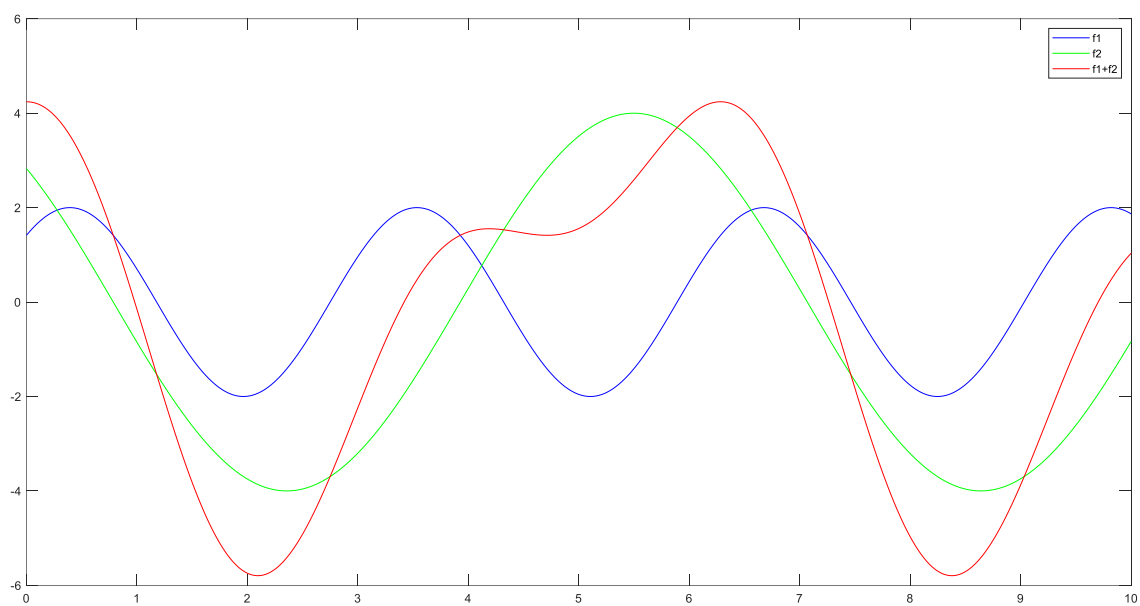


图 4-45 $f1$ 、 $f2$ 与 $f1+f2$ 图像 ($f1=2\sin(2*t+\pi/4)$; $f2=4\cos(1*t+\pi/4)$;))

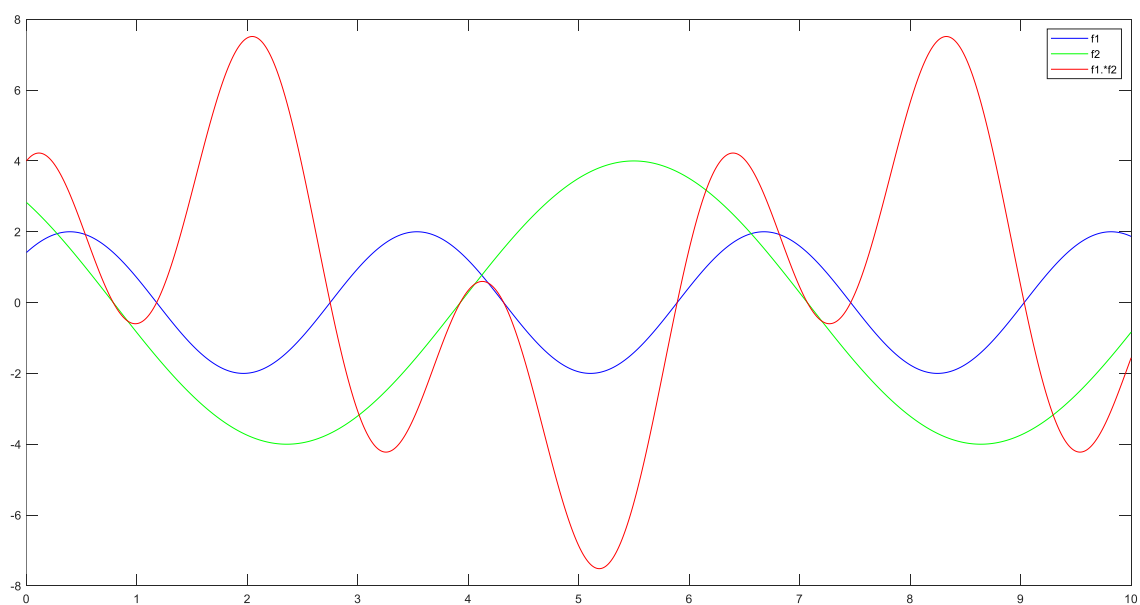


图 4-46 $f1$ 、 $f2$ 与 $f1*f2$ 图像 ($f1=2\sin(2*t+\pi/4)$; $f2=4\cos(1*t+\pi/4)$;))

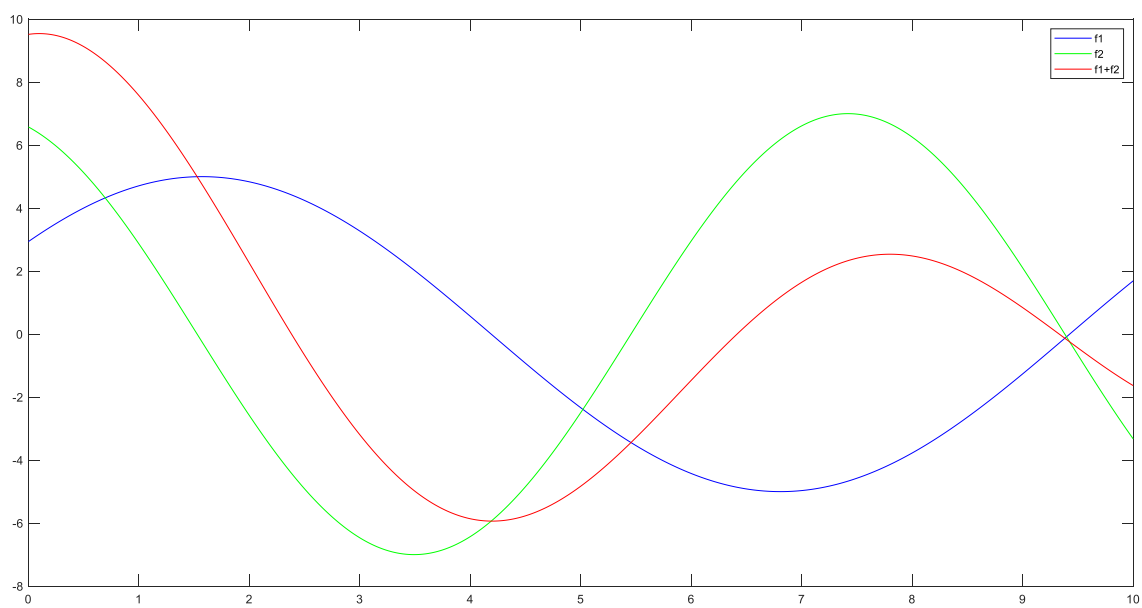


图 4-47 f_1 、 f_2 与 f_1+f_2 图像 ($f_1=5\sin(0.6*t+\pi/5);f_2=7\cos(0.8*t+\pi/9);$)

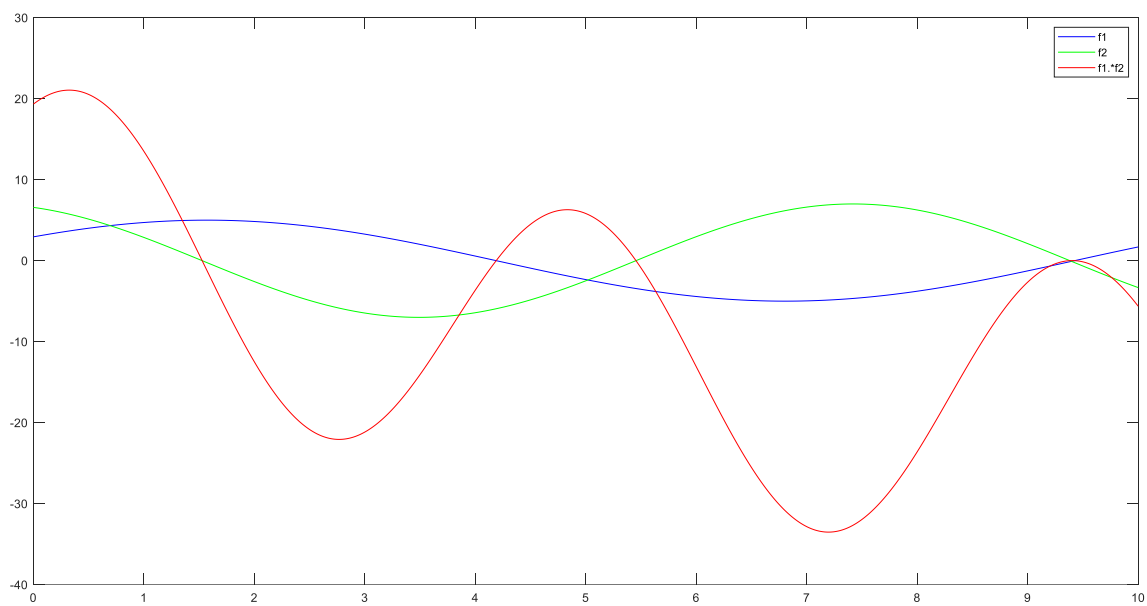


图 4-48 f_1 、 f_2 与 $f_1 \cdot f_2$ 图像 ($f_1=5\sin(0.6*t+\pi/5);f_2=7\cos(0.8*t+\pi/9);$)

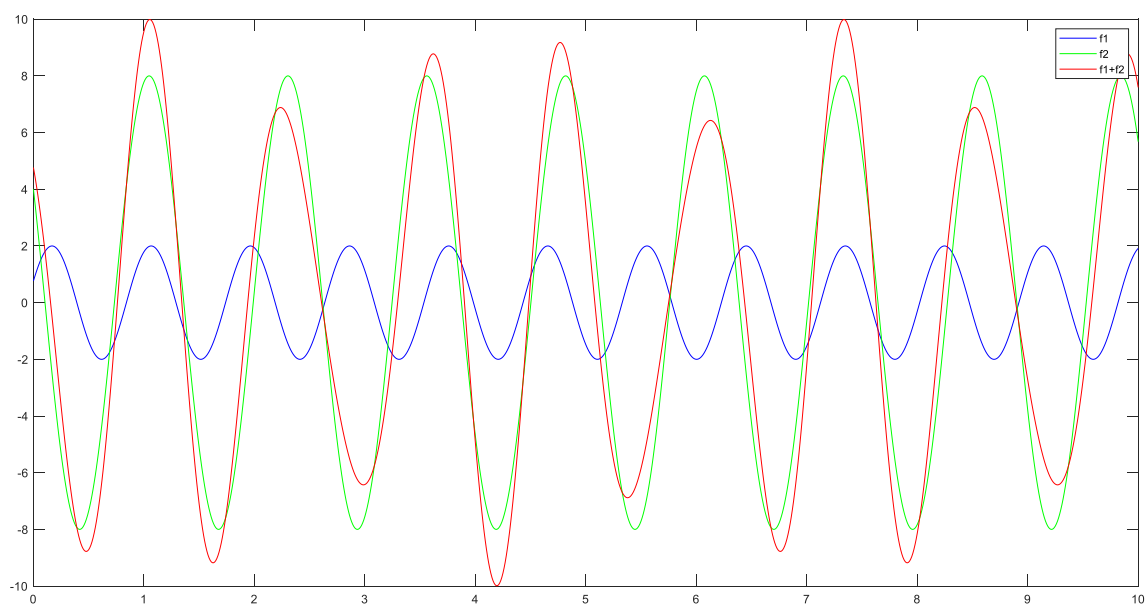


图 4-49 $f1$ 、 $f2$ 与 $f1+f2$ 图像 ($f1=2\sin(7t+\pi/8)$; $f2=8\cos(5t+\pi/3)$;))

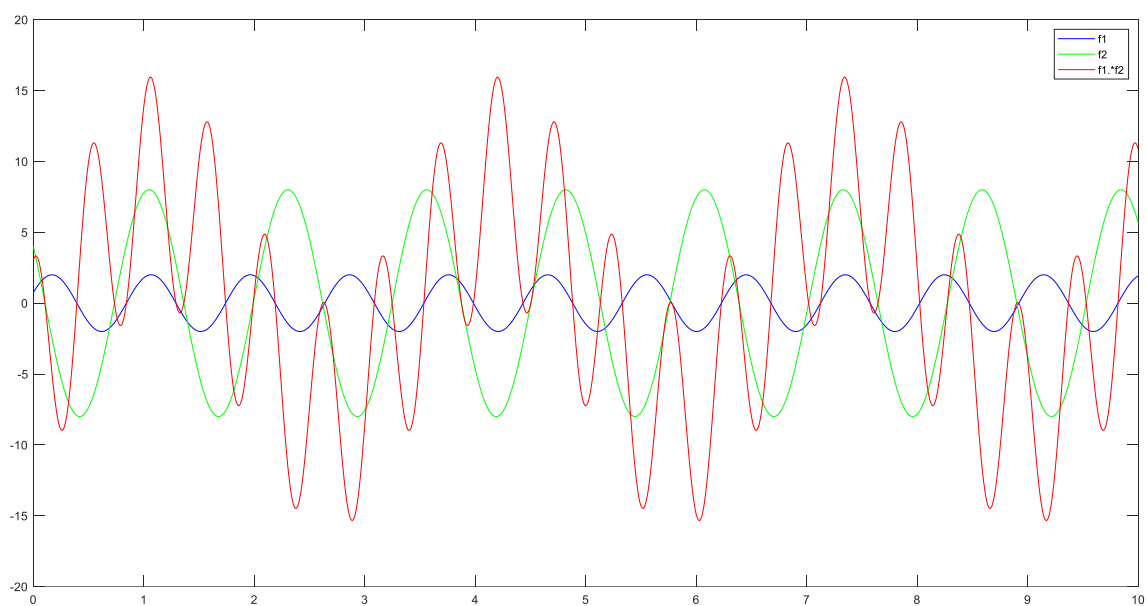


图 4-50 $f1$ 、 $f2$ 与 $f1.*f2$ 图像 ($f1=2\sin(7t+\pi/8)$; $f2=8\cos(5t+\pi/3)$;))

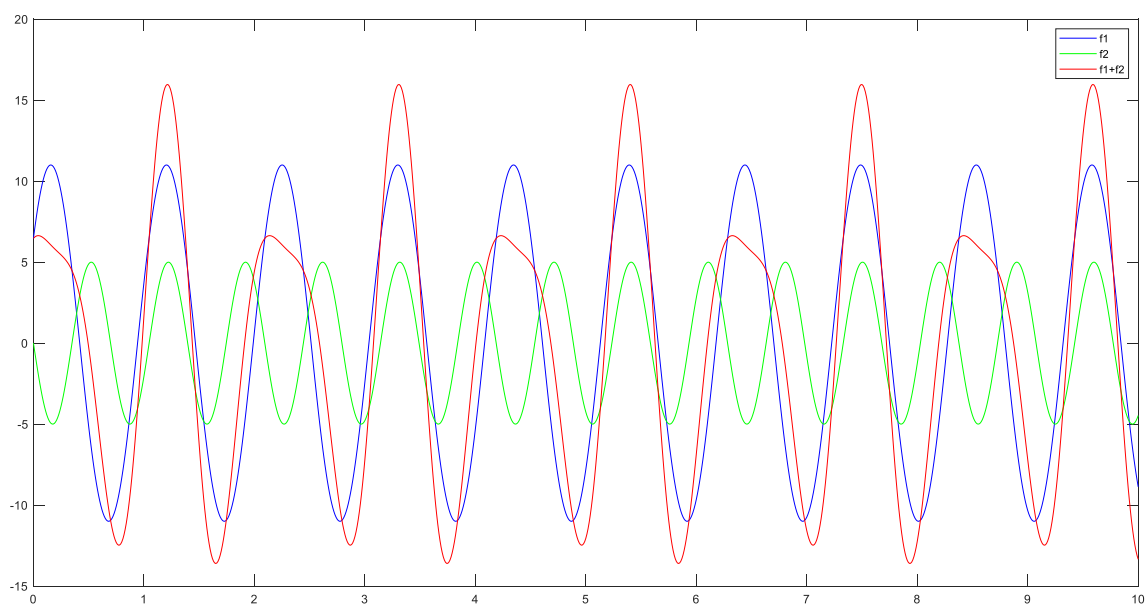


图 4-51 f_1 、 f_2 与 f_1+f_2 图像 ($f_1=11\sin(6t+\pi/5); f_2=5\cos(9t+\pi/2);$)

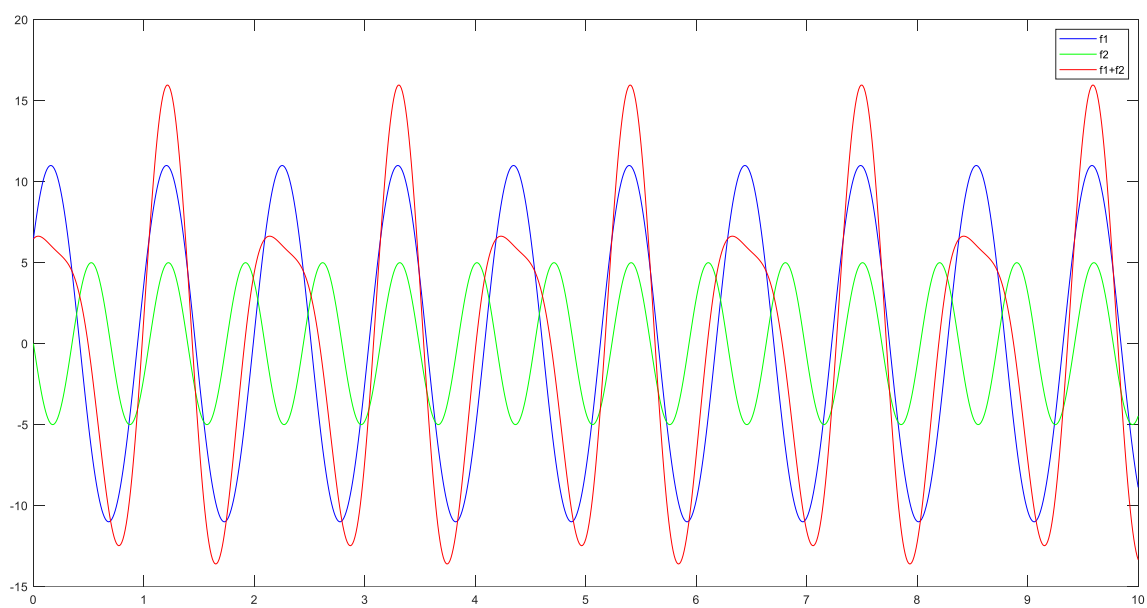


图 4-52 f_1 、 f_2 与 $f_1 \cdot f_2$ 图像 ($f_1=11\sin(6t+\pi/5); f_2=5\cos(9t+\pi/2);$)

五、实验心得及体会

《信号与系统》课程实验报告三

实验名称	连续时间系统的冲激响应和单位阶跃响应						
姓 名		系院专业	计算机与信息系 物联网工程	班 级	17-2 班	学 号	
实验日期	2019 年 12 月 5 日		指导教师	姜 烨		成 绩	

一、实验目的

1. 掌握线性定常系统动态性能指标的测试方法；
2. 研究线性定常系统的参数对其动态性能和稳定性的影响。

二、实验原理

设二阶系统的模型为：

$$\Phi(s) = \frac{10(s+k)}{(s+k)^2 + 4}$$

要求分别绘制该系统在k为0.3、0.5和0.7时的冲激响应和单位阶跃响应曲线；分别绘制该系统在k为9.58和0.417时的阶跃响应曲线。

三、实验内容

分别绘制该系统在k不同取值时的阶跃响应曲线。

三、实验步骤

点击图 0-3 目录界面中的“仿真三”按钮，进入图 3-1。

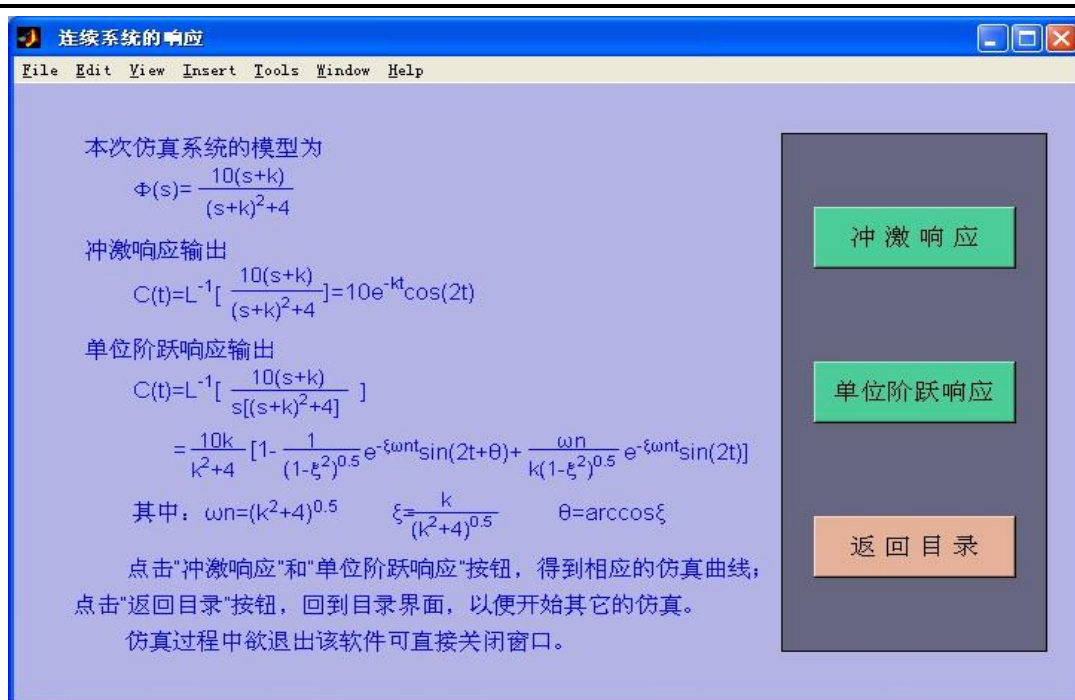


图 3-1 连续时间系统的单位阶跃响应和冲激响应简介

点击图 3-1 中的“冲激响应”按钮, 进入图 3-2。

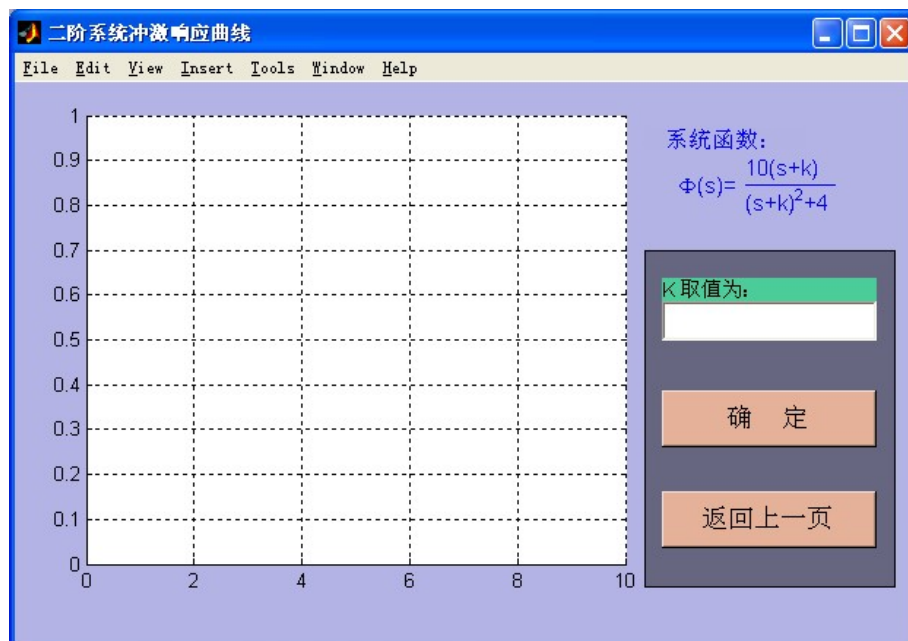


图 3-2 冲激响应仿真界面

在右侧的文本框中输入 k 的值, 点击“确定”按钮, 例输入 0.3, 出现如图 3-3 所示。

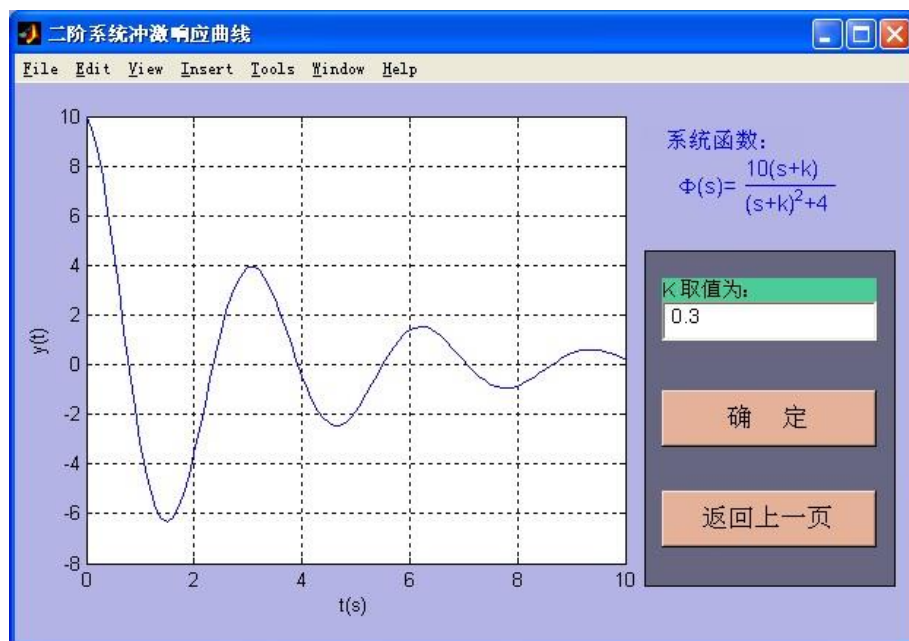


图 3-3 k=0.3 时系统的冲激响应曲线

点击图 3-2 中的“返回上一页”按钮，返回图 3-1 所示界面。

点击图 3-1 中的“单位阶跃响应”按钮，进入图 3-4。

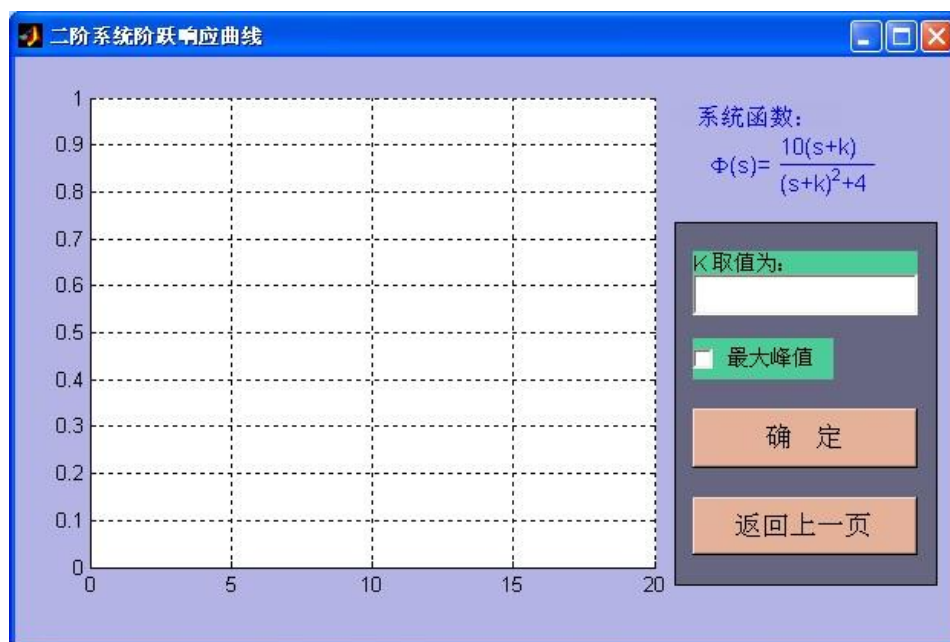


图 3-4 单位阶跃响应仿真界面

在右侧的文本框中输入 k 的值，点击“确定”按钮，例输入 0.5，出现如图 3-5 所示。

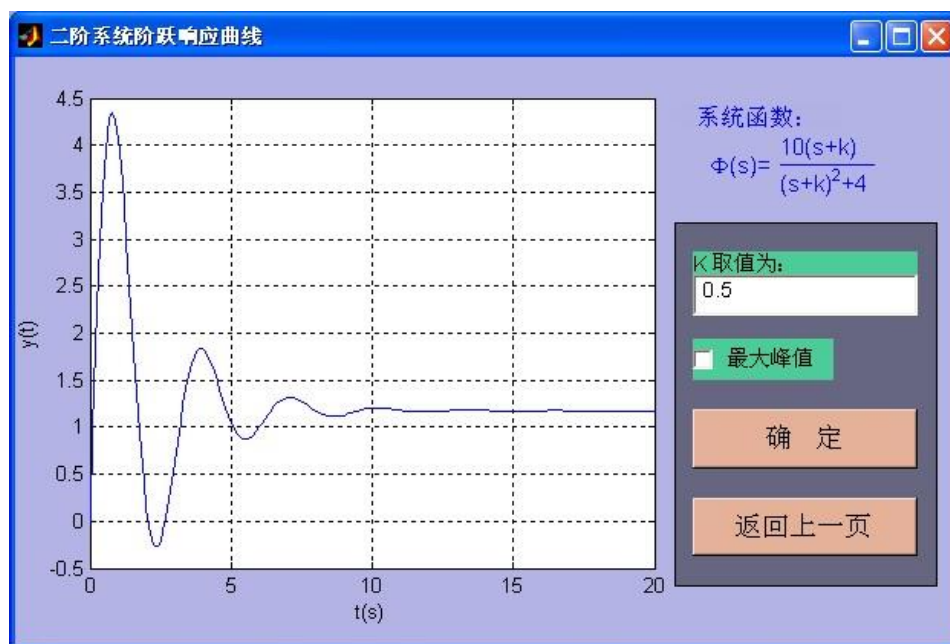


图 3-5 $k=0.5$ 时系统的单位阶跃响应曲线

如要显示曲线的最大峰值，选中右侧的最大峰值单选框，然后再次点击“确定”按钮即可。

仿真的内容是在 MATLAB 环境中改变 k 值，预测、观察系统的冲激响应和单位阶跃响应曲线，以归纳和验证线性定常系统的参数对其动态性能的影响。仿真过程中改变输入文本框的值，可以改变当前的 k 值。

仿真完毕后，可直接关闭窗口结束仿真，也可点击图 3-1 中的“返回目录”按钮，回到目录界面，以便开始其它的仿真。

四、实验结果及分析

根据理论公式，求出 k 为 0.3, 0.5 和 0.7 时，系统冲激响应和阶跃响应，分析并绘制当 k 为 9.58 和 0.417 时的阶跃响应曲线，并与仿真结果相比较。

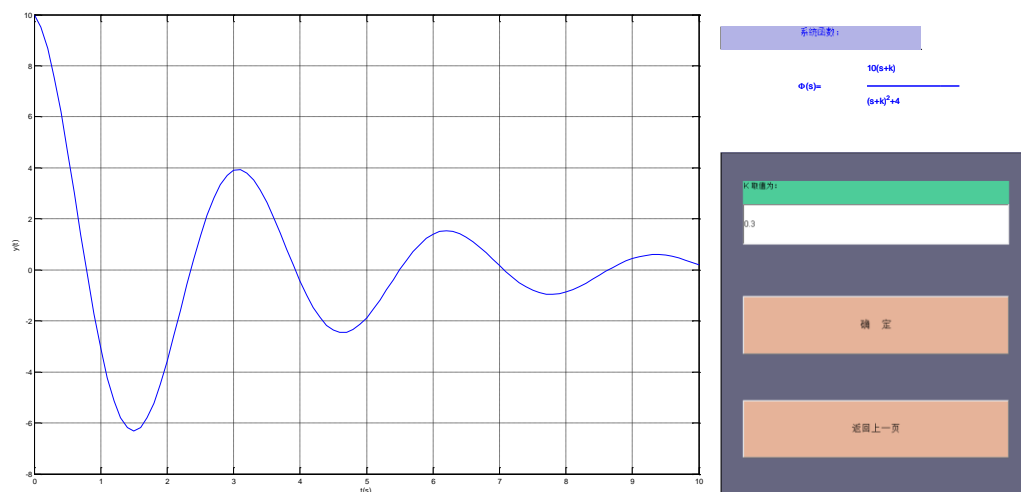


图 4-1 冲激响应曲线 (k=0.3)

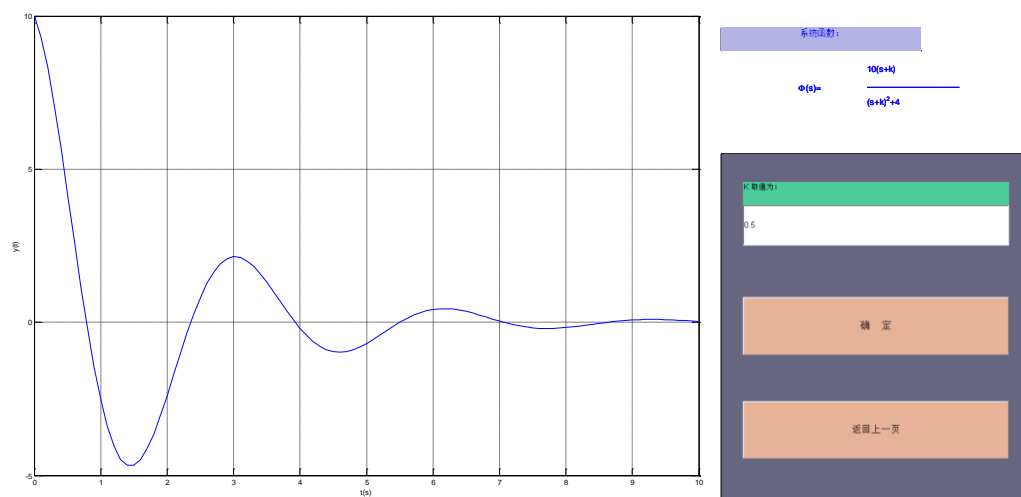


图 4-2 冲激响应曲线 (k=0.5)

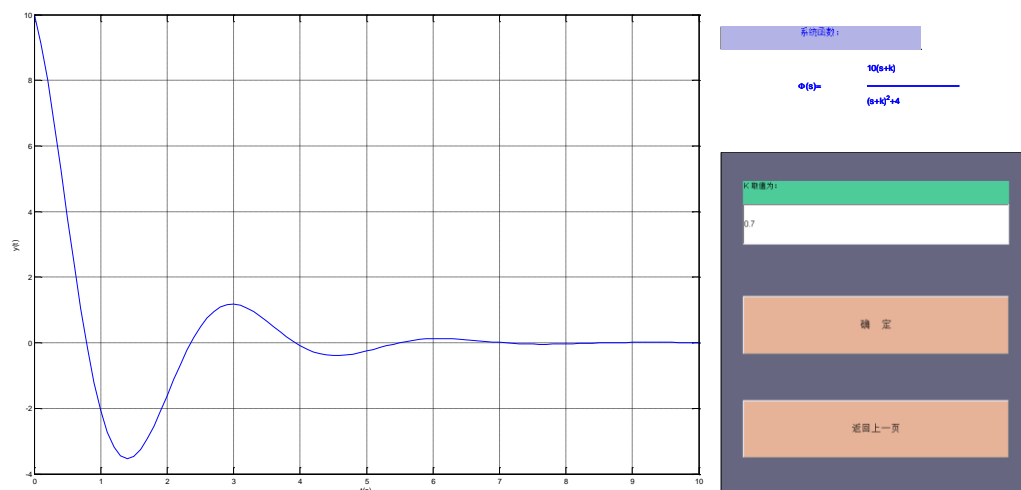


图 4-3 冲激响应曲线 (k=0.7)

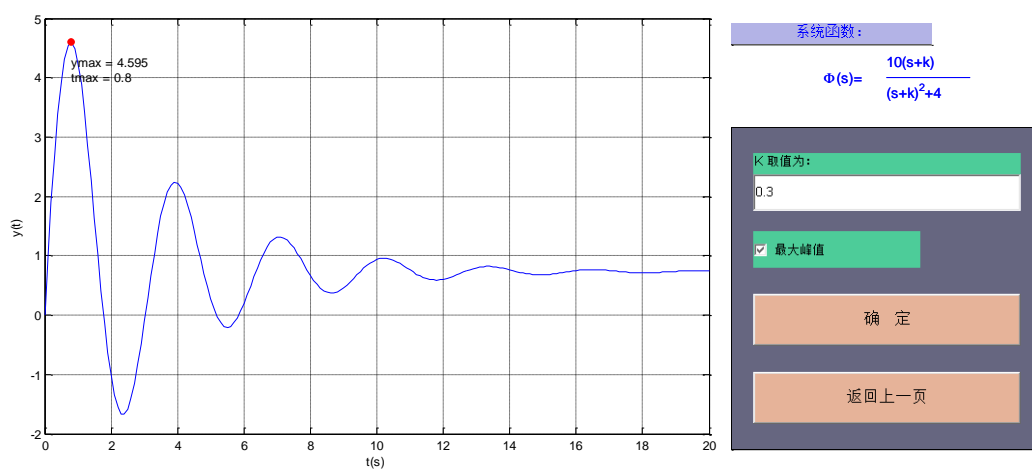


图 4-4 阶跃响应曲线 (k=0.3)

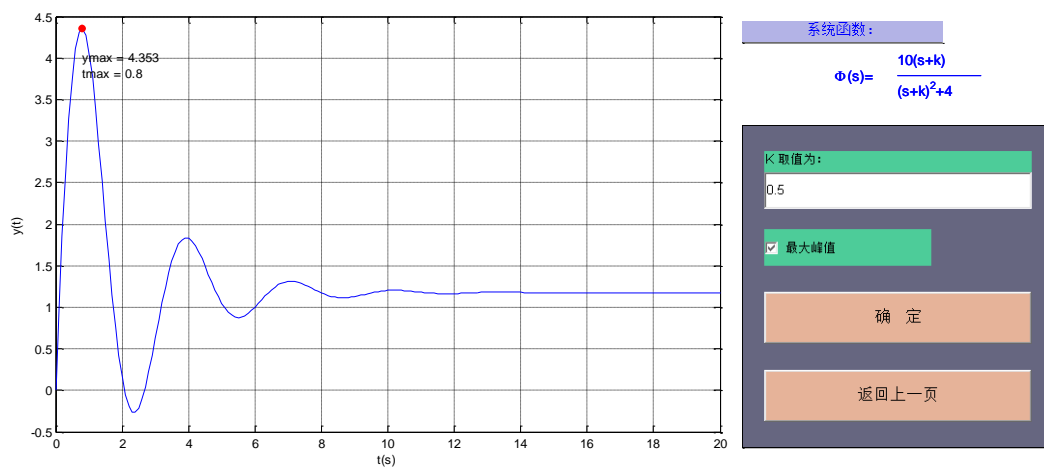


图 4-5 阶跃响应曲线 (k=0.5)

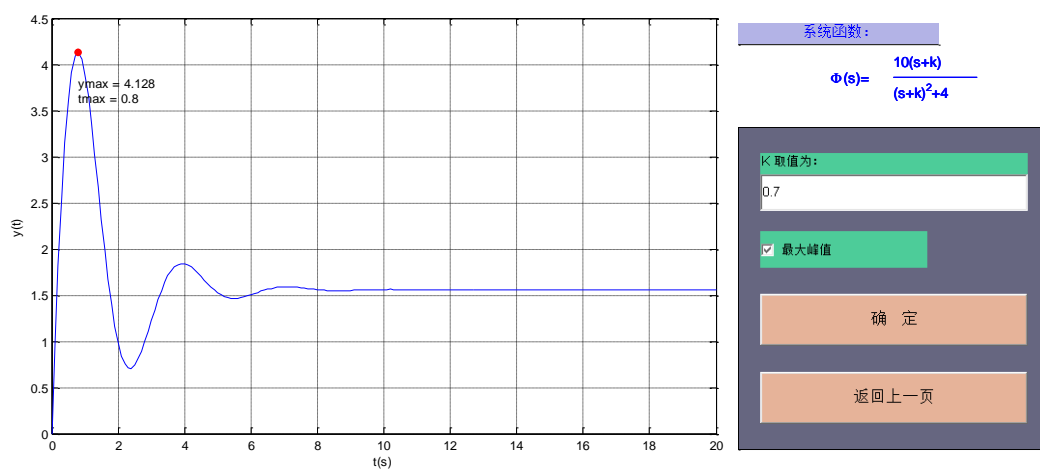


图 4-6 阶跃响应曲线 (k=0.7)

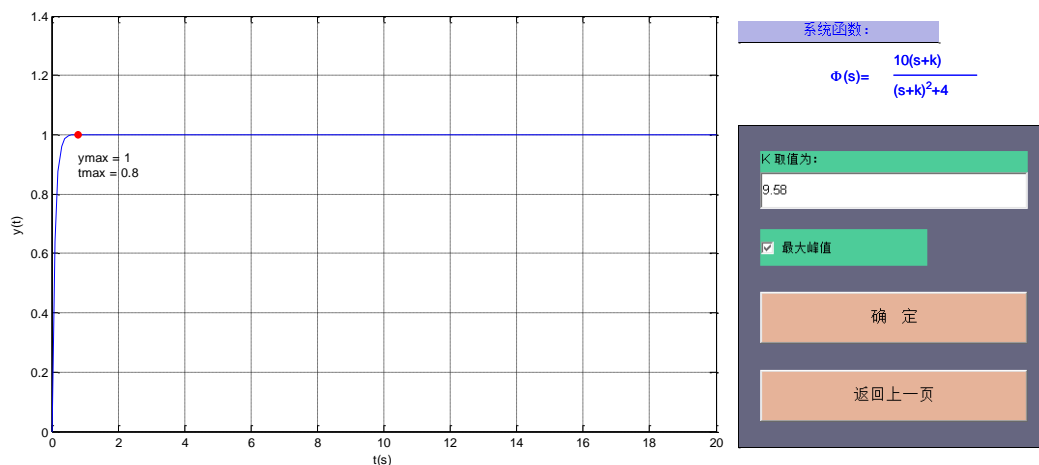


图 4-7 阶跃响应曲线 (k=9.58)

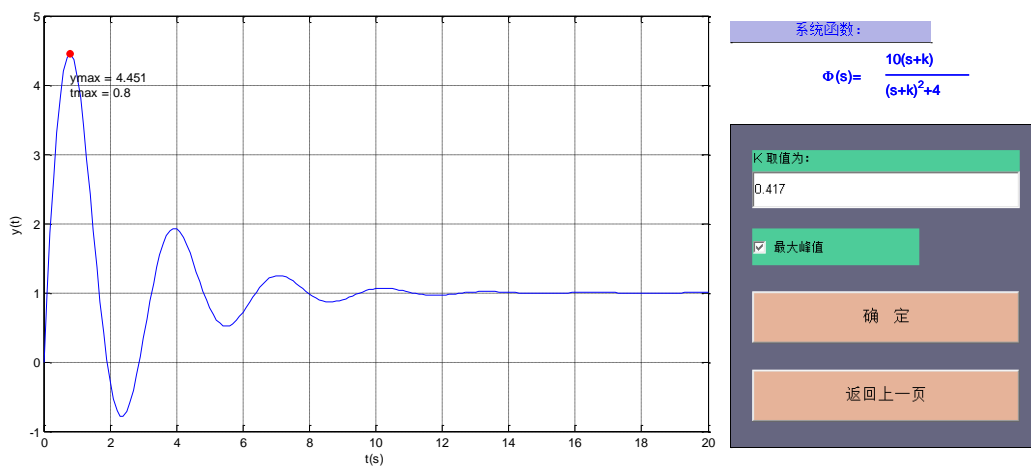


图 4-8 阶跃响应曲线 (k=0.417)

五、实验心得及体会

《信号与系统》课程实验报告四

实验名称	线性系统稳定性分析						
姓 名		系院专业	计算机与信息系 物联网工程	班 级	17-2 班	学 号	
实验日期	2019 年 12 月 5 日		指导教师	姜烨		成 绩	

一、实验目的

通过对系统单位冲激响应曲线和单位阶跃响应曲线的观察，分析系统方程的参数对系统稳定性的影响。

二、实验原理

根据仿真模型绘制系统的单位冲击响应曲线与单位阶跃曲线。

三、实验内容

设本次实验的仿真模型为：

$$a_0 \frac{d^n}{dt^n} x_o(t) + a_1 \frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}} x_o(t) + \cdots + a_n x_o(t) = b_0 \frac{d^m}{dt^m} x_i(t) + b_1 \frac{d^{m-1}}{dt^{m-1}} x_i(t) + \cdots + b_m x_i(t)$$

其中 $x_o(t)$ 为系统输入量，

$x_i(t)$ 为系统输出量。

要求分别绘制该系统单位冲激响应曲线和单位阶跃响应曲线。

三、实验步骤

点击图0-3目录界面下的“仿真六”按钮，进入图6-1。

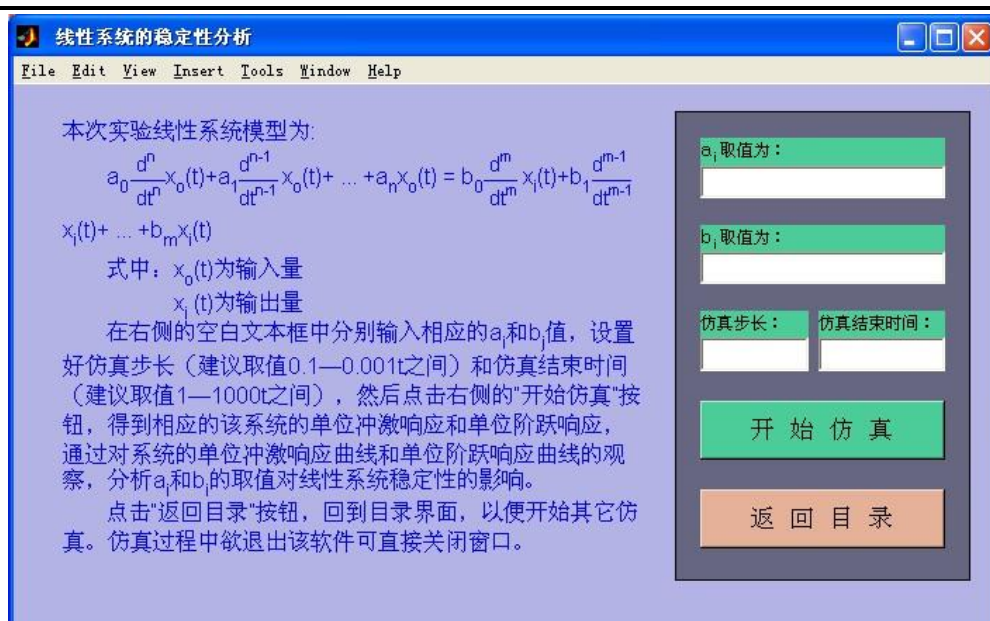


图 6-1 “线性系统的稳定性分析”仿真主界面

在动态文本框上分别输入 a_i 和 b_i 的值, 构建一个实验系统模型, 然后分别输入仿真步长和仿真结束时间, 点击“开始仿真”按钮。例输入 a_i 为 [1], b_i 为 [1 2 2 3], 仿真步长为 0.01, 仿真结束时间为 100, 点击“开始仿真”按钮, 出现图 6-2。

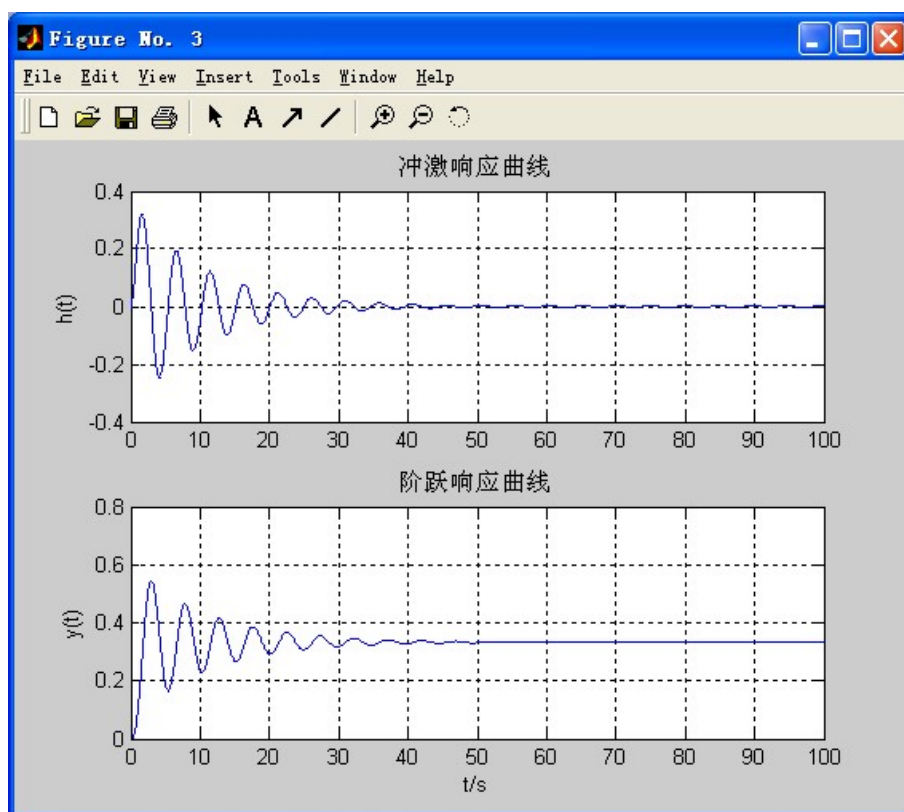


图 6-2 系统的冲激响应曲线和阶跃响应曲线

因为该系统的冲激响应曲线和阶跃响应曲线呈收敛状态，因此系统模型为： $x_0(t) = x_i(t)''' + 2x_i(t)'' + 2x_i(t)' + 3x_i(t)$ 的线性系统是稳定的。

四、实验结果及分析

改变 a_i 、 b_i 值，使得系统分别处于稳定状态、不稳定状态和临界稳定状态，每种状态系统需要设计三个，即一共是 9 个系统。每个系统需要写出相应的微分方程、系统函数，极点和 a 、 b 值。

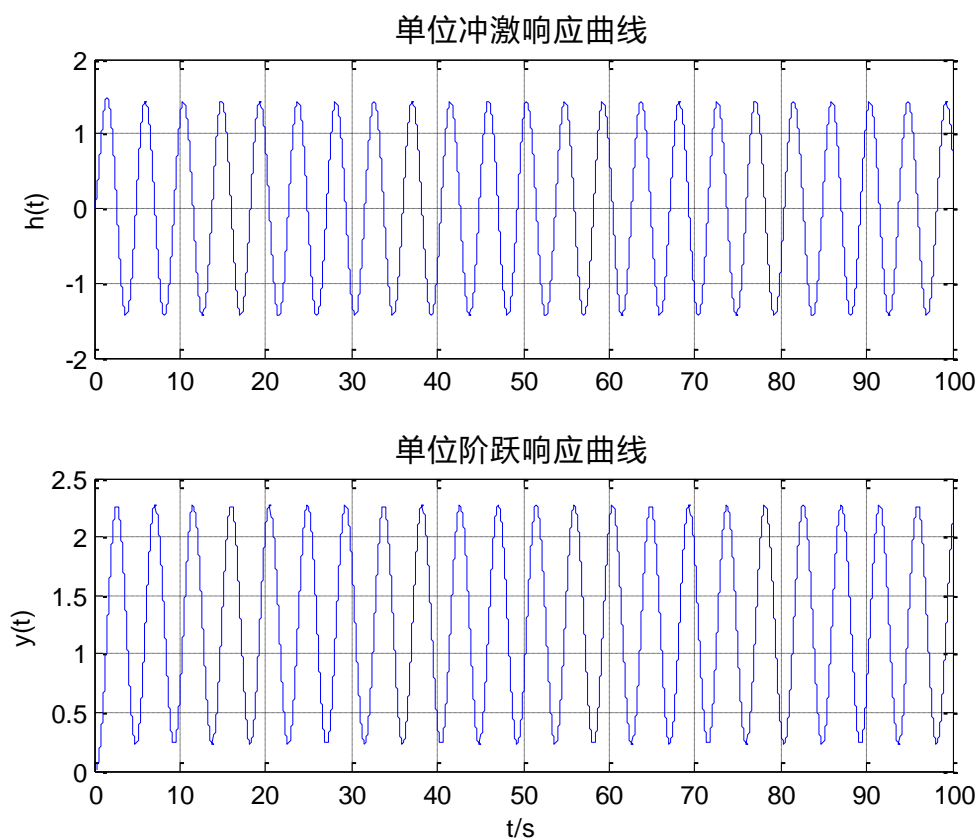


图 4-1 $a_i=5$, $b_i=1.224$

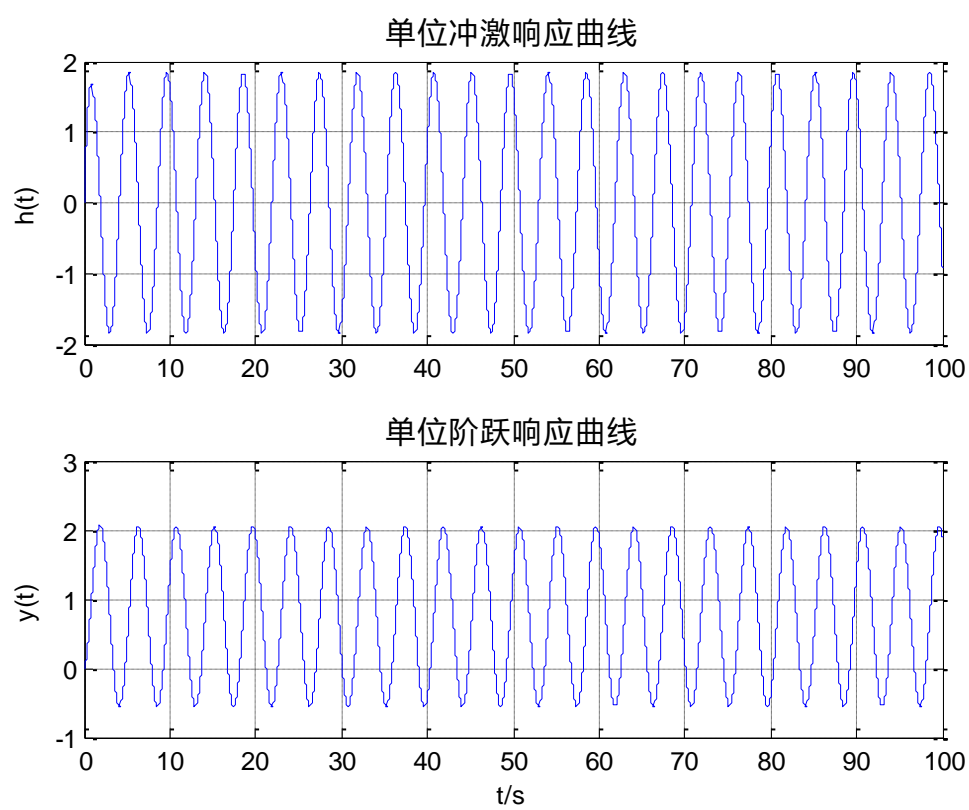


图 4-2 $a=4.3$, $b=1.224$

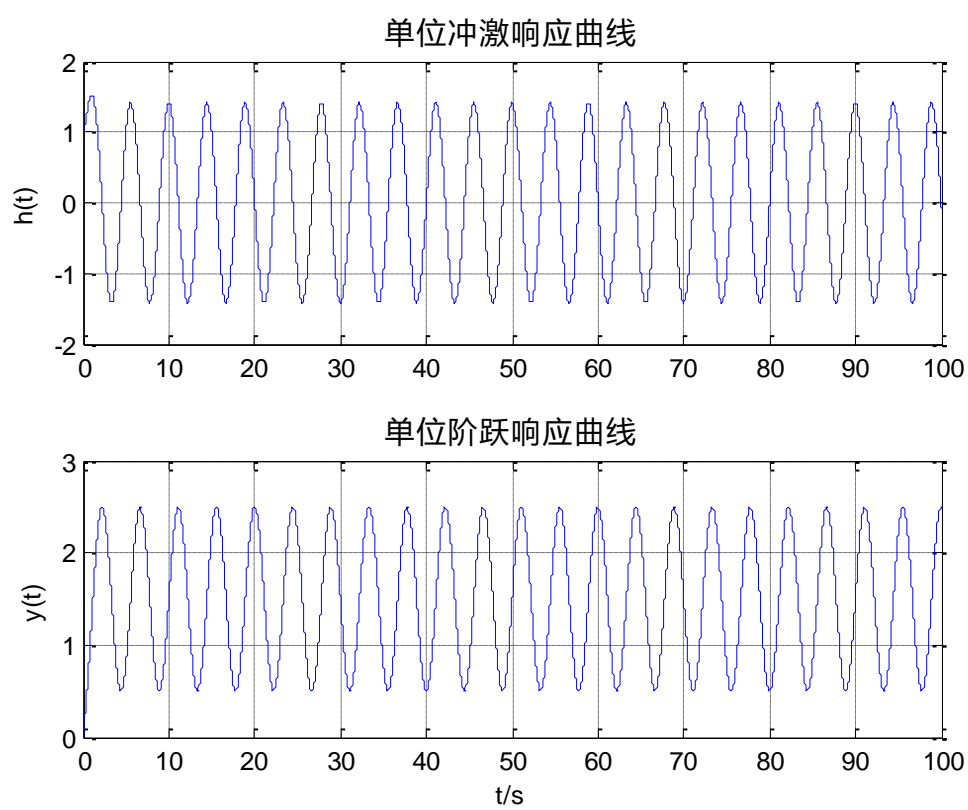


图 4-3 $a_i=1.26$, $b_i=1.224$

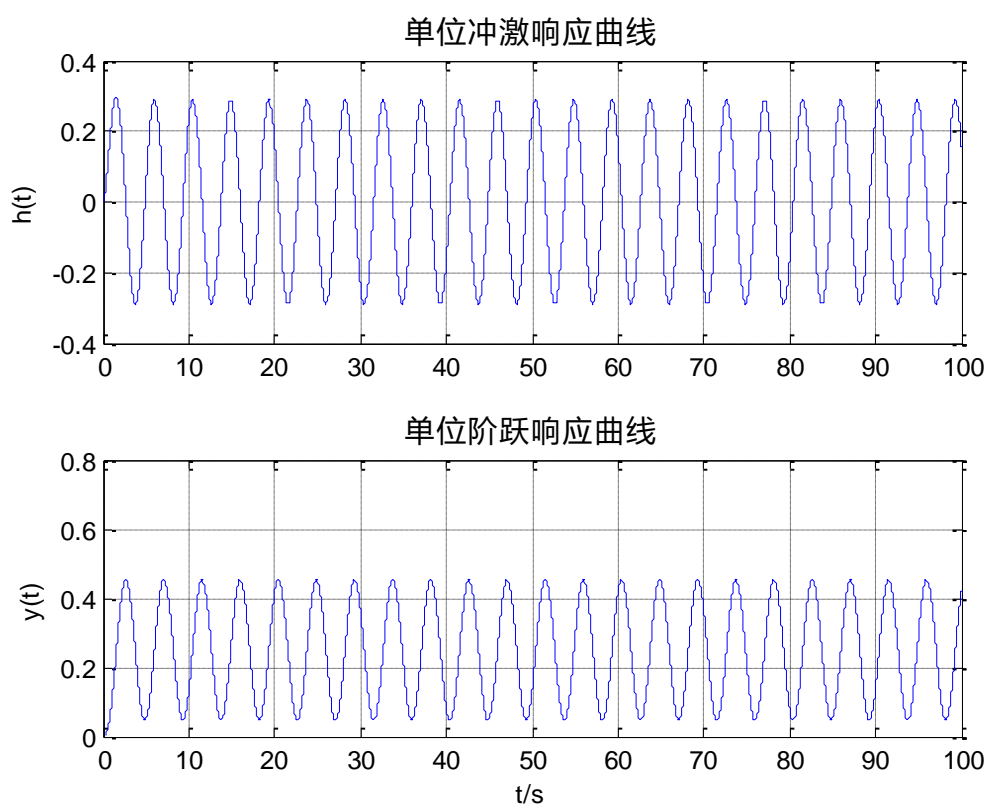


图 4-4 $a_1=2$, $b_1=2$ 4 4 8

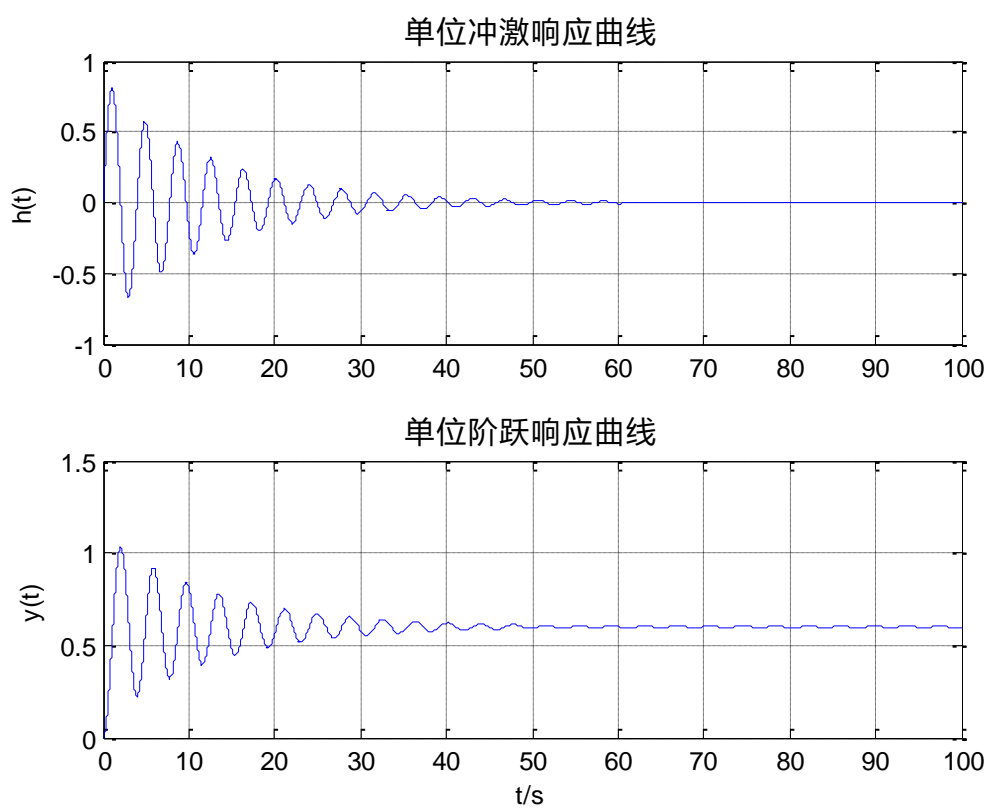


图 4-5 $a=1\ 3$, $b=1\ 2\ 3\ 5$

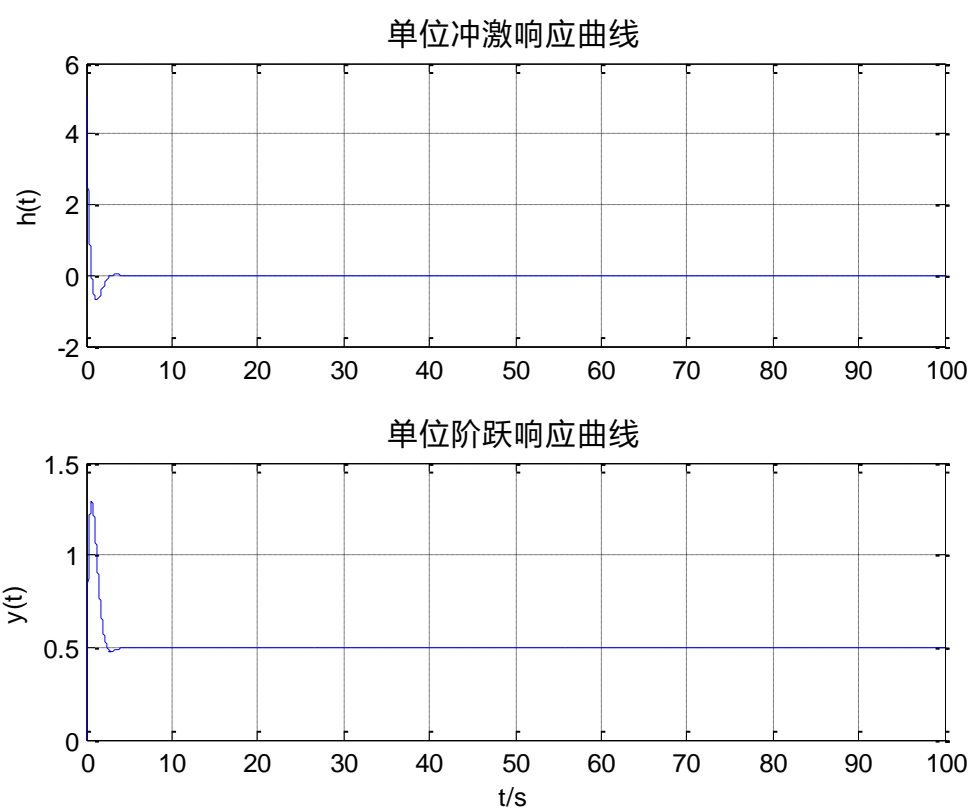


图 4-6 $a_i=5.2$, $b_i=1.34$

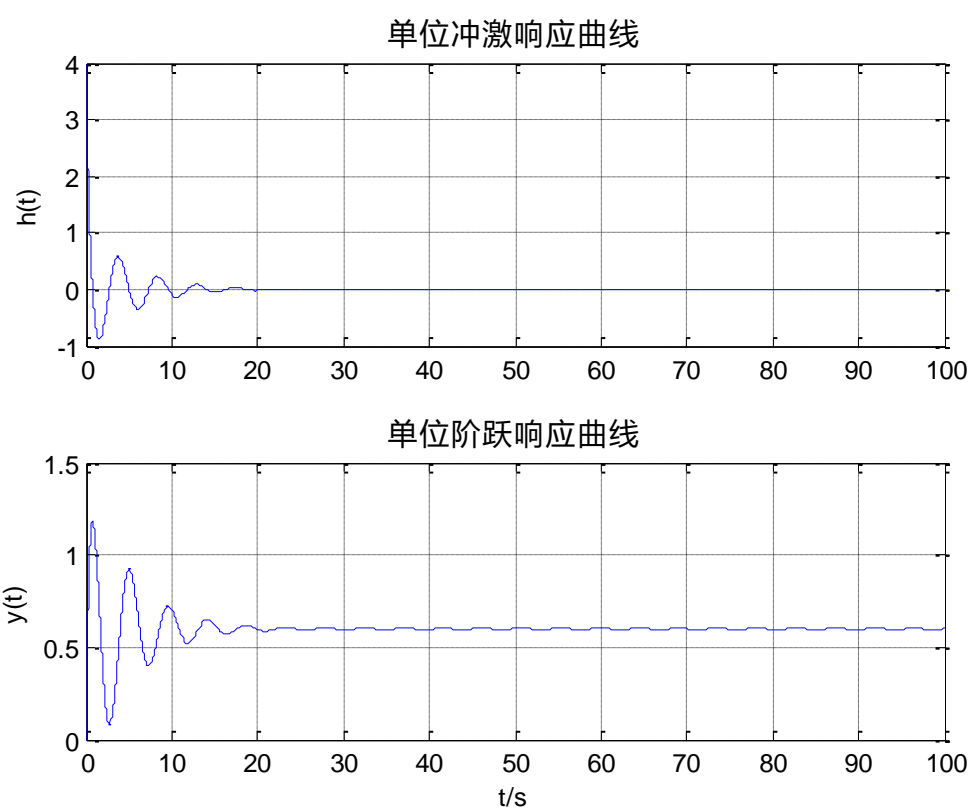


图 4-7 $a=4\ 2\ 3$, $b=1\ 3\ 3\ 5$

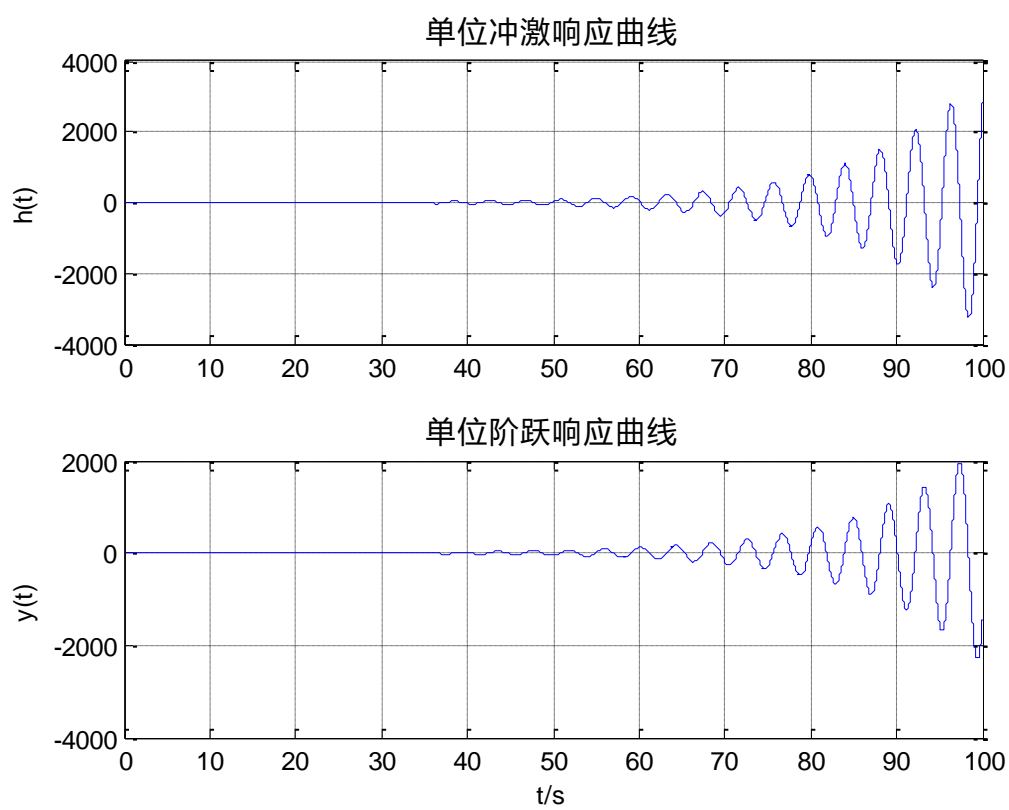


图 4-8 $a_1=8$, $b_1=1 \ 2 \ 2 \ 5$

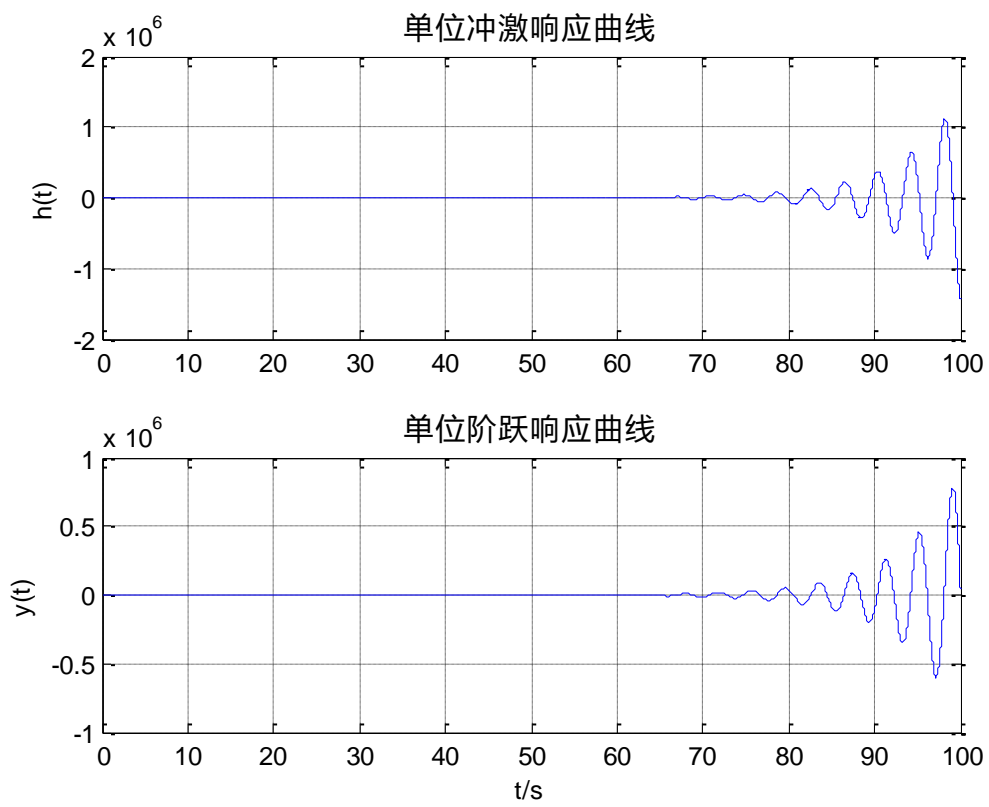


图 4-9 $a=2.5$, $b=1.226$

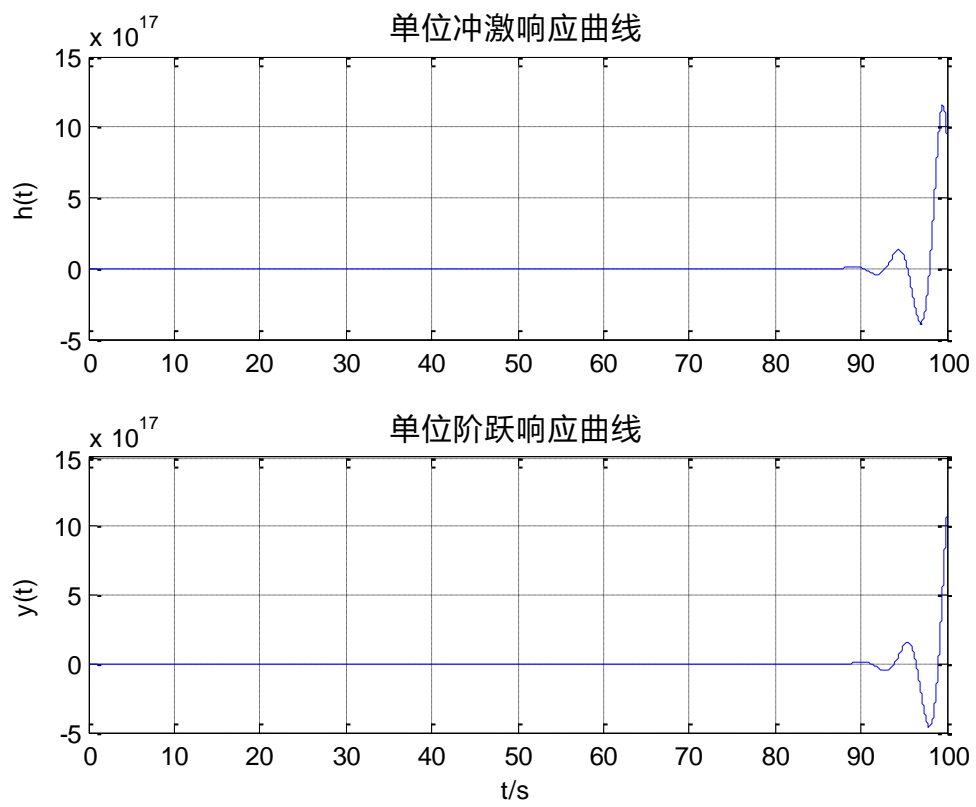


图 4-10 $a=3$, $b=3.126$

五、实验心得及体会