

《信号与系统》实验报告

学院: 信息科学与工程学院

专业班级:

学号:

学生姓名: Henry Lee

指导教师:

2023年 5月

信号与系统实验

实验预习

1、如何创建函数文件？函数的一般结构是什么？写出 `impulse()` 函数的描述？

答：

(1) 在 `matlab` 软件首页中点击“新建”-“函数”，接着在新打开的编辑器窗口中定义好该函数后，保存即可；

(2) 函数文件由 `function` 语句引导，其一般结构是：

`function` 输出参数表=函数名(输入参数表)

函数体语句

(3) `impulse()` 函数是一种单位冲激响应函数，它可以用来描述系统对于一个单位冲激信号的响应。

例如：`impulse(b,a,t)`，该调用格式绘制由向量 `a` 和 `b` 定义的连续时间系统在 $0 \sim t$ 时间范围内的冲激响应的时域波形。

2、阅读本文档的相关 `MATLAB` 函数，回答如何获得矩形脉冲信号的函数表达，并解释该函数各参数的意义。写出 `MATLAB` 中的 2 种画图命令，以及 `x` 轴标签/ `y` 轴标签/ 图形标签的命令语句。

答：

(1) 矩形脉冲信号在 `MATLAB` 中可用 `rectpuls` 函数产生，其格式为
`y=rectpuls(t,width)`

该函数用于产生一个幅度为 1、宽度为 `width`，且以 `t` 为对称轴的矩形脉冲信号，`width` 的默认值为 1。

(2) 画图命令：

`plot(t,y)`：以 `t` 为横坐标，`y` 为纵坐标的连续图

`stem(t,y)`：以 `t` 为横坐标，`y` 为纵坐标的离散图

`x` 轴标签：`xlabel('text')`

`y` 轴标签：`ylabel('text')`

图形标签：`title('Graph title')` (生成在图形上方)

3、电影放映过程中的快镜头和慢镜头分别通过什么运算可以得到？

答：

信号的尺度变换即对应于电影技术中的快镜头或慢镜头。

具体方法是通过提高或者减低视频的帧率，来实现快镜头或慢镜头的效果。

4、连续时间信号可分解为冲激信号的线性组合有何实际意义？离散时间序列可分解为脉冲序列的线性组合有何实际意义？

答：

便于更好地研究信号处理的问题，对于任何一个连续时间信号都可以用单位冲激信号的线性组合来表示，那么一个LTI系统就可以完全由其对应的单位冲激响应 $h(t)$ 来表征，该信号经过系统的响应 $y(t)$ 就可以用 $x(t)$ 和 $h(t)$ 的卷积积分来求解。

同理，离散时间序列经过LTI系统的响应，就可以用它与其对应的单位脉冲响应的卷积和求解，从而便于处理更为复杂的信号。

5、已知连续时间线性时不变系统的输入表示为 $x(t) = \sum_k a_k e^{s_k t}$ ，则输出一定是

$y(t) = \sum_k a_k H(s_k) e^{s_k t}$ ，即LTI系统的输入能表示为复指数的线性组合，那么系统

的输出也能表示为相同复指数信号的线性组合，并且输出表达式的每一个系数都可用输入中的系数 a_k 与 $H(z_k)$ 相乘来求得。这是书上3.3.2节的内容，根据上述内容写出实验第5题周期矩形脉冲信号 $f(t)$ 的函数表达式，并计算 $f(t)$ 的频谱系数 a_k ，为编程做准备。

答：

依题意可以写出：

$$f(t) = \begin{cases} 1, & |t| < \frac{\tau}{2} \\ 0, & \frac{\tau}{2} < |t| < \frac{T}{2} \end{cases}$$

那么，当 $k=0$ 时， $a_k = \frac{1}{T} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} 1 dt = \frac{\tau}{T}$

$$\text{当 } k \neq 0 \text{ 时, } a_k = \frac{1}{T} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} e^{-jk\omega_0 t} dt = \frac{\sin(\frac{k\pi\tau}{T})}{k\pi}$$

从而，当 $k=0$ 时， $f(t) = \sum_k \frac{\tau}{T} H(s_0)$

当 $k \neq 0$ 时，

$$f(t) = \sum_k a_k H(s_k) e^{s_k t} = \sum_k \frac{\sin(\frac{k\pi\tau}{T})}{k\pi} H(s_k) e^{s_k t}$$

实验一 连续时间信号的表示、连续时间LTI系统的时域分析

1、用 MATLAB 命令产生如下信号，并绘出波形图，标明纵横坐标。

(1) $2e^{-1.5t}u(t)$

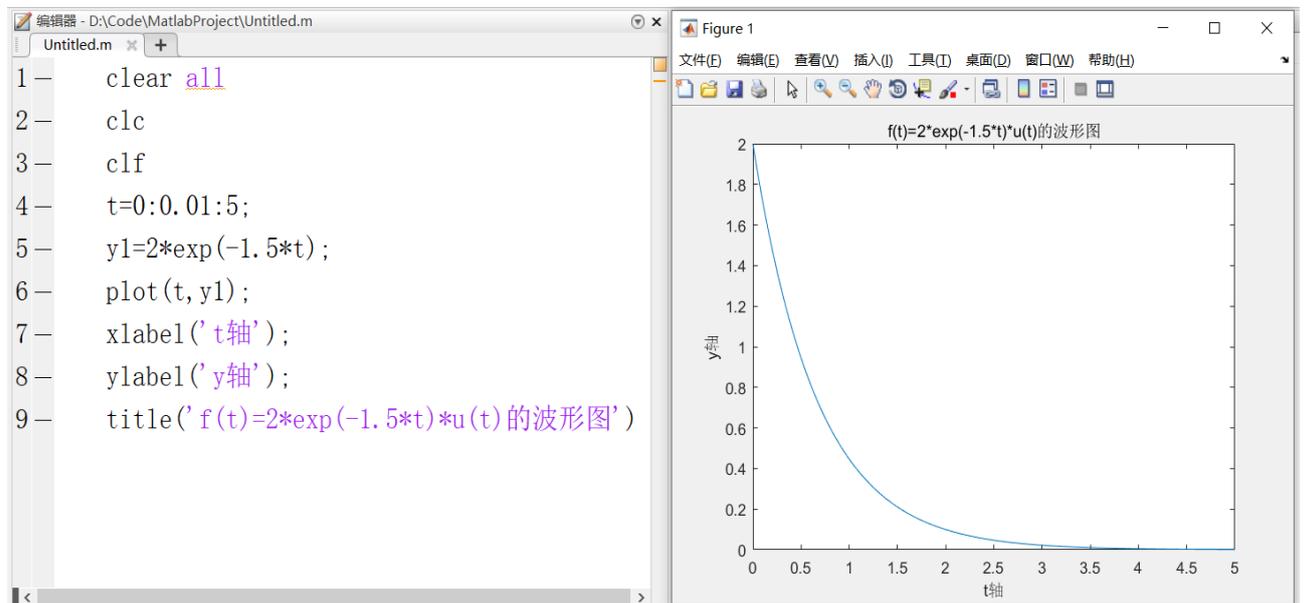
(2) $2\sin(2\pi t + \frac{\pi}{4})$

(3) $f(t) = \begin{cases} 2 & 0 \leq t \leq 1 \\ 0 & t < 0, t > 1 \end{cases}$ ，并用 axis 命令把图像调整到画布中间。

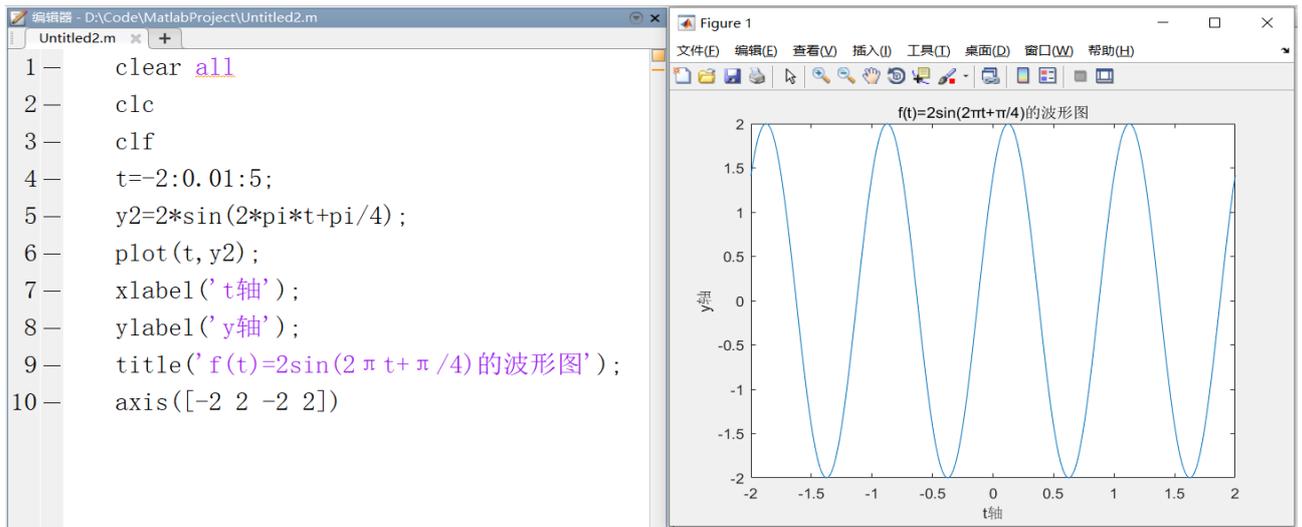
(4) 用 440Hz 正弦波乘以 4Hz 正弦波得到震音，并用 sound 函数播放。

程序、实验结果及解释说明：

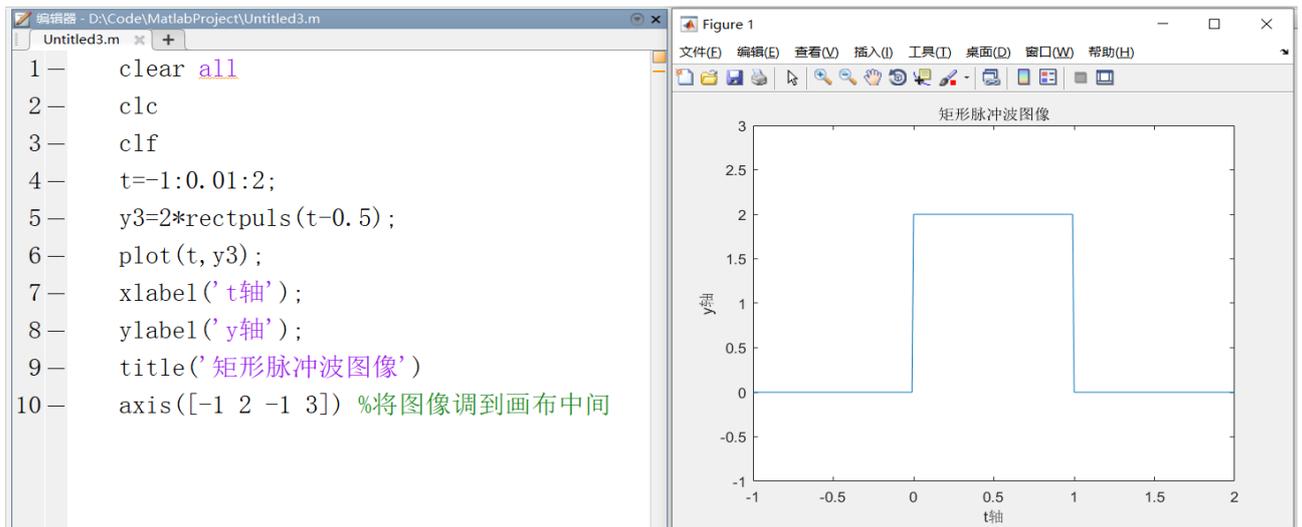
(1)



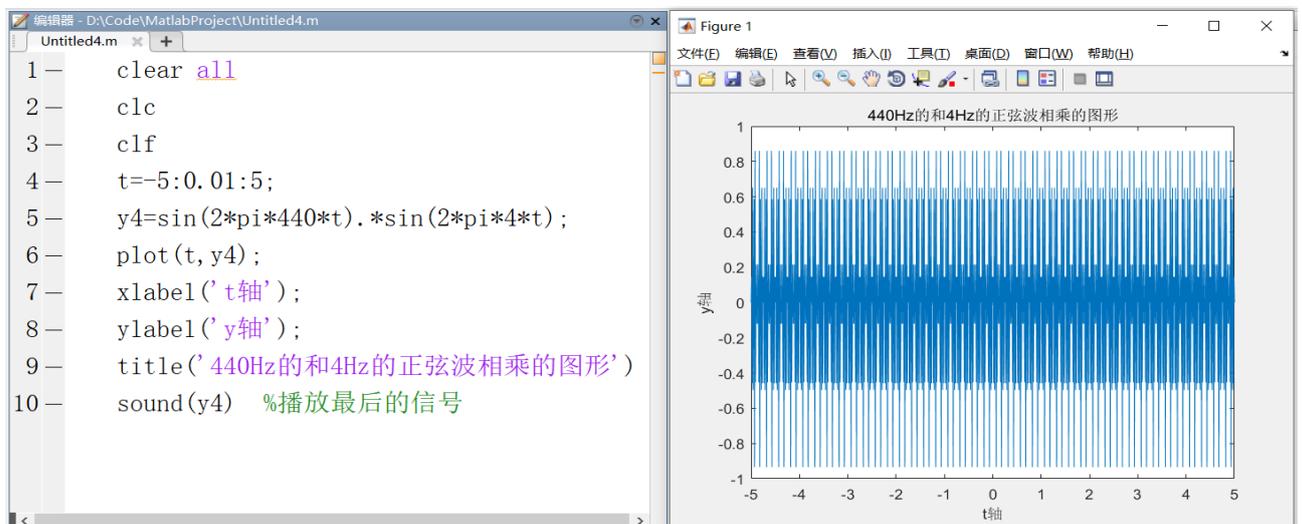
(2)



(3)



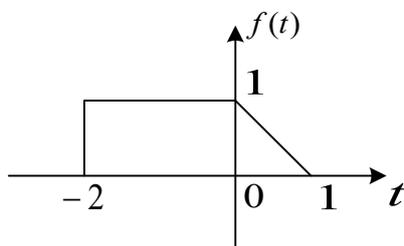
(4)



2、已知信号 $f(t)$ 的波形如图所示，试用 MATLAB 命令

(1) 画出 $f(t)$ 的波形图，添加网格线，标明横纵坐标和 title。

(2) 画出 $f(t-2)$ 、 $f(3t)$ 、 $f(-t)$ 、 $f(-3t-2)$ 的波形图，添加网格线，标明横纵坐标和 title，要求用 subplot 命令把 4 个图画在同一画布上。



程序、实验结果及解释说明：

(1)

```

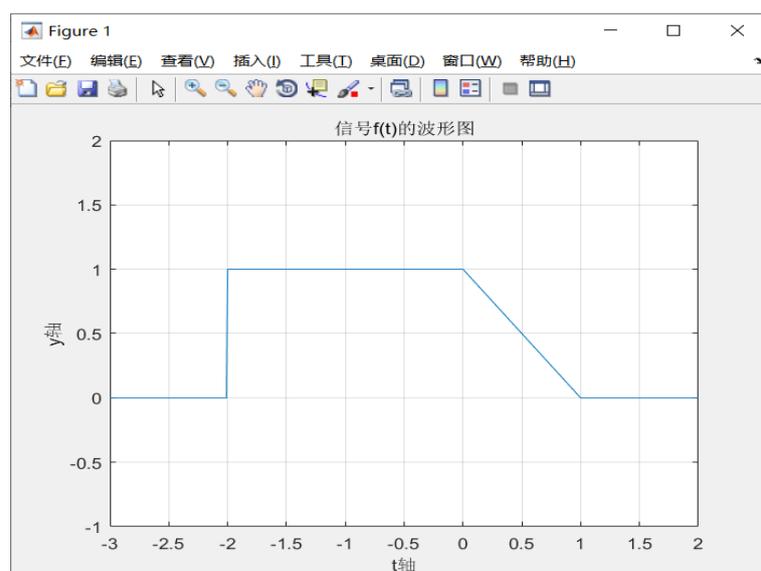
1 function f = u(t)
2 %构造阶跃函数
3 f = (t>=0)
4 end
5
6
7

```

```

1 clear all
2 clc
3 clf
4 t=-3:0.01:2;
5 a=(-t+1).*(u(t)-u(t-1))+u(t+2)-u(t);
6 plot(t,a);
7 grid on; %添加网格线
8 xlabel('t轴');
9 ylabel('y轴');
10 title('信号f(t)的波形图');
11 axis([-3 2 -1 2])
12
13

```



程序解释说明：

如图所示，先创建一个阶跃函数 $u(t)$ ，再调用它去构造信号 $f(t)$

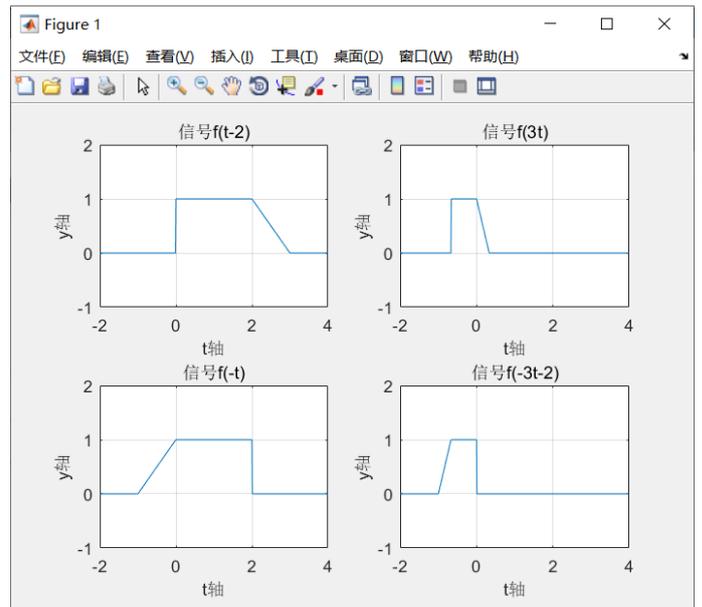
(2)

```
1 clear all
2 clc
3 clf
4 t=-4:0.01:4;
5 subplot(2,2,1);
6 plot(t,a(t-2));
7 grid on;
8 xlabel('t轴');
9 ylabel('y轴');
10 title('信号f(t-2)');
11 axis([-2 4 -1 2]);
12
13 subplot(2,2,2);
14 plot(t,a(3*t));
15 grid on;
16 xlabel('t轴');
17 ylabel('y轴');
18 title('信号f(3t)');
19 axis([-2 4 -1 2]);
20
21 subplot(2,2,3);
22 plot(t,a(-t));
23 grid on;
24 xlabel('t轴');
25 ylabel('y轴');
26 title('信号f(-t)');
27 axis([-2 4 -1 2]);
28
29 subplot(2,2,4);
30 plot(t,a(-3*t-2));
31 grid on;
32 xlabel('t轴');
33 ylabel('y轴');
34 title('信号f(-3t-2)');
35 axis([-2 4 -1 2]);
36
```

主程序

```
1 function f = u(t)
2 %构造阶跃函数
3 f=(t>=0)
4 end
```

```
1 function f = a(t)
2 %封装第2题原f(t)信号的函数
3 f=(-t+1).*(u(t)-u(t-1))+u(t+2)-u(t)
4 end
```



程序解释说明:

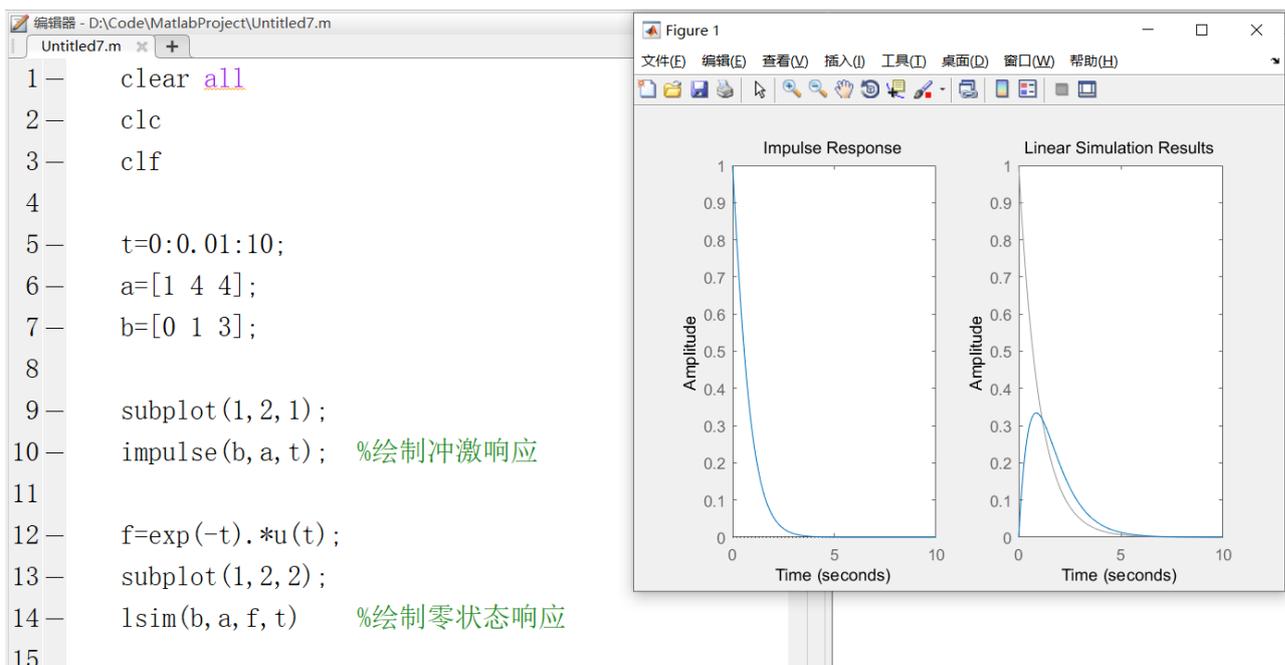
为了使主程序里面的代码更加简洁, 我将题目中的原信号 $f(t)$ 的函数单独封装起来了。即构造了 **a.m** 这个函数文件, 在里面定义了我们需要的原信号 $f(t)$ 的函数, 并命名为 **a(t)**。那么在主程序中, 就再只需要直接调用 **a(t)** 就可以了。

3、已知描述系统的微分方程和激励信号如下

$$y''(t) + 4y'(t) + 4y(t) = f'(t) + 3f(t), \quad f(t) = e^{-t}u(t)$$

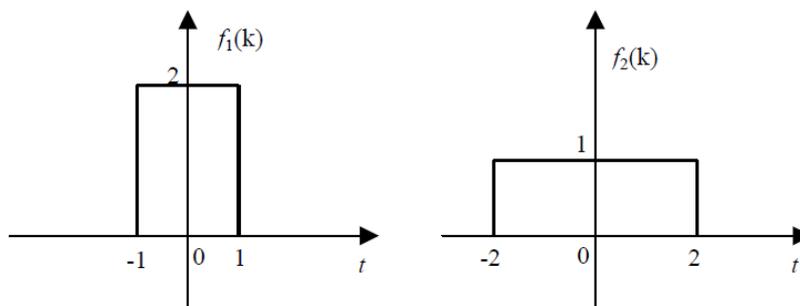
要求：分别用 MATLAB 的 `impz()`函数和 `lsim()`函数绘制系统的冲激响应和零状态响应，得出其时域波形；

程序、实验结果及解释说明：



4、已知两连续时间信号如下图所示，试用 MATLAB 求 $f(t) = f_1(t) * f_2(t)$ ，并绘出 $f(t)$ 的时域波形图。（设定取样时间间隔为 p ）

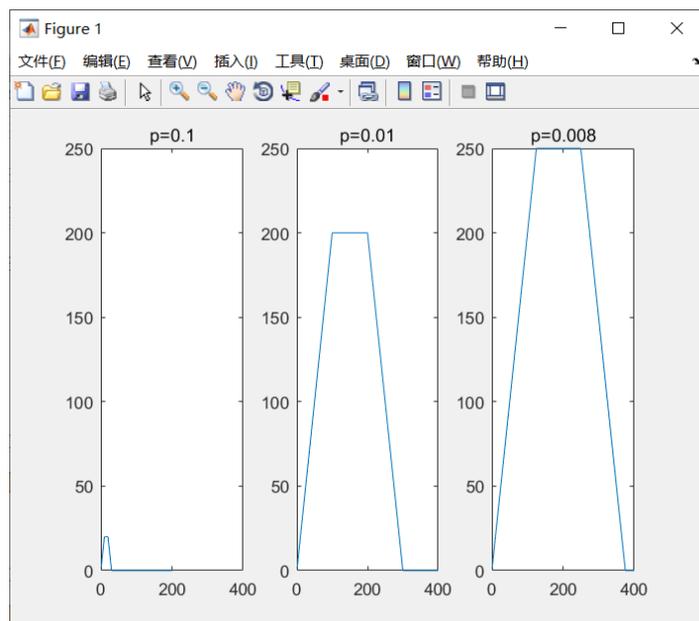
回答：用不同的 p 计算出的卷积数值近似值有何不同？



程序、实验结果及解释说明：

```
编辑器 - D:\Code\MatlabProject\HuaTu.m
HuaTu.m x Untitled8m.m x +
1 function HuaTu(p)
2 %将本题信号最终卷积的结果及其生成的图形封装成函数
3 %函数HuaTu(p)中的参数p为自定义的采样时间间隔
4 t=0:p:10;
5 f1=2*rectpuls(t,2);
6 f2=rectpuls(t,4);
7 y=conv(f1,f2); %求信号卷积
8 plot(y);
9 title(['p=',num2str(p)]) %打印图形标题
10 axis([0 400 0 250]) %统一图像显示范围
11 end
```

```
编辑器 - D:\Code\MatlabProject\Untitled8m.m
HuaTu.m x Untitled8m.m x +
1 %主函数
2 %HuaTu(p)函数见其函数文件声明
3 %其参数p为自定义的采样时间间隔
4 clear all
5 clc
6 clf
7
8 subplot(1,3,1);
9 HuaTu(0.1); %采样时间间隔p=0.1
10
11 subplot(1,3,2);
12 HuaTu(0.01); %采样时间间隔p=0.01
13
14 subplot(1,3,3);
15 HuaTu(0.008); %采样时间间隔p=0.008
```



程序解释说明：

由于本题需要计算不同采样时间间隔 p 下对应的卷积值，故我将求解两信号的卷积以及生成图形的部分封装成函数 $HuaTu(p)$ 。如此，主程序中就可以通过直接调用 $HuaTu(p)$ 函数，赋予其不同的参数 p 值，从而实现题目要求，程序设计也更加简洁。

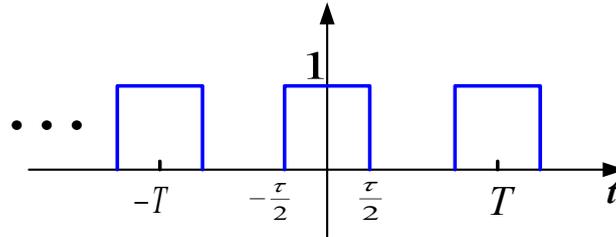
问题回答：

不同的 p 计算出的卷积数值近似值不同，当 p 值越小时，卷积数值的近似值越大，相同显示比例下所生成的图像更大、更清晰。

实验二 周期信号的傅里叶级数分析

5、已知周期矩形脉冲信号 $f(t)$ 的波形如图所示，设脉冲幅度为 1，宽度为 τ ，周期为 T ，用 MATLAB 绘制信号的频谱图，并研究脉冲宽度 τ 变化时（分别取 $\tau = 4$ 、 $T = 8$ ； $\tau = 2$ 、 $T = 8$ ； $\tau = 1$ 、 $T = 8$ ），对其频谱的影响。

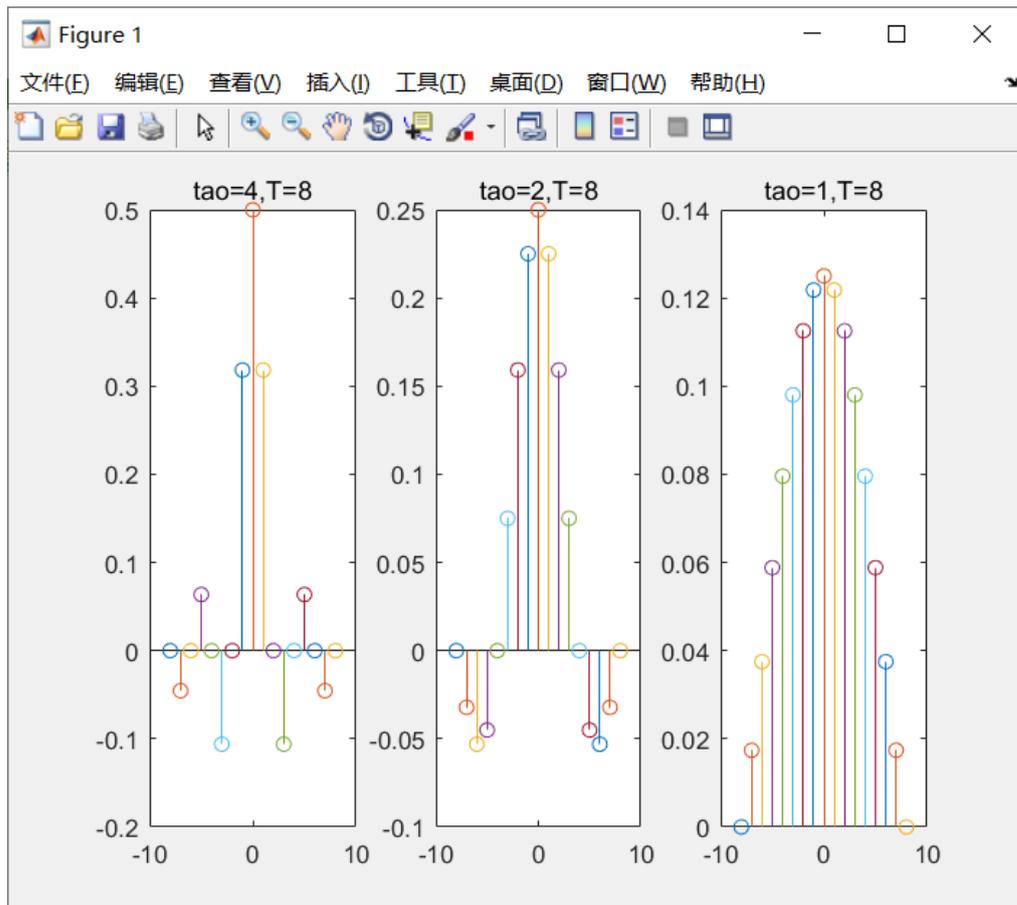
(提示：采样点 $k=0$ 时，需要对频谱图单独赋值)



程序、实验结果及解释说明：

```
1 %构造生成频谱图的函数Spectrogram( tao, T)
2 %参数tao为脉冲宽度, T为信号周期
3 function Spectrogram( tao, T)
4 for k=-8:1:8
5     if k==0 %采样点k=0时, 对频谱图单独赋值
6         ak=tao/T;
7         stem(k, ak); %绘制频谱图
8     else
9         ak=(sin(k*pi*tao/T))./(k*pi);
10        stem(k, ak);
11        title([' tao=' , num2str( tao), ', T=' , num2str( T)]) %打印图形标题
12        hold on;
13    end
14 end
15 end
16
```

```
1 %主函数
2 %Spectrogram( tao, T)的定义见其函数文件
3 %其参数tao为脉冲宽度, T为信号周期
4 clear all
5 clc
6 clf
7
8 subplot( 1, 3, 1);
9 Spectrogram( 4, 8); %生成tao=4, T=8的频谱图
10
11 subplot( 1, 3, 2);
12 Spectrogram( 2, 8); %生成tao=2, T=8的频谱图
13
14 subplot( 1, 3, 3);
15 Spectrogram( 1, 8); %生成tao=1, T=8的频谱图
```



程序解释说明:

为了使主程序更加简洁、直观，生成频谱图像的部分被我封装成了一个函数 `Spectrogram(tao,T)`，其参数 `tao` 为脉冲宽度，`T` 为信号周期。在函数 `Spectrogram(tao,T)` 的定义中，由于频谱系数 a_k 在 $k=0$ 处的值需要单独计算，故设计了一个 `if-else` 的选择结构来实现该要求。

问题回答:

在 T 一定时， τ 减小，谱线间隔不变，过零点处的频率增加，过零点间的谱线数目增加，频谱幅度减小。

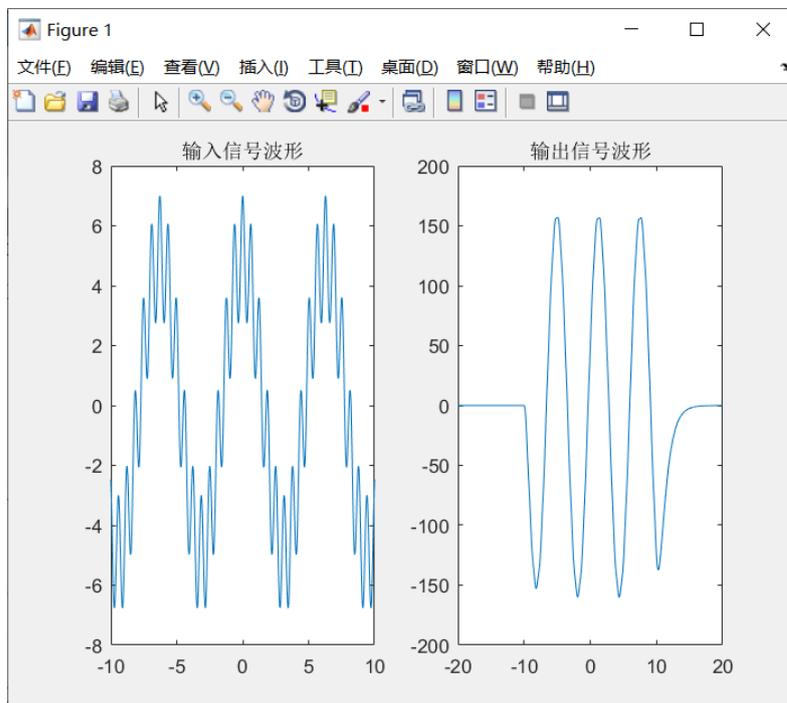
6、设系统的频率响应为 $H(j\omega) = \frac{1}{(j\omega)^2 + 3j\omega + 2}$ ，若外加激励信号为 $5 \cos(t) + 2 \cos(10t)$ ，用 MATLAB 求其响应，并说明信号通过系统后有何变化？

画图要求：（1）输入信号波形 （2）输出信号波形

程序、实验结果及解释说明：

```
1 function f = u(t)
2 %构造阶跃函数
3 f=(t>=0);
4 end
```

```
1 clear all
2 clc
3 clf
4 t1=-10:0.01:10;
5 t2=-20:0.01:20;
6
7 x=5*cos(t1)+2*cos(10*t1);
8 h=u(t1).*exp(-t1)-u(t1).*exp(-2*t1);
9 y=conv(x,h);
10
11 subplot(1,2,1);
12 plot(t1,x);
13 title('输入信号波形');
14 subplot(1,2,2);
15 plot(t2,y);
16 title('输出信号波形')
```



问题回答：

由实验结果可知，该信号通过系统后的响应波形在幅值上得到了放大，但波形的总体形状保持不变，并得到了修整。相对于原输入信号的波形，输出信号的波形更加光滑。