

重庆邮电大学

学生实验实习报告册

学年学期： 201 -201 学年 ☐春☐秋学期

课程名称： 数字信号处理实验

学生学院： 通信与信息工程学院

专业班级： 01011803

学生学号： 2018210223

学生姓名： 刘重阳

联系电话： 18223997937

重庆邮电大学教务处制

课程名称	数字信号处理实验	课程编号	A2010550
实验地点	移动通信技术实验室 YF304	实验时间	2020.10.19
校外指导教师	邵凯	校内指导教师	邵凯
实验名称	系统响应及系统稳定性		
评阅人签字		成绩	

一、实验目的

1. 学会运用 MATLAB 求离散时间信号的有理函数 z 变换的部分分式展开;
2. 学会运用 MATLAB 分析离散时间系统的系统函数的零极点;
3. 学会运用 MATLAB 分析系统函数的零极点分布与其时域特性的关系;
4. 学会运用 MATLAB 进行离散时间系统的频率特性分析。

二、实验原理

1. 有理函数 z 变换的部分分式展开

如果信号的 z 域表示式是有理函数, 设 的有理分式表示为:

$$X(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \cdots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_n z^{-n}} = \frac{B(z)}{A(z)}$$

MATLAB 信号处理工具箱提供了一个对 进行部分分式展开的函数 `residuez`, 其语句格式为: `[R, P, K]=residuez(B, A)`

其中, B, A 分别表示 $X(z)$ 的分子与分母多项式的系数向量; R 为部分分式的系数向量; P 为极点向量; K 为多项式的系数。若 $X(z)$ 为有理真分式, 则 K 为零。

2. 系统函数的零极点分析

离散时间系统的系统函数定义为系统零状态响应的 z 变换与激励的 z 变换之比, 即

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

如果系统函数 $H(z)$ 的有理函数表示式为:

$$H(z) = \frac{b_1 z^m + b_2 z^{m-1} + \cdots + b_m z + b_{m+1}}{a_1 z^n + a_2 z^{n-1} + \cdots + a_n z + a_{n+1}}$$

那么, 在 MATLAB 中系统函数的零极点就可通过函数 `roots` 得到, 也可借助函数 `tf2zp` 得到, `tf2zp` 的语句格式为:

$$[Z, P, K] = \text{tf2zp}(B, A)$$

其中，B 与 A 分别表示 $H(z)$ 的分子与分母多项式的系数向量。它的作用是将 $H(z)$ 的有理分式表示式转换为零极点增益形式，即

$$H(z) = k \frac{(z - z_1)(z - z_2) \cdots (z - z_m)}{(z - p_1)(z - p_2) \cdots (z - p_n)}$$

3. 系统函数的零极点分布与其时域特性的关系

与拉氏变换在连续系统中的作用类似，在离散系统中， z 变换建立了时域函数与 z 域函数之间的对应关系。因此， z 变换的函数从形式可以反映的部分内在性质。

4. 离散时间 LTI 系统的频率特性分析

对于因果稳定的离散时间系统，如果激励序列为正弦序列 $x(n) = A \sin(n\omega)u(n)$ ，则系统的稳态响应为 $y_{ss}(n) = A |H(e^{j\omega})| \sin[n\omega + \varphi(\omega)]u(n)$ 。其中， $H(e^{j\omega})$ 通常是复数。离散时间系统的频率响应定义为

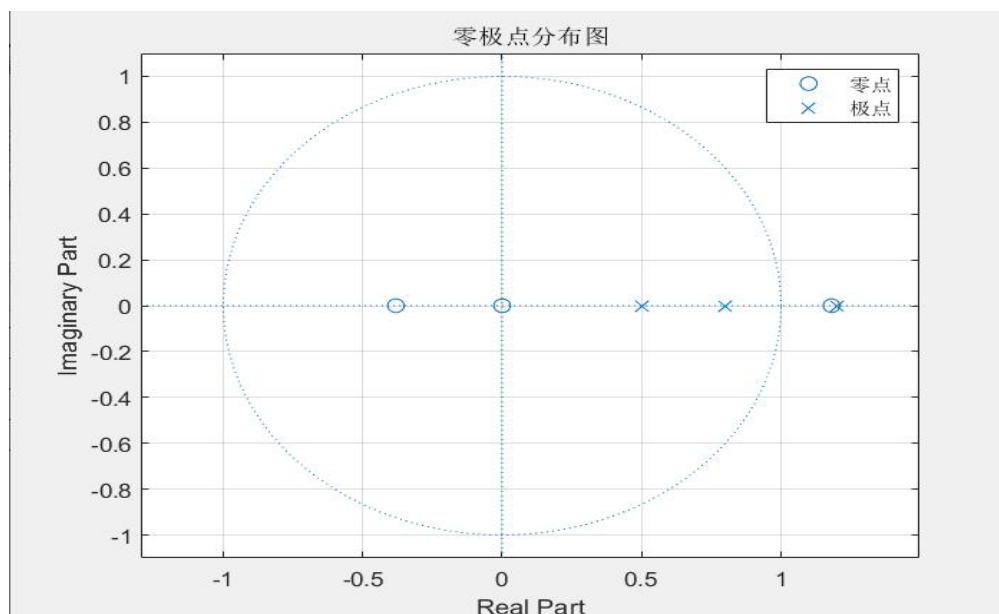
$$H(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})| e^{j\varphi(\omega)}$$

三、实验程序及结果分析

3.1

```
b=[2, -1.6, -0.9];
a=[1, -2.5, 1.96, -0.48];
zplane(b,a), grid on;
legend('零点', '极点');
title('零极点分布图')
```

运行结果：

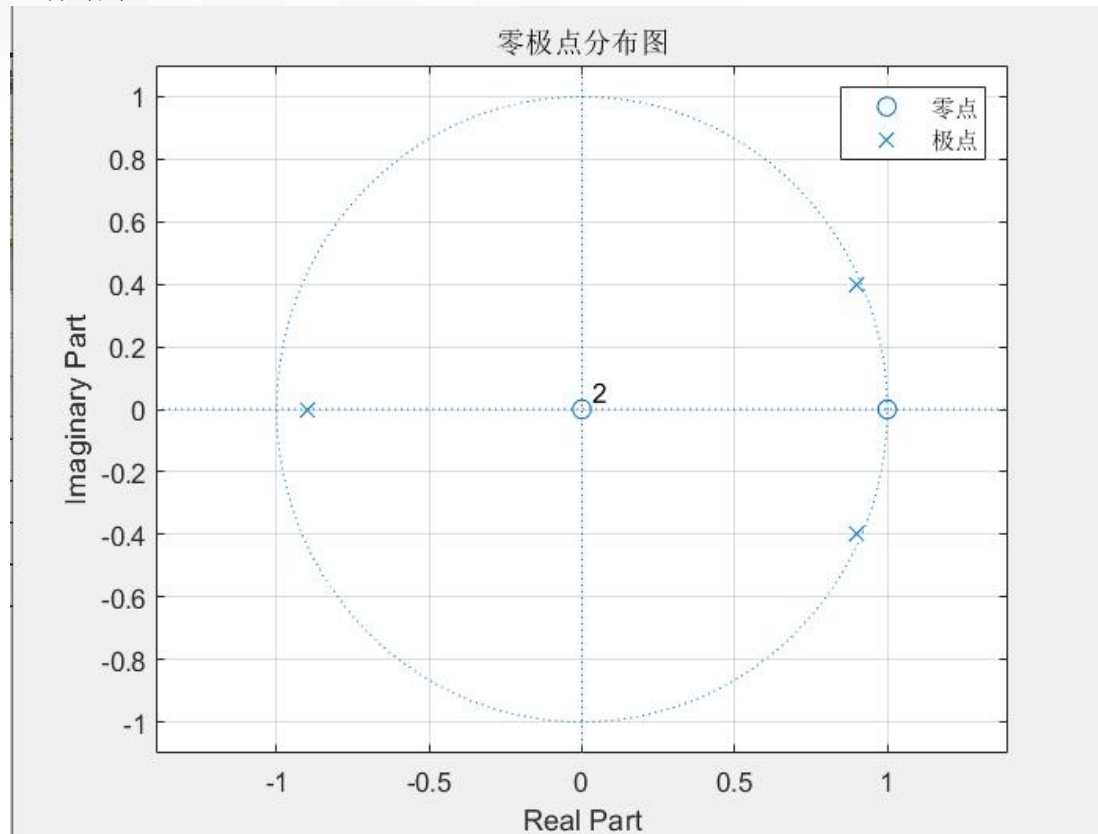


```

3.2
b=[1,-1];
a=[1,-0.9,-0.65,0.873,0];
zplane(b,a),grid on;
legend('零点','极点');
title('零极点分布图')

```

运行结果:

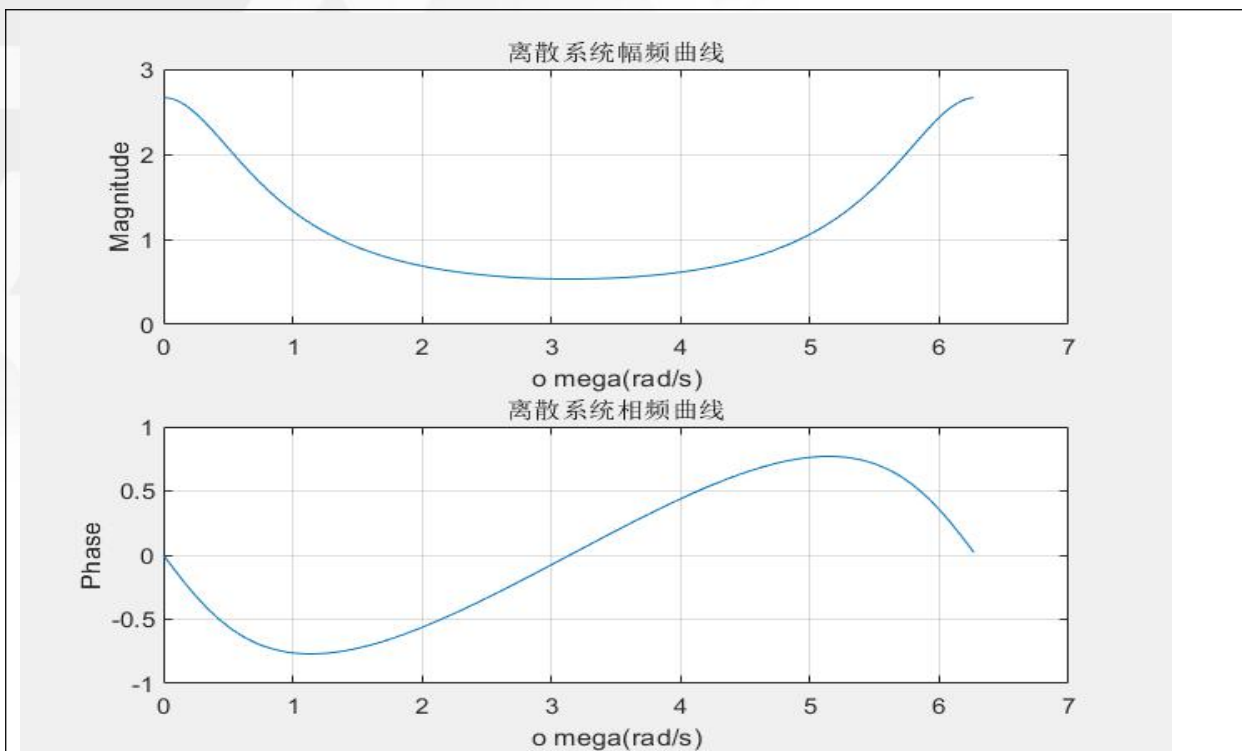


```

3.3
b=[1,0,0];
a=[1,-3/4,1/8];
[H,w]=freqz(b,a,400,'whole');
Hm=abs(H);
Hp=angle(H);
subplot(211)
plot(w,Hm),grid on
xlabel('omega(rad/s)'),ylabel('Magnitude')
title('离散系统幅频曲线')
subplot(212)
plot(w,Hp),grid on
xlabel('omega(rad/s)'),ylabel('Phase')
title('离散系统相频曲线')

```

运行结果:



四、思考题

1、编写 MATLAB 程序，已知系统的差分方程有 $y(n) - 0.9y(n-8) = x(n) - x(n-8)$ 。（1）画出该系统的零极点分布图，判断系统的稳定性；（2）画出系统在 $0 \sim 2$ 范围内的幅频特性曲线和相频特性曲线；（3）查找资料说明该系统的功能。

2、编写 MATLAB 程序，分别采用系统 $H_1(z) = \frac{z}{z+0.8}$ 、 $H_2(z) = \frac{z}{z-1}$ 、 $H_3(z) = \frac{z}{z+1.2}$

对音频文件 motherland.wav 进行滤波（可采用实验二的 conv 函数）。（1）画出滤波前后该音频文的连续时域波形图；（2）分析说明滤波后信号幅度变化的原因。

思考题 1:

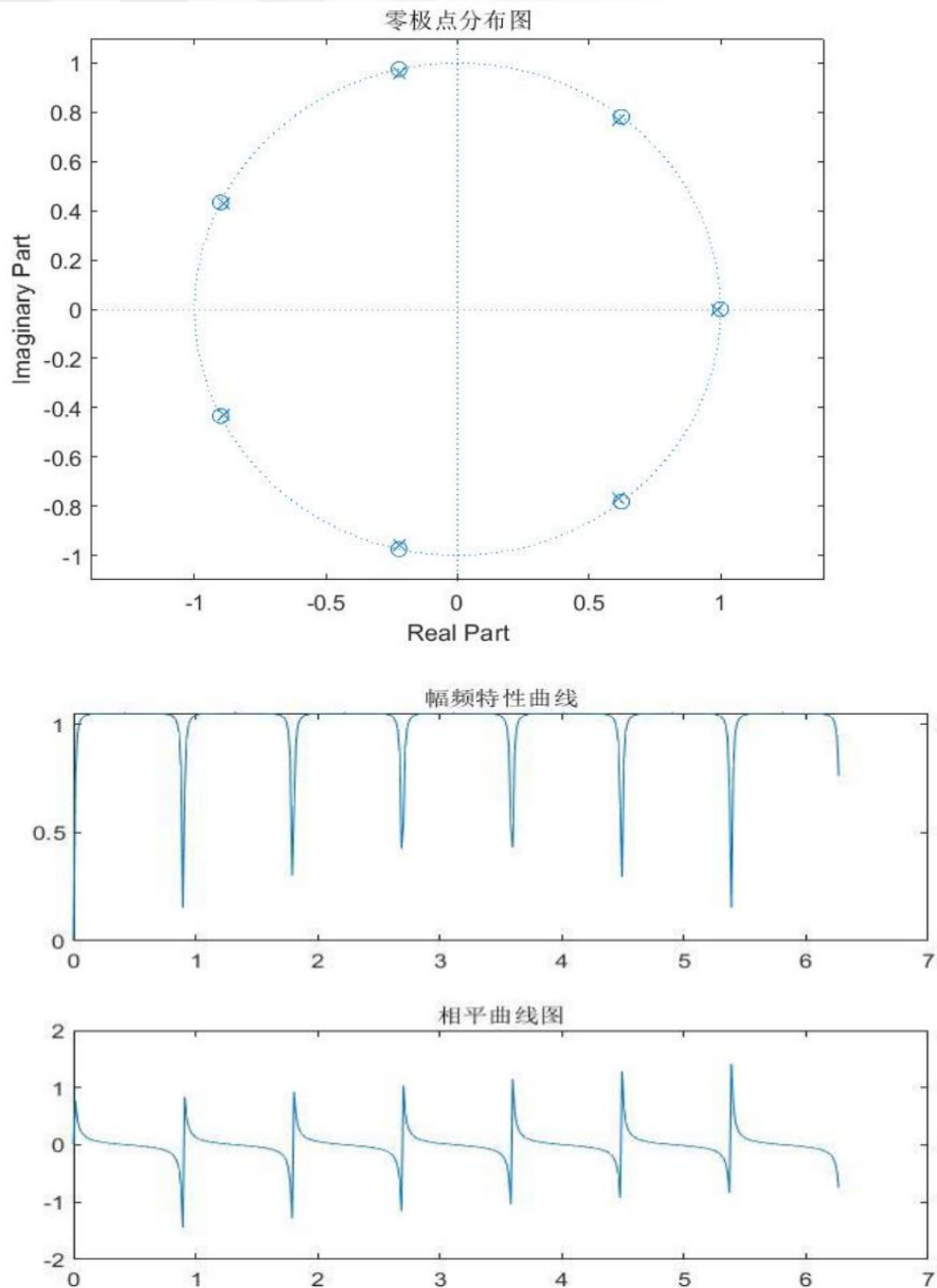
```
1. clc
2. clear all
3. %%思考题 1
4. %第一小问
5. B=[1 0 0 0 0 0 0 -1]; 6. A=[1 0 0 0 0 0 0 -0.9];
7. figure(1)
8. zplane(B,A) ;
9. title("零极点分布图")
10. %第二小问
11. [Hw]=freqz (B, A, 400, 'whole') ;
12. Hm=abs (H) ;
13. Hp=angle(H) ;
14. figure (2)
15. subplot(2, 1, 1)
16. plot (w, Hm)
```

```

17. title("幅频特性曲线")
18. subplot(2, 1, 2)
19. plot(w, Hp)
20. title("相平曲线图")

```

运行结果:



思考题 2:

1. %% 思考题 2
2. % $H_1 = z / (z + 0.8)$;
3. % $H_2 = z / (z - 1)$;
4. % $H_3 = z / (z + 1.2)$;

```

5. [xn,fs]=audioread("motherland.wav");
6. b1=[1 0];
7. a1=[1 0.8];
8. n=0:30;
9. x=(n==0)
10. h1=filter(b1,a1,x);
11. y1=conv(xn,h1);
12. figure(3)
13. subplot(3,1,1)
14. plot(y1);
15.
16. subplot(3,1,2)
17. b2=[1 0];
18. a2=[1 -1];
19. n=0:30;
20. x=(n==0)
21. h2=filter(b2,a2,x)
22. y2=conv(xn,h2);
23. subplot(3,1,2)
24. plot(y2);
25.
26. b3=[1 0];
27. a3=[1 1.2];
28. n=0:30;
29. x=(n==0)
30. h3=filter(b3,a3,x)
31. y3=conv(xn,h3);
32. subplot(3,1,3)
33. plot(y3);

```

运行结果:

