一、实验目的

1. 掌握利用$MATLAB$求连续时间函数的拉普拉斯变换和拉普拉斯反变换；
2. 掌握利用$MATLAB$求离散时间信号的z变换和反z变换；
3. 掌握利用$MATLAB$分析系统函数极零点分布与系统特性的关系；

二、实验原理

略，见指导文档文档

三、实验设备（环境）

操作系统$Windows 11/10/9/8/7$
编程软件：推荐$Matlab$，版本不低于2016版本。

四、实验内容

实验1: s域实验

1. （LT实验）利用$MATLAB$求下列式子的LT变换，说明收敛域

1) $f_1(t) = e^{-2t}\varepsilon(t)$

结果：

$$F_1(s) = \frac{1}{s+2}\ (\sigma > 0)$$

源代码：

```
clc;
syms x t
f=@(x) laplace(x);
Y_1 = exp(-2*t).*heaviside(t);
f(Y_1)
```

2) $f_2(t) = \delta(t) + e^{2t}\varepsilon(t) - \frac{4}{3}e^{-t}\varepsilon(t)$

结果：

$$F_2(s) = \frac{1}{s-2} - \frac{4}{3s+3} + 1\ (\sigma > 2)$$

源代码：

```
clc;
syms x t
f=@(x) laplace(x);
Y_2 = dirac(t)+exp(2*t).*heaviside(t)-4/3*exp(-t).*heaviside(t);
f(Y_2)
```

2. （LT反变换实验）利用$MATLAB$求下列式子的ILT变换

1) $F_1(s) = \frac{4s+5}{s^2+5s+6}$

结果：

$$f_1(t) = (7 - 3e^t)e^{-3t}\varepsilon(t)$$

源代码：

```
clc;
syms x t
f=@(x) ilaplace(x);
Y_1= (4*t+5)/(t^2+5*t+6);
f(Y_1)
```

2) $F_2(s) = \frac{3s}{(s+4)(s+2)}$

结果：

$$f_2(t) = 3(2 - e^{2t})e^{-4t}\varepsilon(t)$$

源代码：

```
clc;
syms x t
f=@(x) ilaplace(x);
Y_2= (3*t)/((t+4)*(t+2));
f(Y_2)
```

3. 利用$MATLAB$求$f(s) = \frac{s^2+4s+5}{s^2+5s+6}$的部分分式展开式

结果：

```
>> r

r =

   -2.0000
    1.0000

>> p

p =

   -3.0000
   -2.0000

>> k

k =

     1
```

所以

$$F(s)=\frac{s^2+4s+5}{s^2+5s+6}=\frac{-2}{s+3}+\frac{1}{s+2}+1$$

源代码：

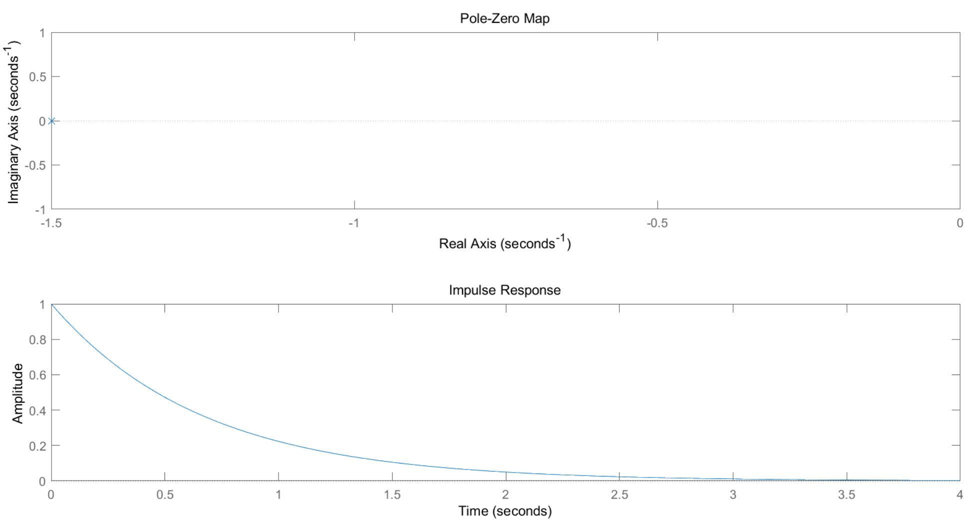
```
clc;
a=[1 4 5];
b=[1 5 6];
[r,p,k] = residue(a,b);
```

4. (极点对系统特性的影响)

某一阶系统的系统函数为$H(S)=\frac{1}{s-p}$,分别绘制极点处于-1.5，-0.5，0，0.5，1.5时的极零图及对应的冲激响应函数。观察现象，总结极点如何影响冲激响应函数，进而总结其对于系统稳定性的影响。

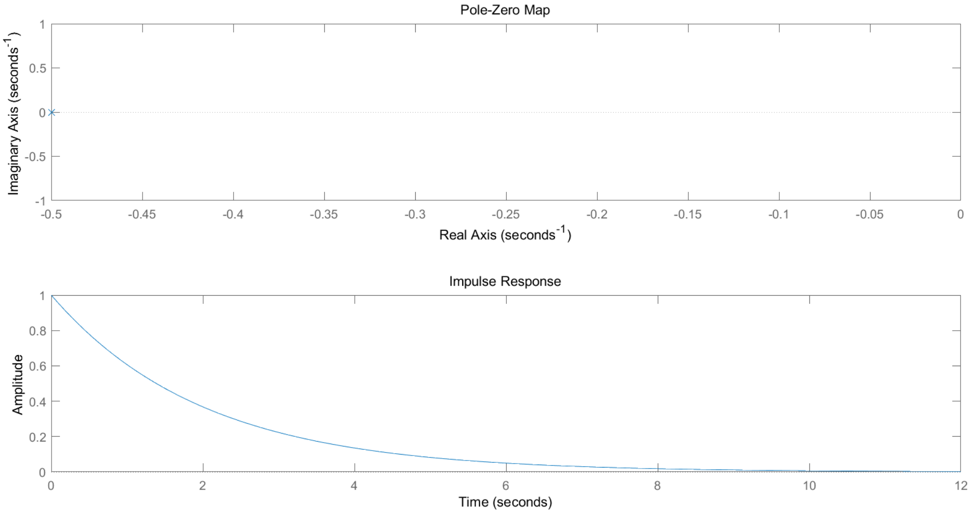
1) $p=-1.5$

结果：



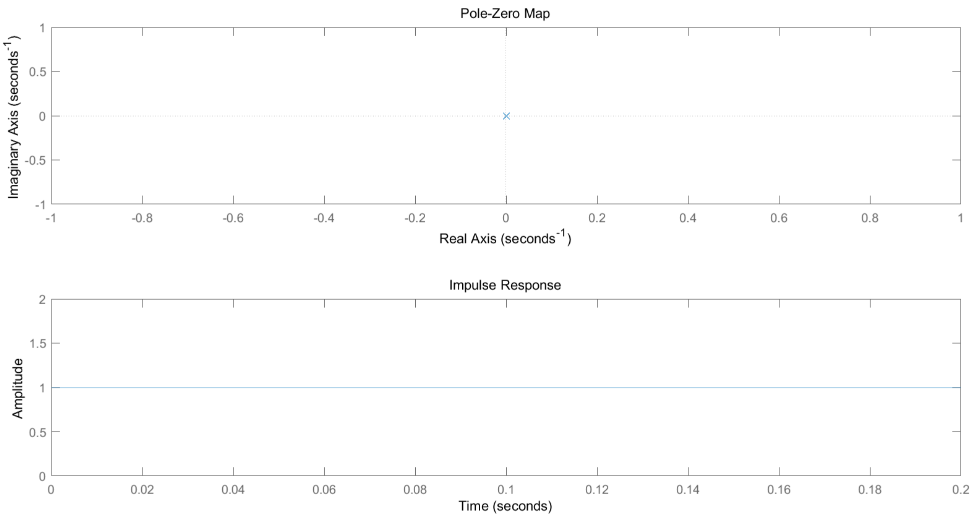
2) $p = -0.5$

结果：



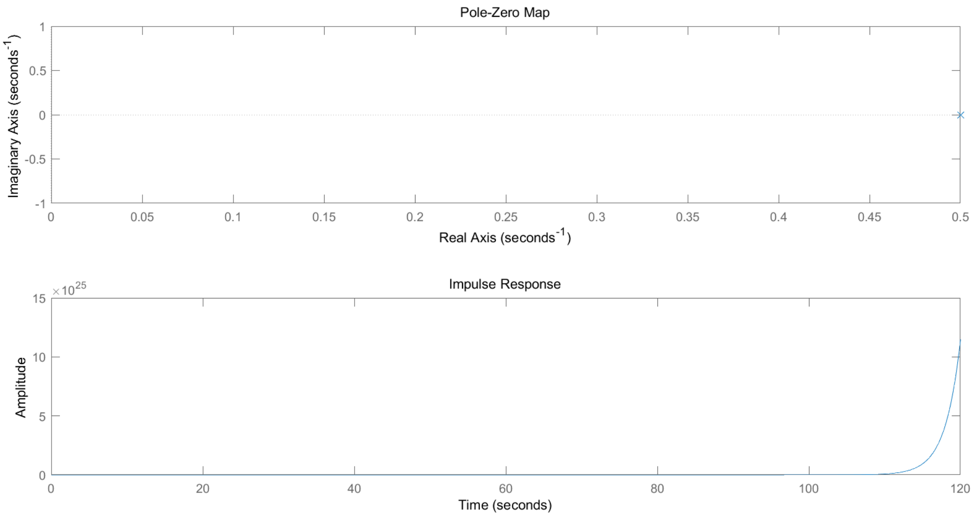
3) $p = 0$

结果：



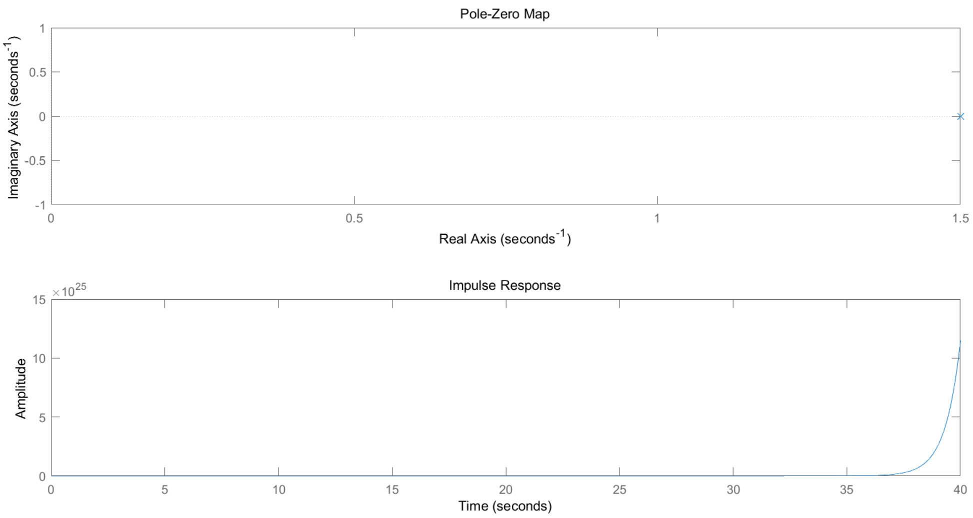
4) $p = 0.5$

结果：



5) $p=1.5$

结果：



源代码：

```
s=tf('s');
p=[-1.5,-0.5,0,0.5,1.5];
f= s-p;
for i = 1:5
     figure(i)
     subplot(211),
     pzmap(1/f(i));
     subplot(212),
     impulse(1/f(i));
end
```

总结：

当极点 p 处于实轴的负半轴时，冲激响应函数是一个单调递减的指数函数，

当极点 p 在负半轴上移动时，冲激响应函数会变得更加平缓，即：越靠近原点，冲激响应函数的陡度就越小；

当极点 p 刚好在原点上时，冲激响应函数会变成一条平缓的水平线；

当极点 p 处于实轴的正半轴时，冲激响应函数是一个单调递增的指数函数，

当极点 p 在正半轴上移动时，冲激响应函数会变得更加陡峭，即：越靠近原点，冲激响应函数的陡度就越大。

总的来说，极点的位置会影响冲激响应函数的形状，而冲激响应函数的形状又会影响系统的稳定性。当极点在原点上时，系统是稳定的。当极点在负半轴时，系统是有限稳定的。当极点在正半轴时，系统是不稳定的。

实验2： z域实验

1.（ZT实验）利用$MATLAB$求$f(k)=2^{k-1}\varepsilon(k)$的$ZT$变换，说明收敛域

结果：

```
F =

z/(2*(z - 2))

fx >>
```

$$F(z)=\frac{z}{2(z-2)}\ (|z|>2)$$

源代码：

```
clc;
syms k z;
f = 2^(k-1) .* stepfun(k,0);
F = ztrans(f,k,z);
F
```

2.（ZT反变换实验）利用$MATLAB$求$F(z)=\frac{2z^2-0.5z}{z^2-0.5z-0.5}$的单边$IZT$变换

结果：

```
f =

(-1/2)^n + 1

fx >>
```

$$f(k)=(1+(-0.5)^k)\varepsilon(k)$$

源代码：

```
clc;
syms z;
F = (2*z^2 - 0.5*z) / (z^2 - 0.5*z - 0.5);
f = iztrans(F);
f
```

3. 利用$MATLAB$求$F(z)=\frac{z}{2z^2-3z+1}$的部分分式展开式，并利用该结果计算单边IZT变换

结果：

```
r =

    1.0000
   -0.5000

>> p

p =

    1.0000
    0.5000

>> k

k =

     []

fx >>
```

```
f =

1 - (1/2)^n

fx >>
```

$$F(z)=\frac{z}{2z^2-3z+1}=\frac{1}{z-1}-\frac{1}{2z-1}$$

$$f(k)=(1-(0.5)^k)\varepsilon(k-1)$$

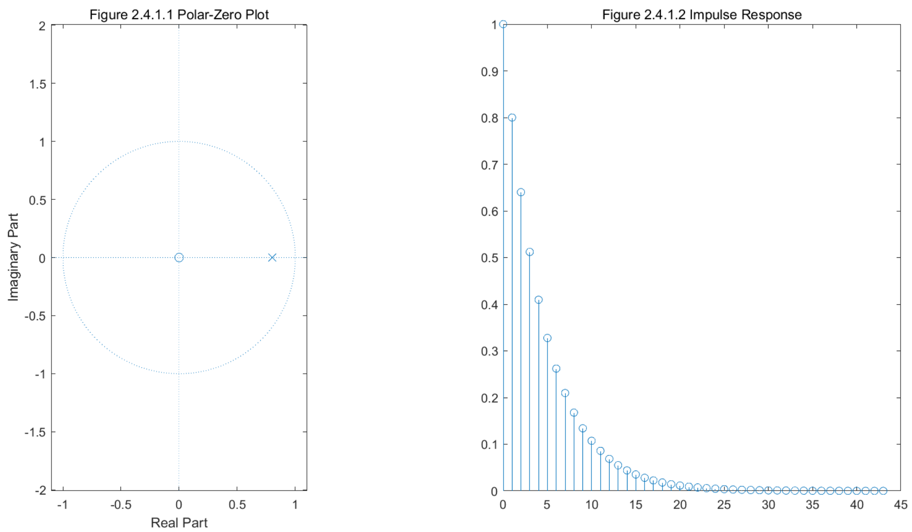
源代码：

```
clc;
[r, p, k] = residuez([1],[2 -3 1]);
syms z;
F = z / (2*z^2 - 3*z + 1);
f = iztrans(F);
f
```

4. 利用$MATLAB$画出下列系统函数的极零图以及对应的时域单位函数响应的$h(k)$波形，并分析系统函数的极点对于时域波形的影响。

1) $H_1(z) = \frac{z}{z-0.8}$

结果图：



源代码：

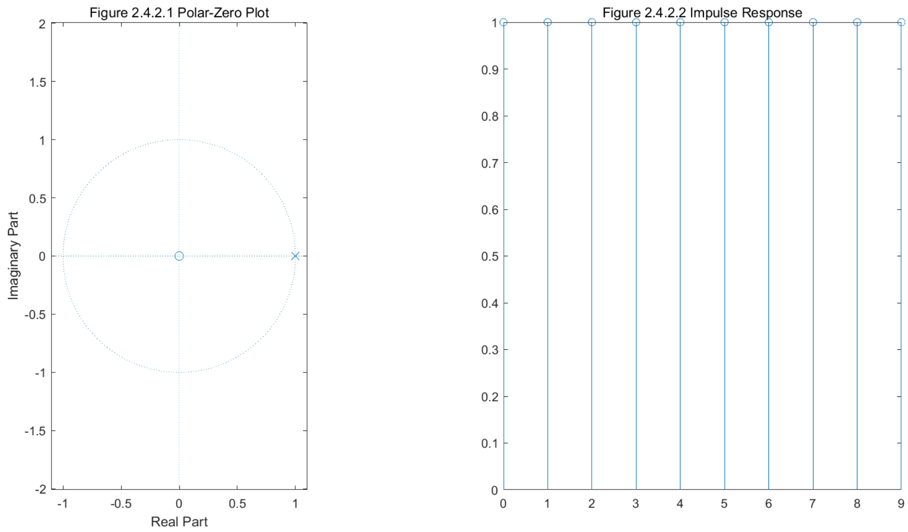
```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 -0.8]) %极零图
title('Figure 2.4.1.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -0.8]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.1.2 Impulse Response');
```

2) $H_2(z) = \frac{z}{z-1}$

结果图：



源代码:

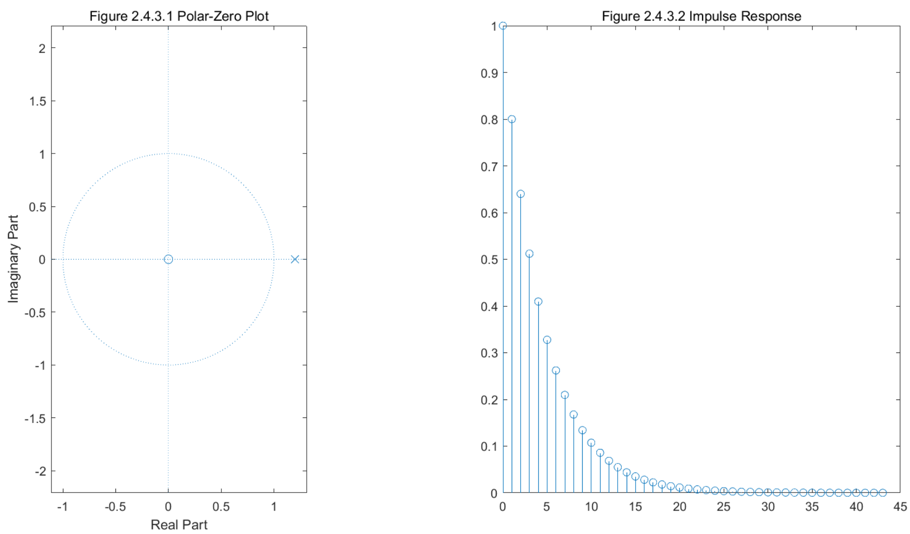
```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 -1]) %极零图
title('Figure 2.4.2.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -1]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.2.2 Impulse Response');
```

3) $H_3(z) = \frac{z}{z-1.2}$

结果图:



源代码:

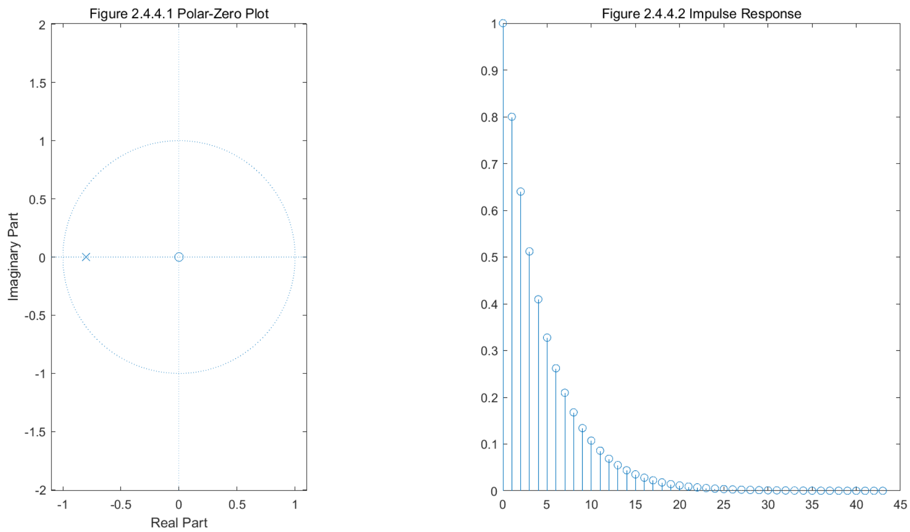
```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 -1.2]) %极零图
title('Figure 2.4.3.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -0.8]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.3.2 Impulse Response');
```

4) $H_4(z) = \frac{z}{z+0.8}$

结果图：



源代码：

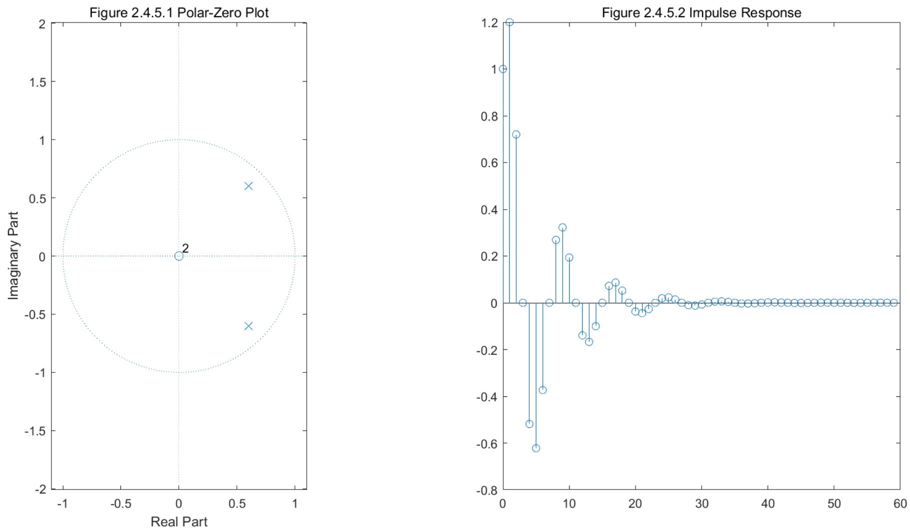
```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 0.8]) %极零图
title('Figure 2.4.4.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -0.8]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.4.2 Impulse Response');
```

5) $H_5(z) = \frac{z}{z^2-1.2z+0.72}$

结果图：



源代码：

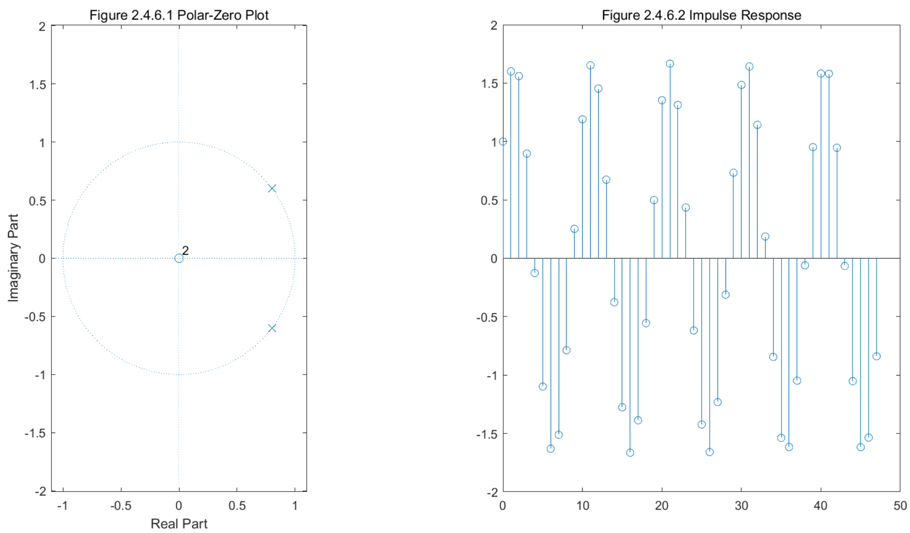
```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 -1.2 0.72]) %极零图
title('Figure 2.4.5.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -1.2 0.72]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.5.2 Impulse Response');
```

6) $H_6(z) = \frac{z}{z^2-1.6z+1}$

结果图：



源代码：

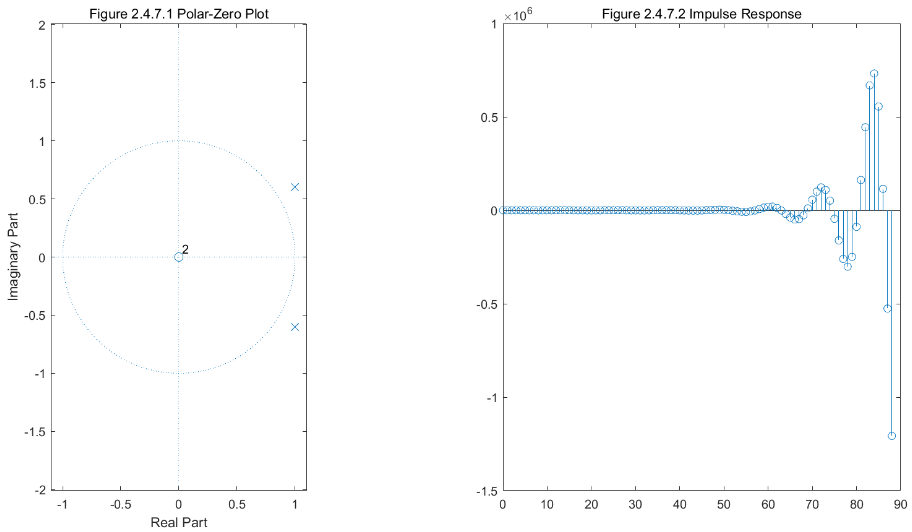
```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 -1.6 1]) %极零图
title('Figure 2.4.6.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -1.6 1]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.6.2 Impulse Response');
```

7) $H_7(z)=\frac{z}{z^2-2z+1.36}$

结果图：



源代码：

```
clc;

subplot(1,2,1);
zplane(1,[1 -2 1.36]) %极零图
title('Figure 2.4.7.1 Polar-Zero Plot');

subplot(1,2,2);
[h,t] = impz(1,[1 -2 1.36]);%时域单位函数响应 h(k) 的波形
stem(t,h); %茎叶图
title('Figure 2.4.7.2 Impulse Response');
```

极点对时域波形的影响：

若极点在**圆内**，则信号**减幅**振荡；若极点在**圆外**，则信号**增幅**震荡；若极点在**圆上**，则信号**等幅**振荡。

五、实验体会、感悟和总结

本次实验相较前几次内容较少，也比较简单，做起来顺利不少。不过极零图和冲击响应的绘制函数的用法很难找（特别是s域实验），这花费了一定的时间。四次实验下来，最大的收获是第一通过实验具体的认识并学会了很多理论上的知识，对整个信号与系统课程的学习有很大的帮助；第二学会了使用$Matlab$制图，这方便了数学的学习和以后的论文写作。