西北工业大学

《信号与系统》实验报告

学　　院：　软件学院

学　　号：　2020302878

姓　　名：　楚逸飞

专　　业：　软件工程

实验时间：　2022.12.9

实验地点：　启翔楼 211

指导教师：　汪彦婷、柳艾菲

西北工业大学

2022 年　12 月

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 分析系统函数级零点与系统特性的关系；

二、实验报告要求

1. 提交：实验报告一份，PDF 格式，其他格式拒收
2. 实验报告中需要包括：

A）若题目要求理论结果，报告中需要给出理论结果。

B）结果图。图中需要有适当的标识、横坐标、纵坐标等。

C）源代码。源代码中要有合适的注释。

D）实验体会和感悟。

三、实验设备（环境）

操作系统 Windows11

编程软件：推荐 Matlab2021a

四、实验内容与实验结果

1. s 域实验

① LT 实验：利用 MATLAB 求：

1) $f_1(t) = e^{-2t}\varepsilon(t)$　　　2) $f_2(t) = \delta(t) + e^{2t}\varepsilon(t) - \frac{4}{3}e^{-t}\varepsilon(t)$

1）

代码：

```
function expr4_1_1_1()
    syms t;
    f1 = exp(-2 * t) .* heaviside(t);
    F1 = laplace(f1);
    disp(F1);
end
```

结果：

收敛域为：Re[s] > -2
理论值：

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

MATLAB 计算：

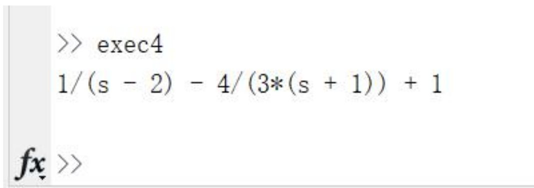
2）
代码：

```
function expr4_1_1_2()
    syms t;
    f2 = dirac(t) + exp(2 * t) .* heaviside(t) - 4 / 3 *
exp(-t) .* heaviside(t);
    F2 = laplace(f2);
    % disp(f2);
    disp(F2);
end
```

结果：
收敛域为 Re[s] > 2
理论值：

$$F_1(s) = 1 + \frac{1}{s-2} - \frac{4}{3(s+1)}$$

MATLAB 计算：



② LT 反变换实验：有始信号的拉斯变换如下：

1) $F_1(s) = \dfrac{4s+5}{s^2+5s+6}$ 2) $F_2(s) = \dfrac{3s}{(s+4)(s+2)}$

利用 MATLAB 求其拉普拉斯反变换

1）

代码：

```
function expr4_1_2_1()
    syms s t;
    F1 = (4 * s + 5) / (s * s + 5 * s + 6);
    f1 = ilaplace(F1);
    f1 = f1 * heaviside(t);
    disp(f1);
end
```

结果：

理论值：

$$F_1(s) = \frac{7}{s+3} - \frac{3}{s+2} \rightarrow f_1(t) = (7e^{-3t} - 3e^{-2t})\varepsilon(t)$$

MATLAB 计算：

```
>> exec4
-heaviside(t)*(3*exp(-2*t) - 7*exp(-3*t))

fx >>
```

2）

代码：

```
function expr4_1_2_2()
    syms s t;
    F2 = (3 * s) / ((s + 4) * (s + 2));
    f2 = ilaplace(F2);
    f2 = f2 * heaviside(t);
    disp(f2);
end
```

结果：

理论值：

$$F_2(s) = \frac{6}{s+4} - \frac{3}{s+2} \rightarrow f_1(t) = (6e^{-4t} - 3e^{-2t})\varepsilon(t)$$

MATTLAB 计算：

```
>> exec4
-heaviside(t)*(3*exp(-2*t) - 6*exp(-4*t))

fx >>
```

③ LT 反变换部分分式展开法：利用 MATLAB 求：

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

的部分分式展开式

代码：

```
function expr4_1_3()
    syms s
    b = [1 4 5];
    a = [1 5 6];
    [r, p, k] = residue(b, a);
    F1 = r(1) / (s - p(1)) + r(2) / (s - p(2)) + k;
    disp(F1);
end
```

结果：

理论值：

$$F_1(s) = 1 - \frac{2}{s+3} + \frac{1}{s+2}$$

MATLAB 计算：

```
>> exec4
1/(s + 2) - 2/(s + 3) + 1

fx >>
```

④ 极点对系统特性的影响：某一阶系统的系统函数为：

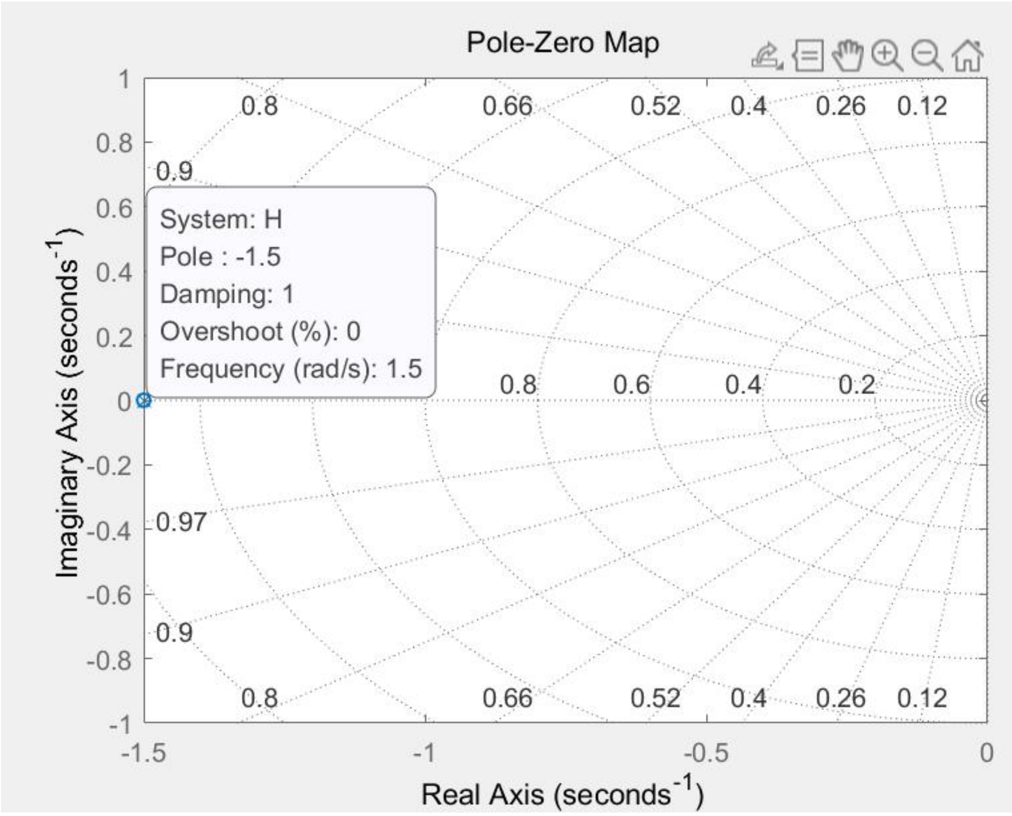
$$H(s) = \frac{1}{s-p}$$

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

-1.5：

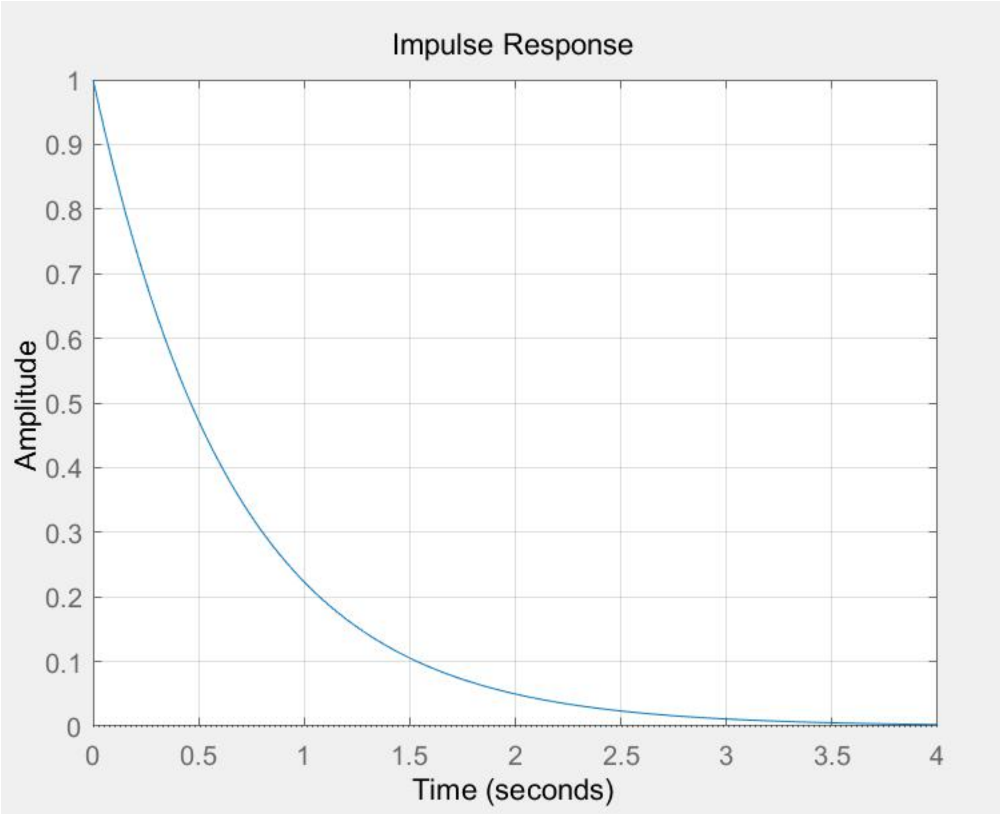
极零图：

```
function expr4_1_4_1_1()
    H = tf([1], [1 1.5]);
    pzmap(H);
    grid on;
end
```



冲激响应函数：

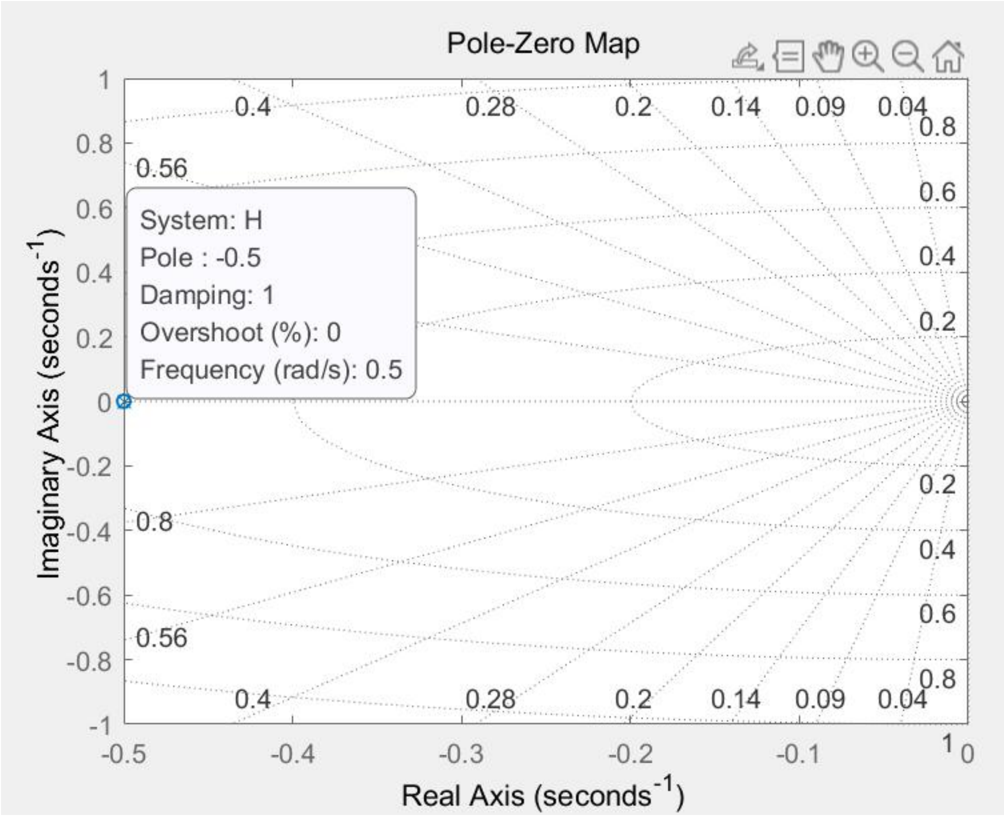
```
function expr4_1_4_1_2()
    sys = tf(1,[1 1.5]);
    impulse(sys);
    grid on;
end
```



-0.5：

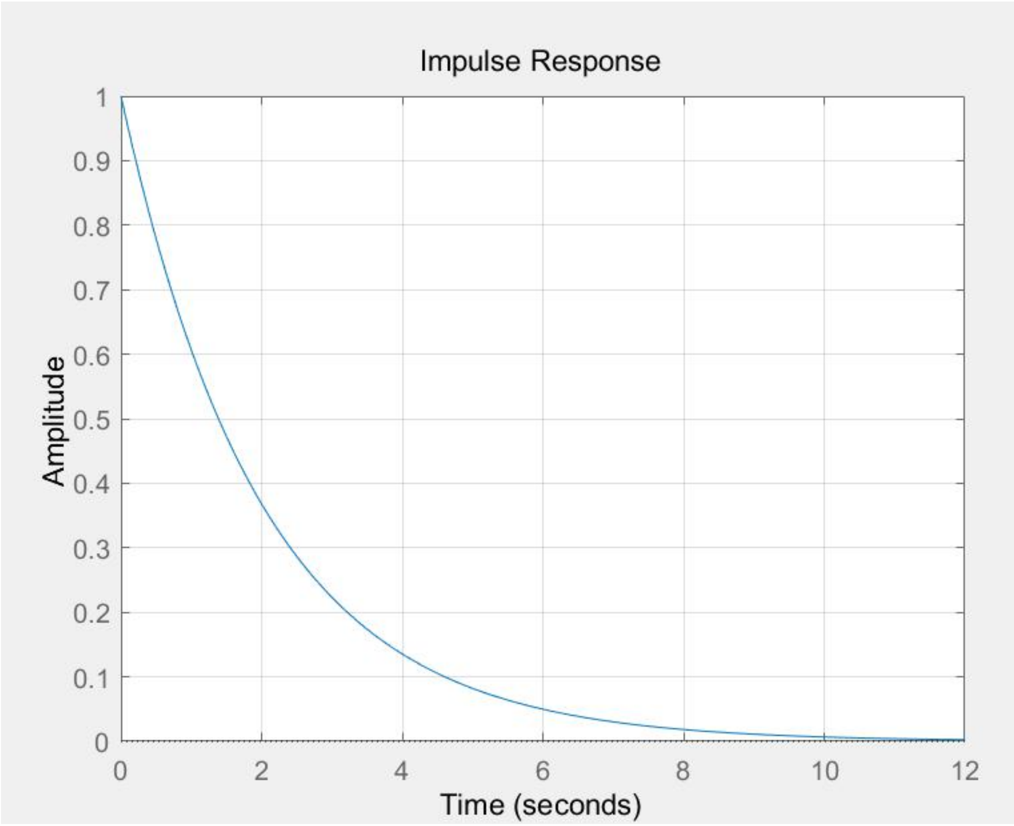
极零图：

```
function expr4_1_4_2_1()
    H = tf([1], [1 0.5]);
    pzmap(H);
    grid on;
end
```



冲激响应：

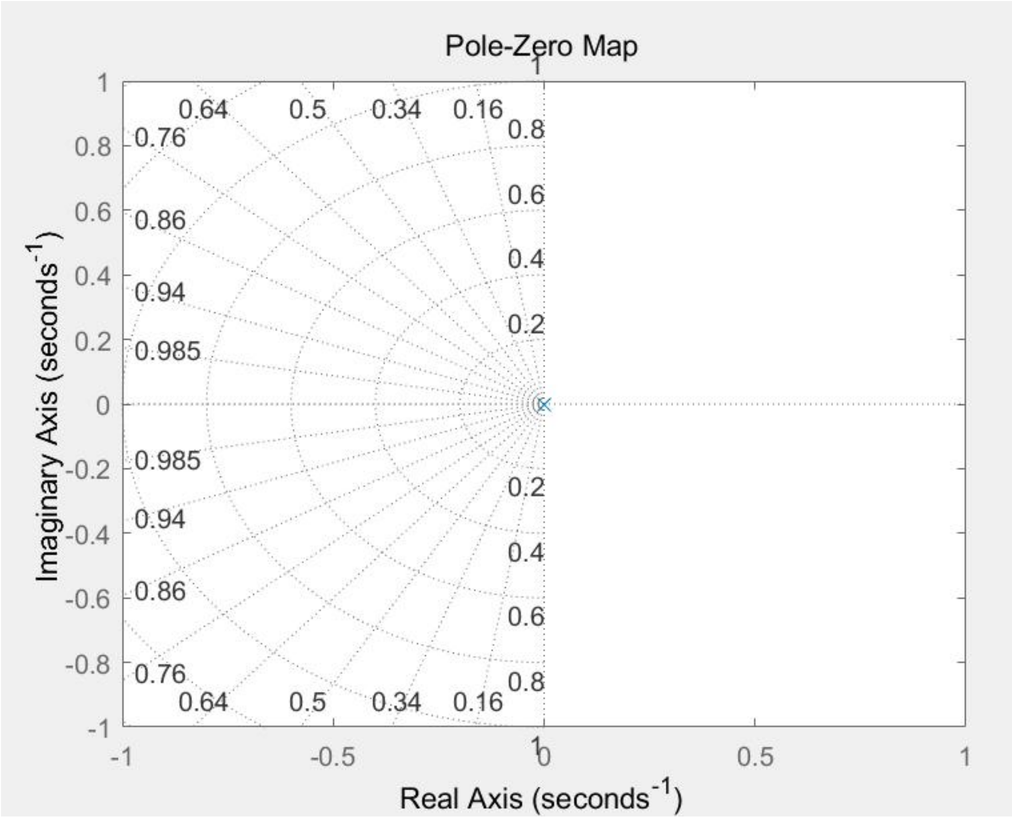
```
function expr4_1_4_2_2()
    sys = tf(1, [1 0.5]);
    impulse(sys);
    grid on;
end
```



0：

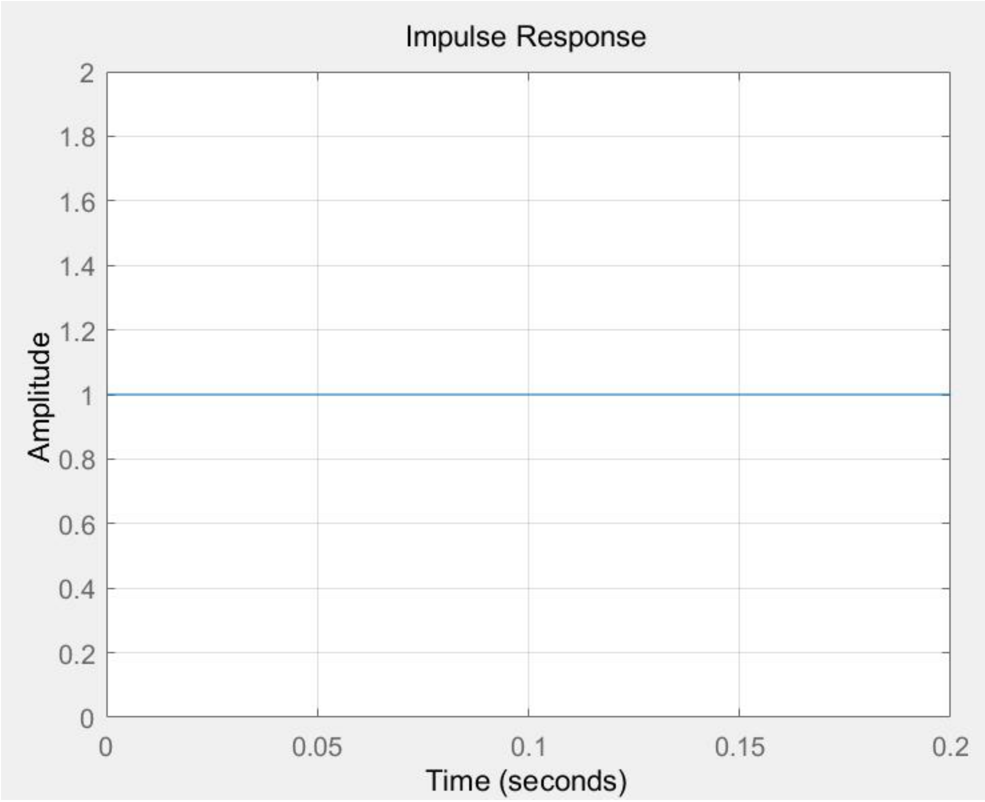
极零图：

```
function expr4_1_4_3_1()
    H = tf([1], [1 0]);
    pzmap(H);
    grid on;
end
```



冲激响应：

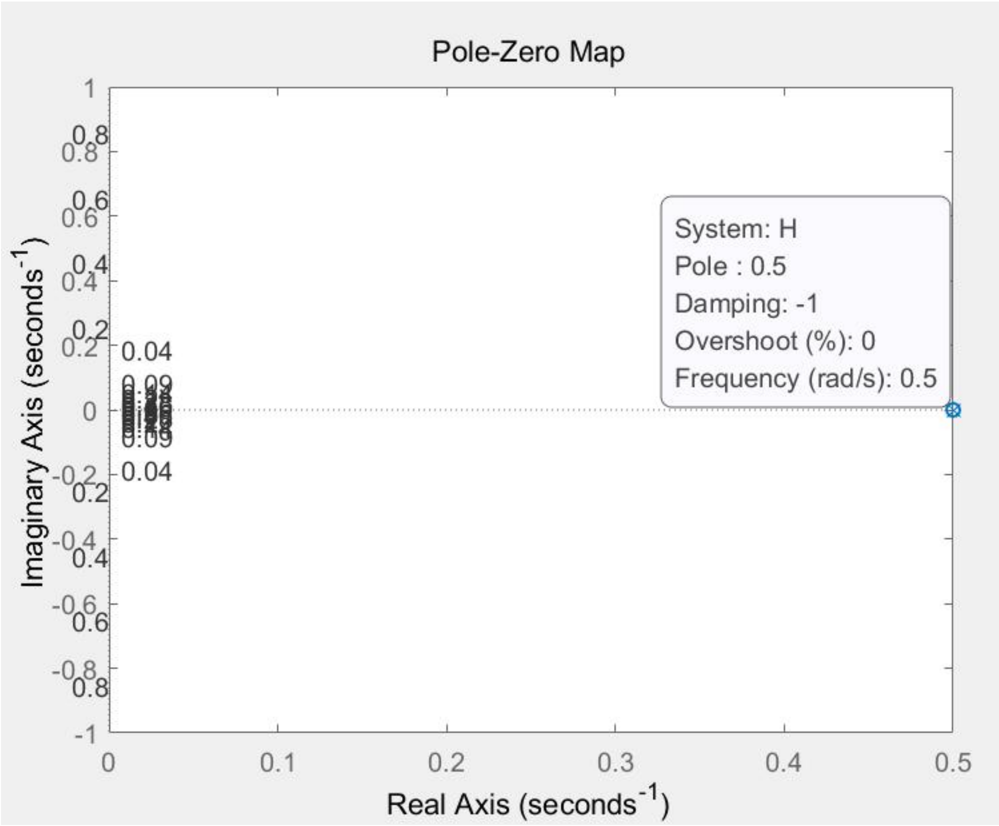
```
function expr4_1_4_3_2()
    sys = tf(1,[1 0]);
    impulse(sys);
    grid on;
end
```



0.5：

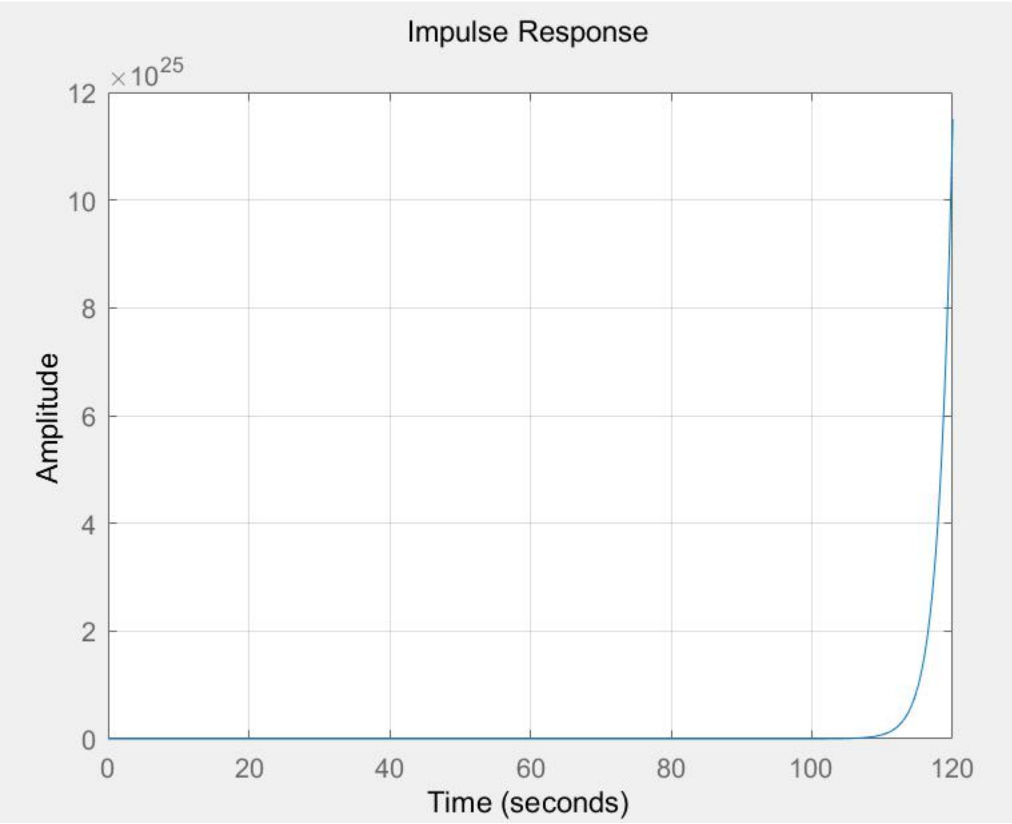
极零图：

```
function expr4_1_4_4_1()
    H = tf([1], [1 -0.5]);
    pzmap(H);
    grid on;
end
```



冲激响应：

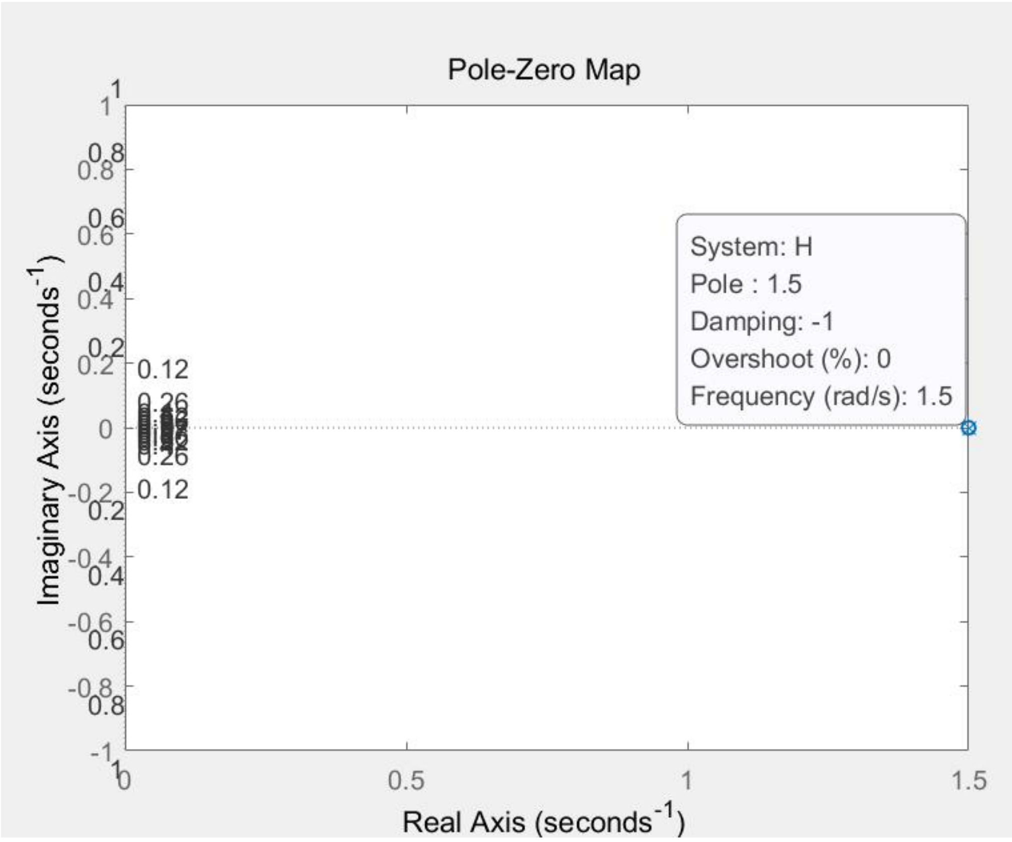
```
function expr4_1_4_4_2()
    sys = tf(1, [1, -0.5]);
    impulse(sys);
    grid on;
end
```



1.5：

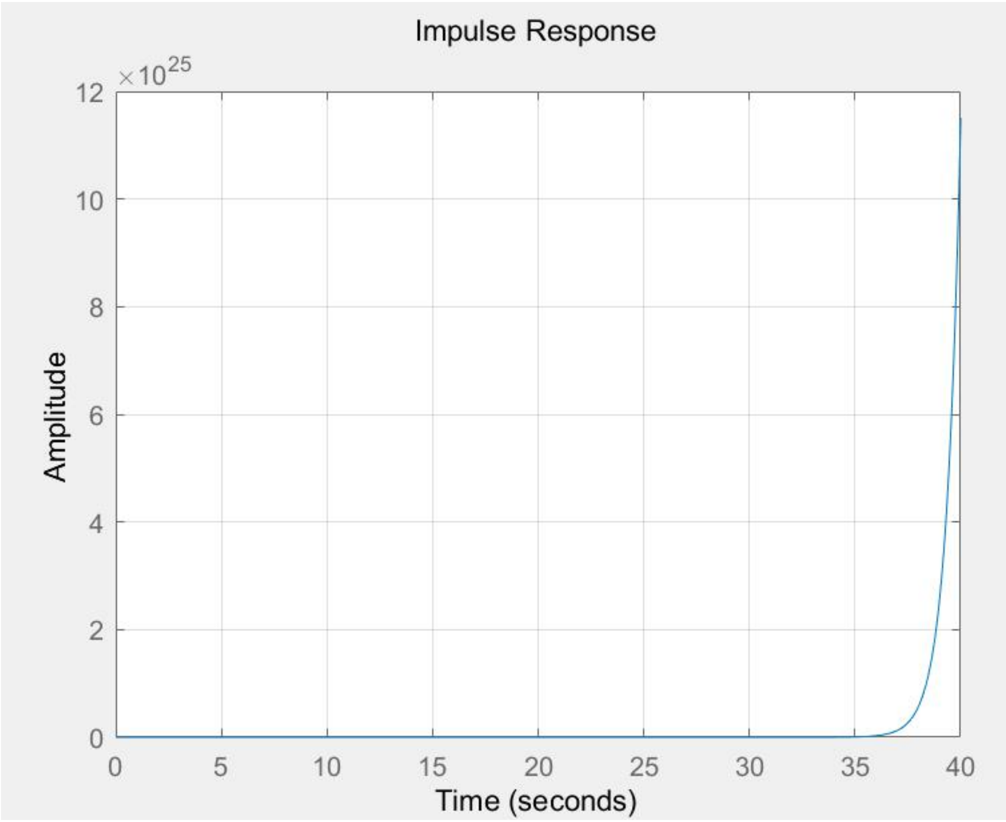
极零图：

```
function expr4_1_4_5_1()
    H = tf([1], [1 -1.5]);
    pzmap(H);
    grid on;
end
```



冲激响应：

```
function expr4_1_4_5_2()
    sys = tf(1, [1 -1.5]);
    impulse(sys);
    grid on;
end
```



极点对冲激响应函数的影响：

当极点在 s 平面的左半平面时，冲激响应指数衰减；

当极点在原点时，冲激响应幅度恒定；

当极点在 s 平面的右半平面时，冲激响应指数增长。

冲激响应波形衰减或增长快慢取决于极点离虚轴的远近。

冲激响应波形振荡的快慢取决于极点离实轴的远近。

冲激响应波形是指数衰减、指数增长或等幅振荡取决于极点位于 s 左半平面、右半平面或在虚轴上。

对稳定性的影响：

极点在 s 平面左半平面时，系统稳定

极点在原点时，系统不稳定

极点在 s 平面的右半平面时，系统不问稳定

2. z 域实验

① ZT 实验：利用 MATLAB 求信号：

$$f(k) = 2^{k-1}\varepsilon(k)$$

的 ZT 变换，并说明收敛域

代码：

```
function expr4_2_1()
```

```
    syms k;
    f = 2 ^ (k - 1) * stepfun(k, 0);
    F = ztrans(f);
    disp(F);
end
```

结果：

理论值：

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

MATLAB 计算值：

```
>> exec4
z/(2*(z - 2))

fx >>
```

收敛域：|z|>2

② ZT 反变换实验：有始信号的 z 变换如下：

$$F(z) = \frac{2z^2 - 0.5z}{z^2 - 0.5z - 0.5}$$

利用 MATLAB 求其单边反 z 变换

代码：

```
function expr4_2_2()
    syms z k;
    F = (2 * z ^ 2 - 0.5 * z) / (z ^ 2 - 0.5 * z -0.5);
    f = iztrans(F);
    f = f * heaviside(k);
    disp(f);
end
```

结果：

理论值：

$$F(z) = \frac{z}{z-1} + \frac{z}{z+0.5} \to f(k) = \left(1 + (-0.5)^k\right)\varepsilon(k)$$

MATLAB 计算值：

```
>> exec4
heaviside(k)*((-1/2)^n + 1)

fx >>
```

③ ZT 反变换部分分式展开式：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反 z 变换。

代码：

```
function expr4_2_3()
    syms z k;
    F = z / (2 * z ^ 2 - 3 * z + 1);
    [r, p, m] = residuez(1, [2 -3 1]);
    disp("F(z)=");disp(F);
    disp("F(z)apart=");disp("b:" + r);disp("a:"+p);
    f = iztrans(F, z, k) * heaviside(k - 1);
    disp("f(k)=");disp(f);
end
```

结果：

理论值：

$$F(z)=\frac{1}{z-1}-\frac{1}{2z-1}\rightarrow\ f(k)=(1-(0.5)^k)\varepsilon(k-1)$$

MATLAB 计算值：

```
f(k)=
-heaviside(k - 1)*((1/2)^k - 1)
```

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 h(k)的波形，并分析系统函数的极点对于时域波形的影响

1) $H_1(z)=\frac{z}{z-0.8}$ 2）$H_2(z)=\frac{z}{z-1}$ 3）$H_3(z)=\frac{z}{z-1.2}$

4) $H_4(z)=\frac{z}{z+0.8}$ 5）$H_5(z)=\frac{z}{z^2-1.2z+0.72}$

6) $H_6(z)=\frac{z}{z^2-1.6z+1}$ 7）$H_7(z)=\frac{z}{z^2-2z+1.36}$

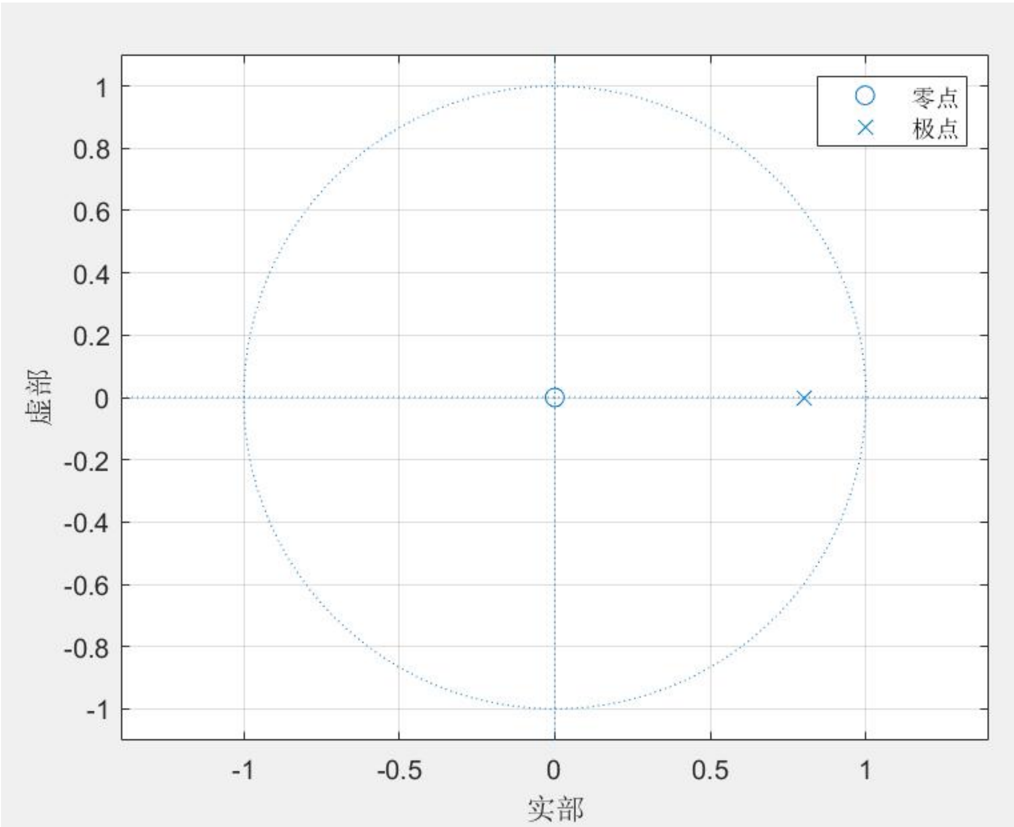
1）

代码：

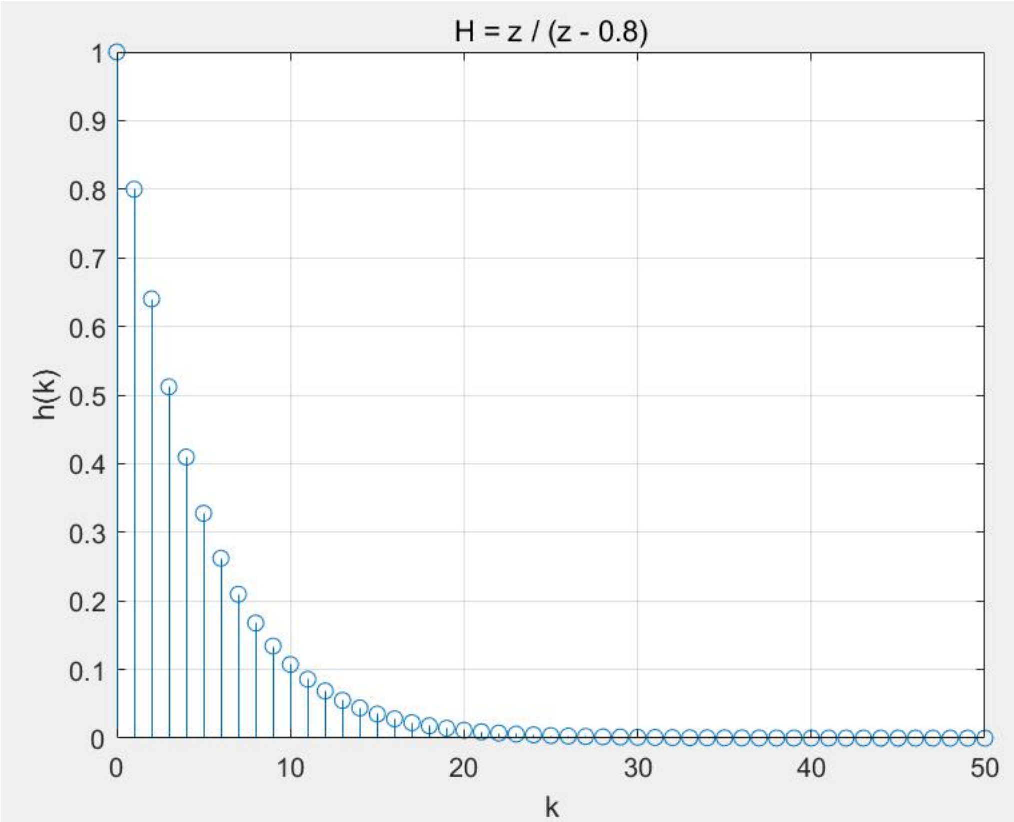
```
function expr4_2_4_1()
    syms z k;
    zplane(1, [1, -0.8]);
    legend("零点","极点");
    grid on;
    h = impz(1, [1, -0.8], 51);
    k = 0:50;
    figure;
    stem(k, h);
```

```
    grid on;
    title("H = z / (z - 0.8)");
    xlabel("k");
    ylabel("h(k)");
end
```

极零图：



时域波形：

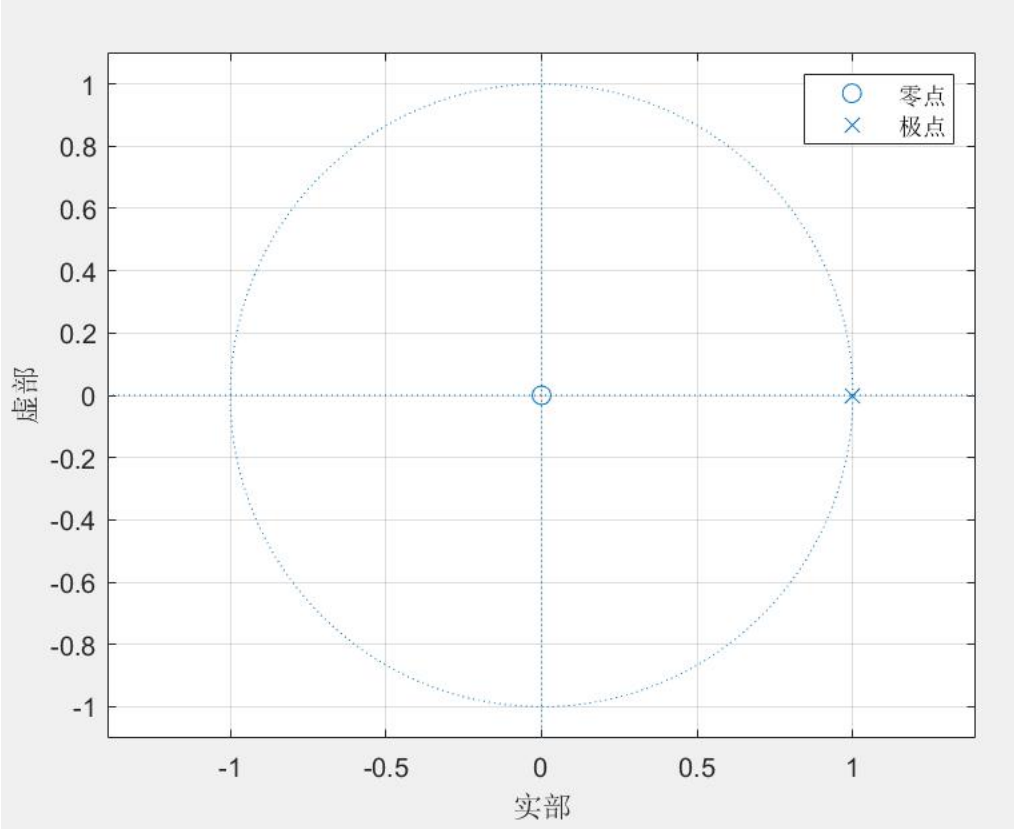


2）

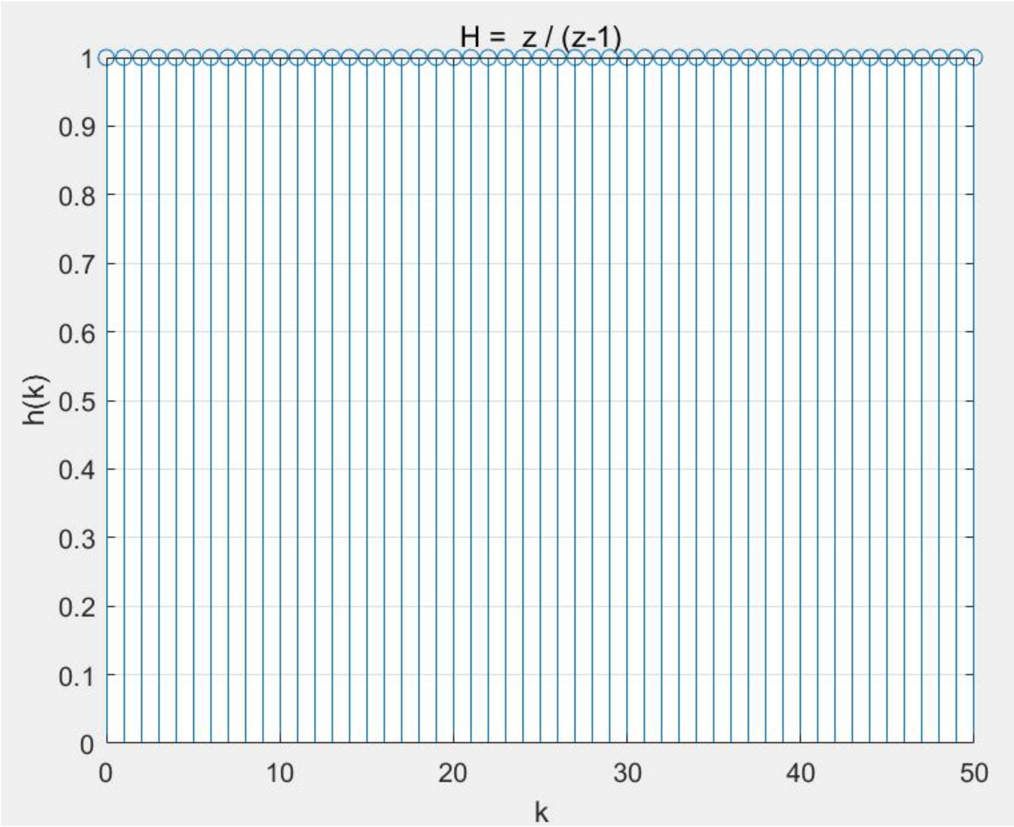
代码：

```
function expr4_2_4_2()
    syms z k;
    zplane(1, [1, -1]);
    grid on;

    legend("零点", "极点");

    h = impz(1, [1, -1], 51);
    k = 0:50;
    figure;
    stem(k,h);
    grid on;
    title("H =  z /  (z-1)");
    xlabel("k");
    ylabel("h(k)");
end
```

极零图：


零点
极点
虚部
实部
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1
-0.5
0
0.5
1

时域波形：

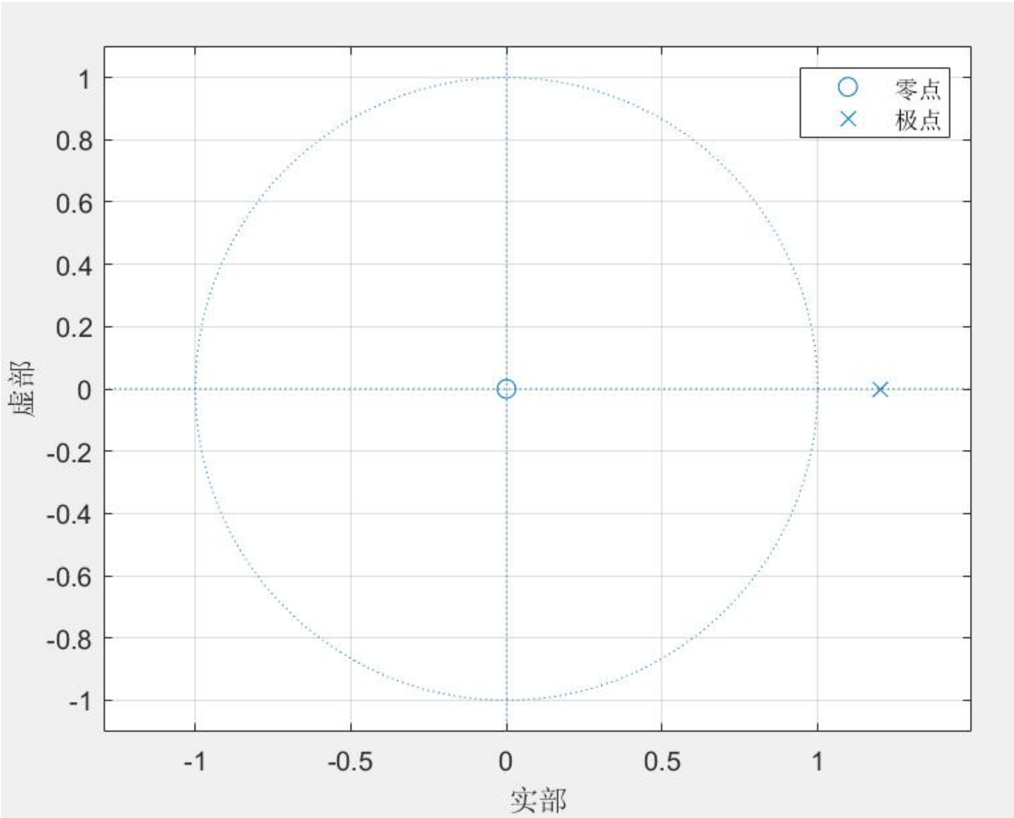

H = z / (z-1)
h(k)
k
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
10
20
30
40
50

3）

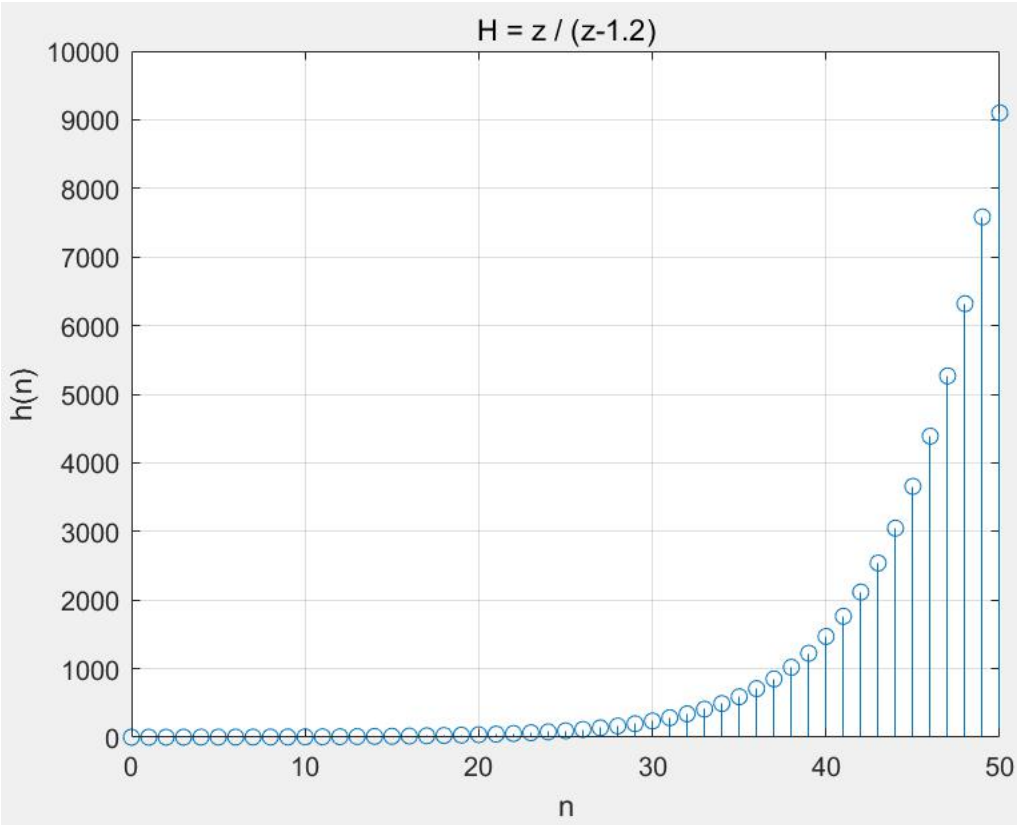
代码：

```
function expr4_2_4_3()
    syms z k ;
    zplane(1, [1, -1.2]);
    legend("零点", "极点");
    grid on;
    h = impz(1, [1, -1.2], 51);
    n = 0:50;
    figure;
    stem(n,h);
    grid on;
    title("H = z / (z-1.2)");
    xlabel("n");
    ylabel("h(n)");
end
```

极零图：



时域波形：

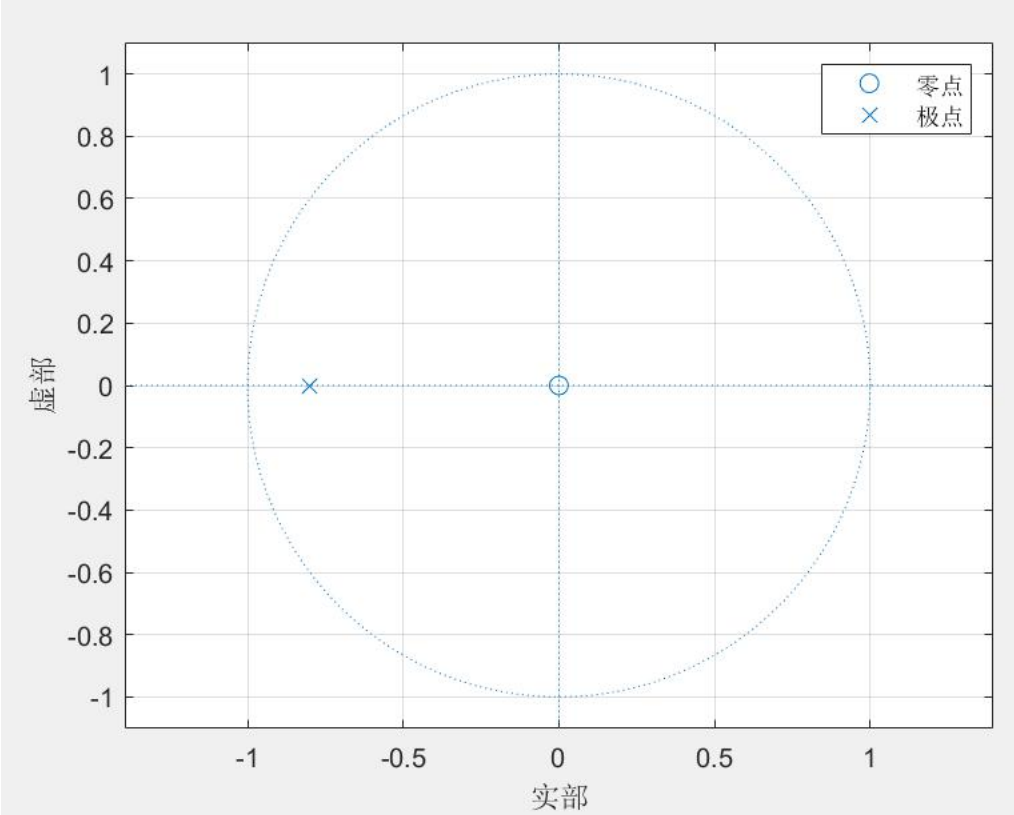


4）

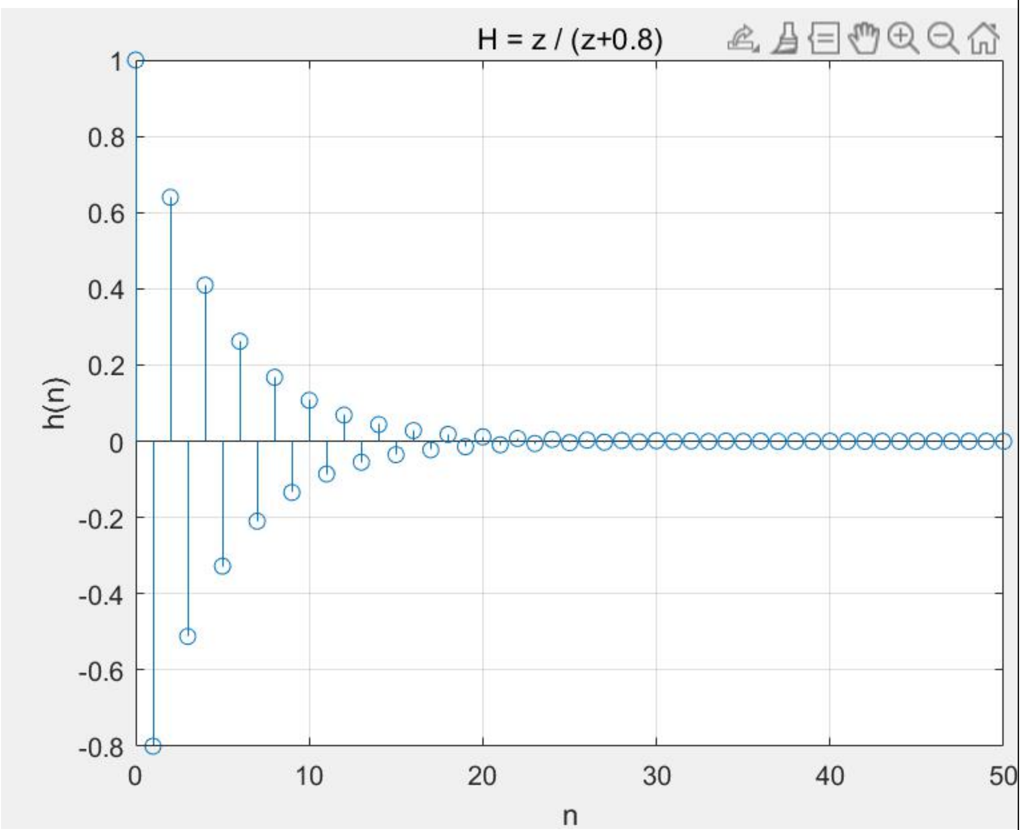
代码：

```
function expr4_2_4_4()
    syms z k ;
    zplane(1, [1, 0.8]);

    legend("零点", "极点");

    grid on;
    h = impz(1, [1, 0.8], 51);
    n = 0:50;
    figure;
    stem(n,h);
    grid on;
    title("H = z / (z+0.8)");
    xlabel("n");
    ylabel("h(n)");
end
```

极零图：


零点
极点
虚部
实部
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-0.5
0.5

时域波形：

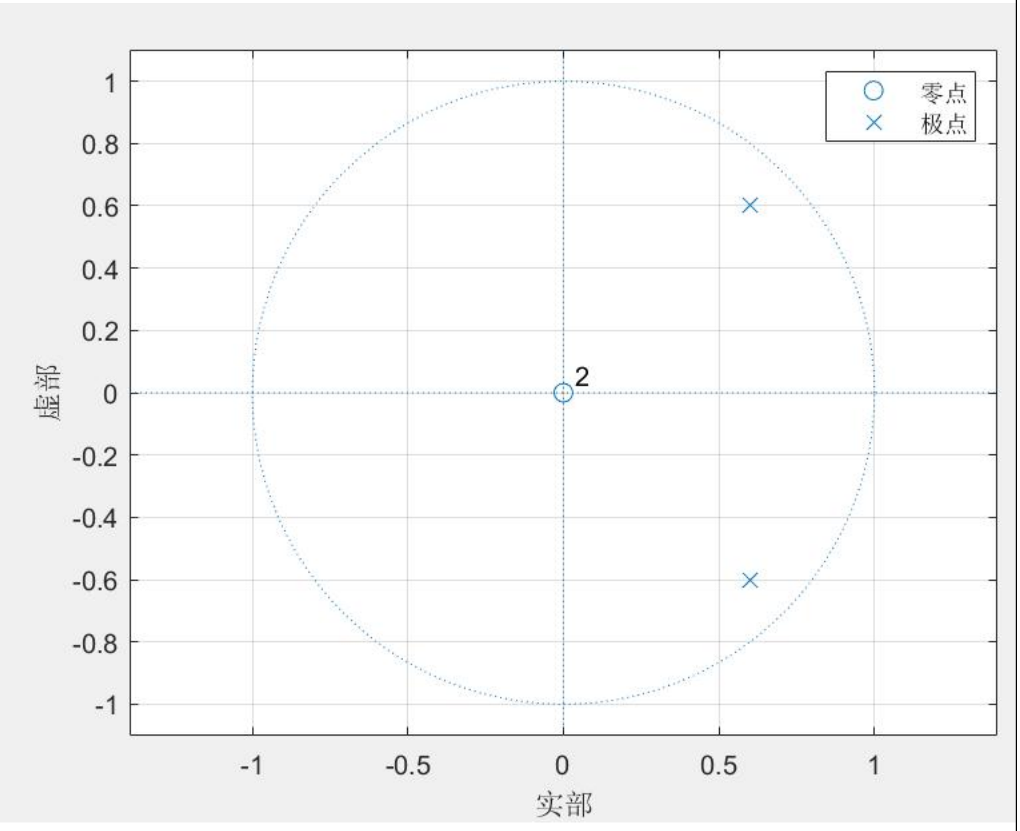

H = z / (z+0.8)
h(n)
n
0
10
20
30
40
50

5）

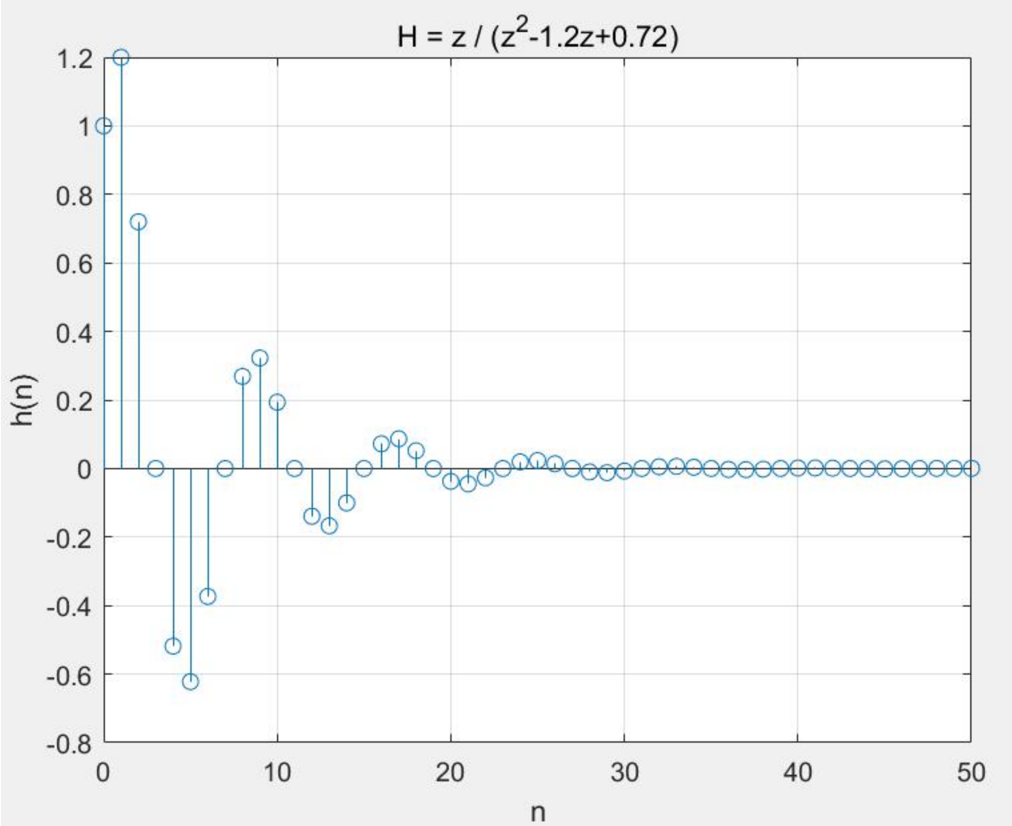
代码：

```
function expr4_2_4_5()
    syms z k;
    zplane(1, [1, -1.2, 0.72]);
    legend("零点", "极点");
    grid on;
    h = impz(1, [1, -1.2, 0.72], 51);
    n = 0:50;
    figure;
    stem(n,h);
    grid on;
    title("H = z / (z^2-1.2z+0.72)");
    xlabel("n");
    ylabel("h(n)");
end
```

极零图：



时域波形：

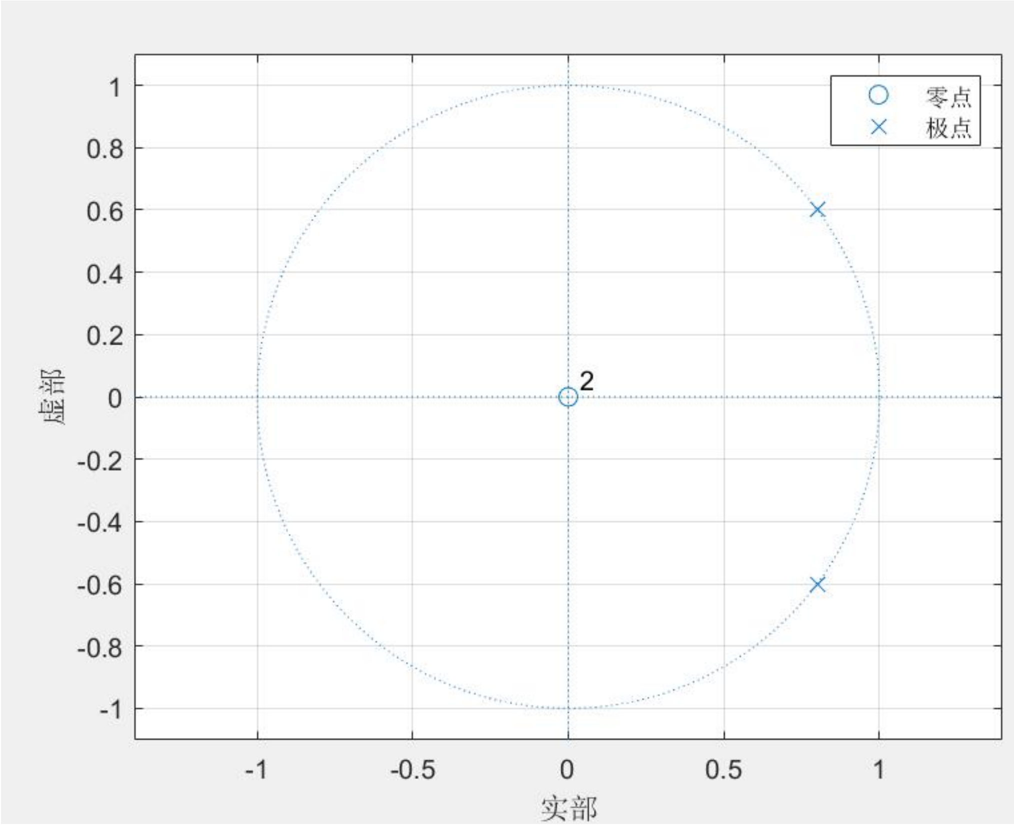


6）

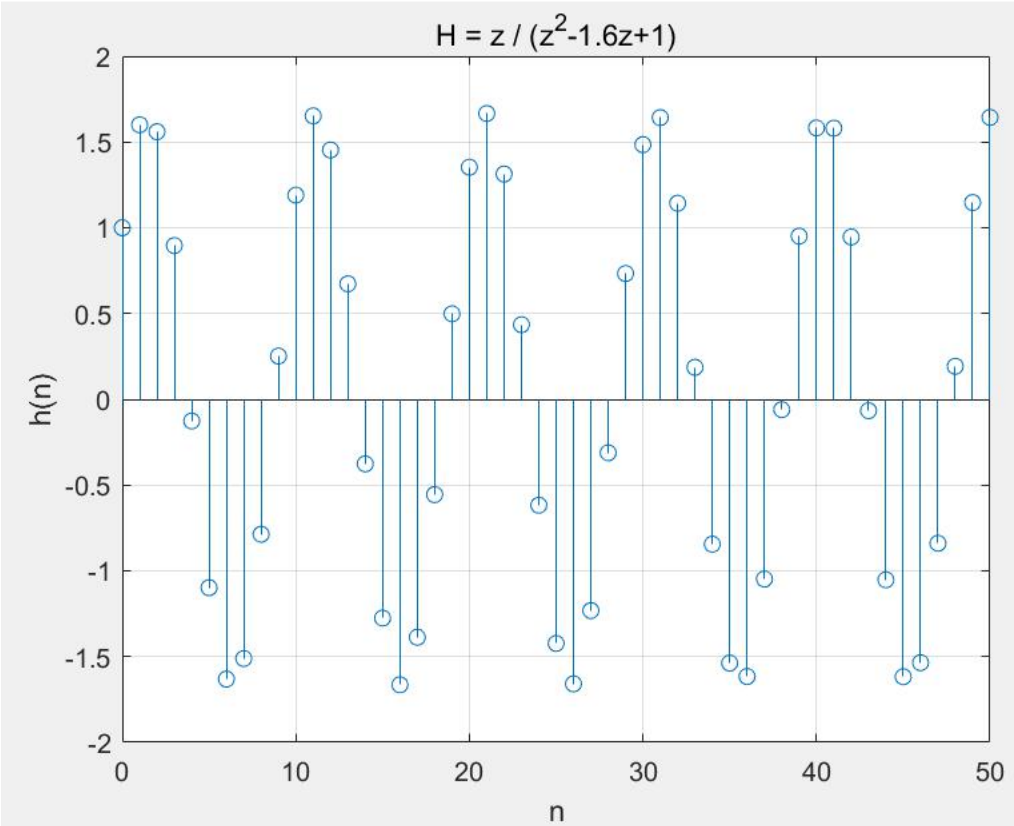
代码：

```
function expr4_2_4_6()
    syms z k;
    zplane(1, [1, -1.6, 1]);

    legend("零点", "极点");

    grid on;
    h = impz(1, [1, -1.6, 1], 51);
    n = 0:50;
    figure;
    stem(n,h);
    grid on;
    title("H = z / (z^2-1.6z+1)");
    xlabel("n");
    ylabel("h(n)");
end
```

极零图：


零点
极点
2
虚部
实部
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1
-0.5
0
0.5
1

时域波形：

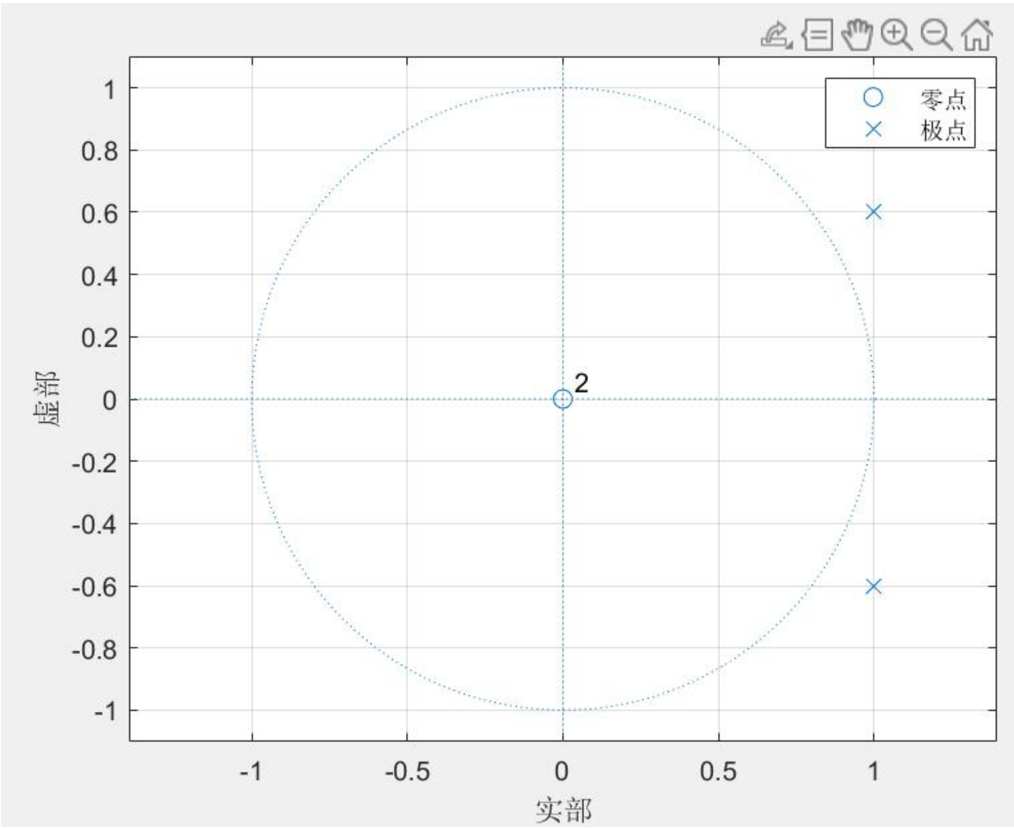

H = z / (z^2-1.6z+1)
h(n)
n
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
0
10
20
30
40
50

7）

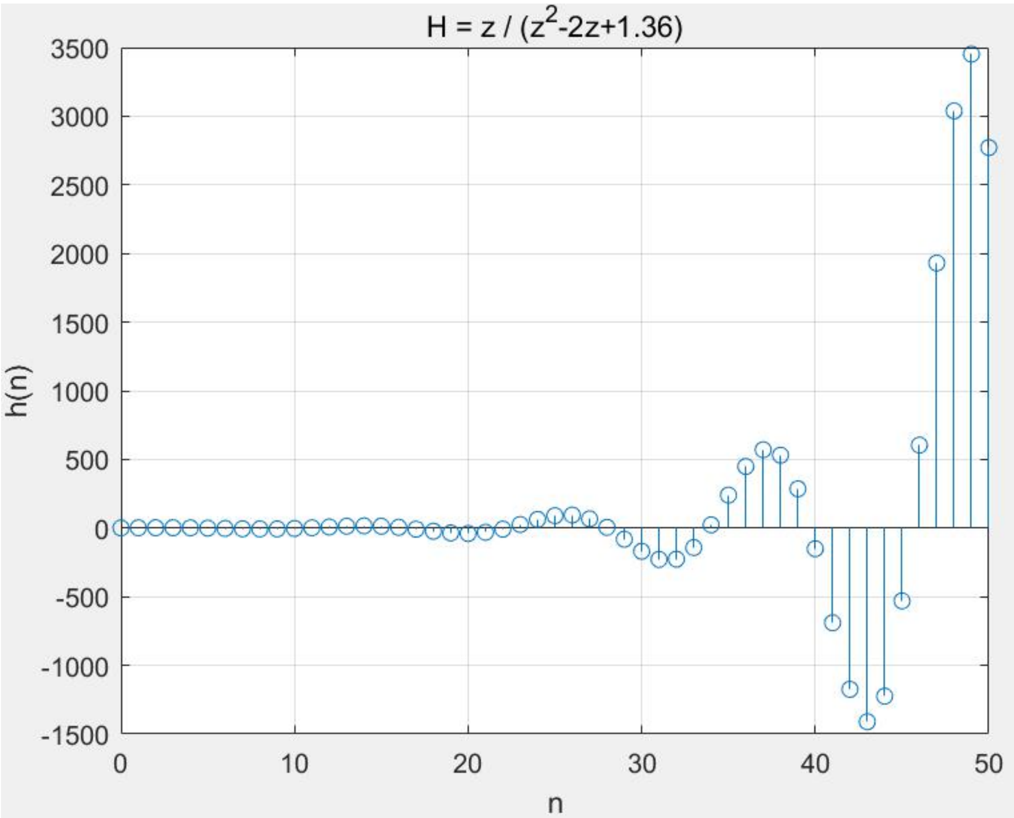
代码：

```
function expr4_2_4_7()
    syms z k;
    zplane(1, [1, -2, 1.36]);

    legend("零点", "极点");

    grid on;
    h = impz(1, [1, -2, 1.36], 51);
    n = 0:50;
    figure;
    stem(n,h);
    grid on;
    title("H = z / (z^2-2z+1.36)");
    xlabel("n");
    ylabel("h(n)");
end
```

极零图：



时域波形：



极点对时域波形的影响：
对于一二阶的极点，
如果都在单位圆内，则时域波形收敛；
如果都在圆上， 则等辐振荡；
如果不都在单位圆内，则不收敛，增幅振荡。
稳定性：当极点在单位圆内时， 系统稳定；当极点在单位圆上或圆外时，系统不稳定。

五、**实验体会和感悟**

本次实验中，使用了 MATLAB 求连续时间函数的拉普拉斯变换、拉普拉斯反变换和离散时间信号的 z 变换、反 z 变换，并总结了系统函数极零点分布和系统特性的关系。

拉普拉斯变换时需要考虑其收敛域，如果其收敛域不存在则拉普拉斯变换也不存在；拉普拉斯变换后系统的稳定性和系统函数的极点有关，极点都在左半平面时是稳定系统，极点在虚轴上且是一阶极点则是临界稳定，极点在右半平面是不稳定系统；z 变换后的系统函数极点对时域波形有影响。如果极点在 z 平面的单位圆内，则时域波形衰减震荡，极点在 z 平面的单位圆上，则时域波形等幅振荡，极点在 z 平面的单位圆外，则时域波形增幅震荡。

教师评语：	成绩：

签名： 日期：	