实验一：应用 MATLAB 的连续信号分析

一、实验目的

1.加深理解连续时间信号分析等相关概念与运算；

2.利用 matlab 画出连续信号波形（向量法），包括常见信号的表示；

3.利用 matlab 进行连续信号的傅里叶变换与反变换；

4.利用 matlab 进行拉氏变换与反变换。

二、实验内容

1、卷积计算。

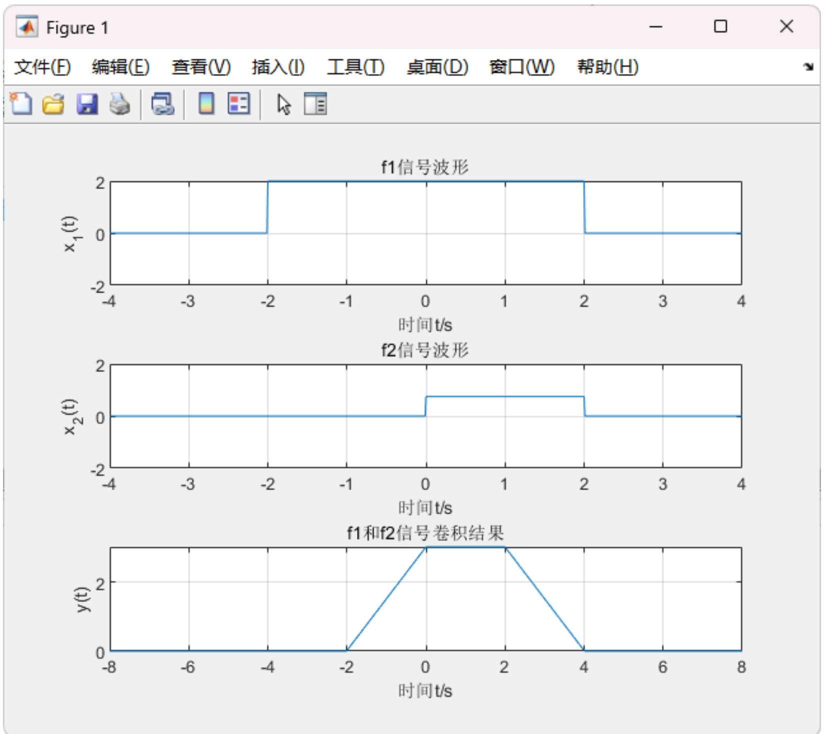
用 matlab 计算信号 $x_1(t)=\begin{cases}2, -2<t<2\\0, \quad 其他\ t\end{cases}$，$x_2(t)=\begin{cases}3/4, \ 0<t<2\\0, \quad 其他\ t\end{cases}$ 的线性卷积 y(t)=x1(t)*x2(t)（教材 P16-18 例题）。**要求：画出 x1(t)、x2(t)和 y(t)；**

【程序源代码】

```
close all;clear;clc;        %复位 matlab 工作环境
tspan=0.01;                 %设置信号的采样间隔
t1=-4:tspan:4;              %f1 信号时间向量 t1，取[-4,4]s
t1len=length(t1);           %t1 的长度
t2=-4:tspan:4;              %f2 信号时间向量 t2，取[-4,4]s
t2len=length(t2);           %t2 的长度
t3=-8:tspan:8;              %f3 信号时间向量 t3，取[-8,8]s
f1=[zeros(1,length(-4:tspan:(-2-0.01))),2*ones(1,length(-2:tspan:2)),zeros(1,length(2.01:tspan:4))];
%zeros 函数创建全 0 矩阵，ones 函数创建全 1 矩阵。
%生成 f1 信号，其中时间[-2,2]s 的幅值为 2，其他为 0
f2=[zeros(1,length(-4:tspan:(0-0.01))),3/4*ones(1,length(0:tspan:2)),zeros(1,length(2.01:tspan:4))];
%生成 f2 信号，其中时间[0,2]s 的幅值为 3/4，其他为 0
w=conv(f1,f2);              %对 f1 和 f2 采样数组向量进行卷积
w=w*tspan;                  %乘以时间间隔
subplot(3,1,1);             %将当前图形划分为 3*1 网格，并选择区域 1 创建坐标轴
plot(t1,f1);                %绘制 f1 波形
title('f1 信号波形');       %设置标题
grid on;                    %显示网格
xlabel('时间 t/s');         %设置横轴显示标签
ylabel('x_1(t)');           %设置纵轴显示标签
axis([-4 4 -2 2]);          %设置坐标范围
subplot(3,1,2);             %选择区域 2 创建坐标轴（与上方图形在一个图内）
plot(t2,f2);                %以下代码注释同上，不再赘述
title('f2 信号波形');
grid on;
xlabel('时间 t/s');
ylabel('x_2(t)');
axis([-4 4 -2 2]);
subplot(3,1,3);
```

```
plot(t3,w);
title('f1 和 f2 信号卷积结果');
xlabel('时间 t/s');
ylabel('y(t)');
grid on;
```

【运行结果】



【实验结果】

实验通过 MATLAB 中的 conv 函数实现卷积运算，结果展示了卷积信号 $y(t)$的形态。实验结果表明，卷积操作使得信号$y(t)$的形态扩展并发生平滑过渡，展示了卷积的时域平滑特性。通过绘制各个信号的波形图，可以直观地观察到卷积前后信号的变化过程。

2、**幅频和相频特性。**

用 matlab 计算信号$x(t) = e^{-2t}u(t)$ 的傅立叶变换（教材 P36 例题，参数 a=-2）。**要求：画出 x(t)、X(ω)的幅频特性曲线、X(ω)的相频特性曲线。**

【程序源代码】

```
close all;clear;clc;            % 复位 matlab 工作环境
syms t w                        % 定义符号变量 t 和 w
x=exp(-2*t)*heaviside(t);       % 时间信号 x(t)
F=fourier(x,t,w);               % 傅里叶变换
% 绘制时间域信号 x(t)
subplot(3,1,1);                 % 创建 3×1 子图，选中第 1 个区域
ezplot(x);                      % 绘制时间域信号
xlabel('时间 t/s');             % 横轴标签
ylabel('x(t)');                 % 纵轴标签
title('时间域信号 x(t)');       % 标题
grid on;                        % 显示网格
```

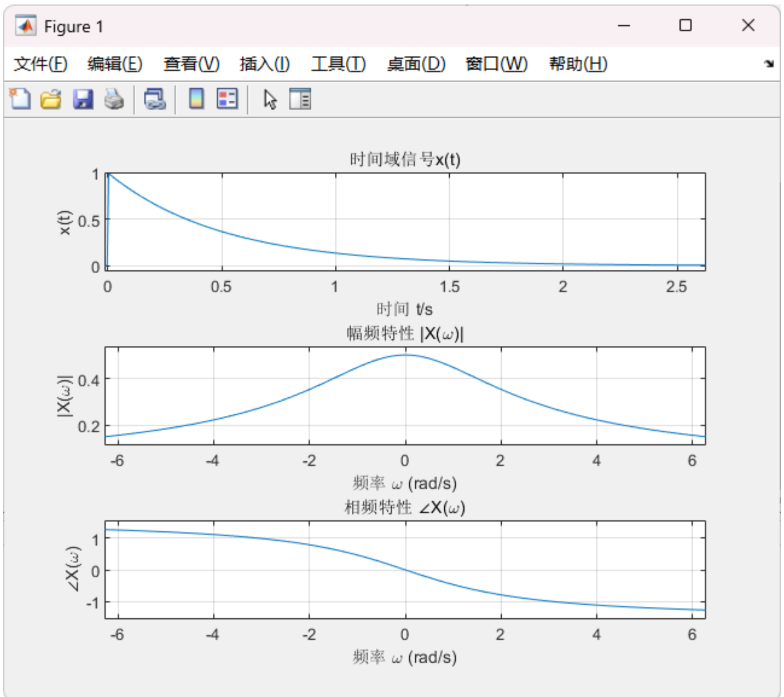
% 绘制幅频特性 |X(w)|

```
subplot(3,1,2);                 % 选中第 2 个区域
ezplot(abs(F));                % 绘制幅频特性 |X(w)|
xlabel('频率 \omega (rad/s)');  % 横轴标签
ylabel('|X(\omega)|');          % 纵轴标签
title('幅频特性 |X(\omega)|');   % 标题
grid on;                        % 显示网格
```

% 绘制相频特性 ∠X(w)

```
subplot(3,1,3);                 % 选中第 3 个区域
ezplot(angle(F));               % 绘制相频特性 ∠X(w)
xlabel('频率 \omega (rad/s)');  % 横轴标签
ylabel('∠X(\omega)');           % 纵轴标签
title('相频特性 ∠X(\omega)');   % 标题
grid on;                        % 显示网格
```

【运行结果】



【实验结果】

时间域信号$x(t)$：一个从t=0 开始的指数衰减信号；

幅频特性｜$X(\omega)$｜：低频区域的幅度较大，高频区域幅度衰减明显；

相频特性$\angle X(\omega)$：显示傅里叶变换的相位特性，通常会随着频率的变化呈现平滑或线性变化。

该结果符合理论值。展示了一个典型的指数衰减信号的频域特性，即低频成分占主导地位，且相位在频域上有一定的变化。

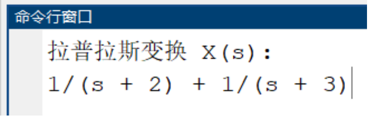
3、拉普拉斯变换。

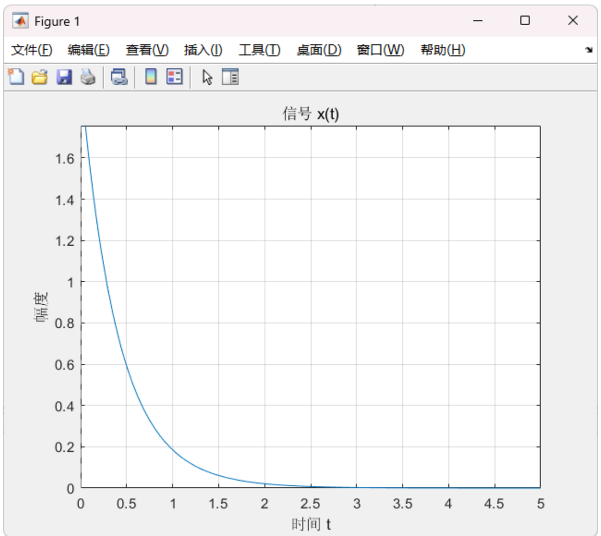
用 matlab 计算信号$x(t) = e^{-2t}u(t) + e^{-3t}u(t)$ 的拉普拉斯变换。**要求：给出 X(s)表达式，画出 x(t)。**

【程序源代码】

```
close all;clear;clc;   %复位 matlab 工作环境
syms t s               % 定义符号变量
u=heaviside(t);        % 定义单位阶跃函数 u(t)
% 定义信号 x(t)
x=exp(-2*t)*u+exp(-3*t)*u;
% 计算拉普拉斯变换 X(s)
X_s=laplace(x,t,s);
disp('拉普拉斯变换 X(s):');
disp(X_s);
% 绘制 x(t) 在 t=0 到 t=5 之间的图像
fplot(x,[0 5]);
title('信号 x(t)');
xlabel('时间 t');
ylabel('幅度');
grid on;
```

【运行结果】





4、附加题

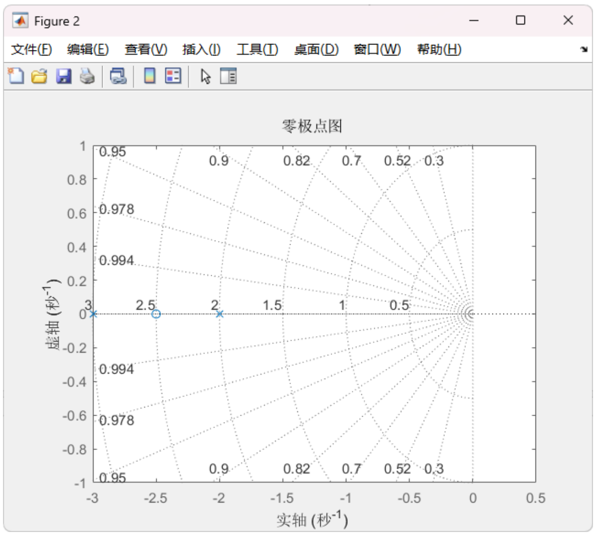
画出第 3 题的零极点图，根据图形给出必要的解释。

【程序源代码】

% ……（接上题代码）

```
% 将拉普拉斯变换表达式转为传递函数
[num,den]=numden(X_s);              % 提取分子 (numerator) 和分母 (denominator)
num=double(coeffs(num,'All'));      % 提取分子多项式的系数，并转为数值
den=double(coeffs(den,'All'));      % 提取分母多项式的系数，并转为数值
sys=tf(num,den);                    % 使用分子和分母系数创建传递函数对象
% 绘制零极点图
figure;
pzmap(sys);                         % 使用 pzmap 函数绘制系统的零极点图
title('零极点图');
grid on;
```

【运行结果】



根据图中显示，拉普拉斯变换$X(s)$的零点为-2.5，极点为-2 和-3.

【实验结果】

零极点图清晰地显示了极点和零点的分布，验证了系统的稳定性和信号的快速衰减特性。

绘制的时域图像与理论分析一致，表明信号随时间逐渐衰减至零。

三、问题记录

请记录调试过程中，碰到的问题（至少 3 个），以及相应的解决方法。

出错 x=exp(-2*t)*sym('heaviside(t)');

① 符号变量冲突

x 被定义为符号变量后，立即重新赋值为表达式，这可能引发混淆。

修复方法：无需显式重新定义符号变量。直接在定义表达式时引入符号变量即可。

② fourier 的默认输出

fourier 函数返回的结果默认是符号形式，需要对结果明确指定处理方式（如绘制其幅度谱）。

修复方法：使用 abs 提取傅里叶变换的幅度。

③ ezplot 函数被弃用

从 MATLAB R2016a 开始，ezplot 被推荐用 fplot 代替。

修复方法：使用 fplot 函数代替 ezplot，并明确频谱绘制的内容。

四、总结与体会

本次实验使用 MATLAB 实现了卷积运算、傅里叶变换、拉普拉斯变换以及零极点图的绘制，帮助我深入理解了信号与系统分析的基本概念。

（1）卷积运算：通过卷积，我理解了信号通过线性时不变系统的响应过程，掌握了时域分析方法。

（2）傅里叶变换：傅里叶变换让我能够将信号从时域转换到频域，分析信号的频率成分。

（3）拉普拉斯变换：通过拉普拉斯变换，我学会了分析信号在复平面上的表现，并通过极点零点图分析了系统的稳定性。

（4）零极点图：零极点图帮助我直观地理解了系统的稳定性与动态特性，极点在复平面左半部分，表明系统稳定。

通过本次实验，我掌握了 MATLAB 在信号分析中的应用，提升了我的理论与实践能力。实验加深了我对信号处理和系统稳定性分析的理解。