

重庆邮电大学

学生实验实习报告册

学年学期： 2020 -2020 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： 2018210221

学生姓名： 李明松

联系电话： 15696944379

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. 27
校外指导教师		校内指导教师	邵凯
实验名称	Z 变换及离散时间 LTI 系统的 Z 域分析		
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. 如果信号的 z 域表示式 $X(z)$ 是有理函数，设 $X(z)$ 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 $X(z)$ 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. 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

$$[Z,P,K]=tf2zp(B,A)$$

其中， B 与 A 分别表示 的分子与分母多项式的系数向量。它的作用是将 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. 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 $h(n)$ 与 z 域函数 $H(z)$ 之间的对应关系。因此， z 变换的函数 $H(z)$ 从形式 可以反映 $h(n)$ 的部分 内在性质。我们仍旧通过讨论 $H(z)$ 的一阶极点情况，来说明系统函数的零极点分布与系统时域特性的关系。

三、实验程序及结果分析

题目一：

```
B=[2,16,44,56,32];
A=[3,3,-15,18,-12];
[R,P,K]=residuez(B,A);
```

运行结果：

K		P		R	
4x1 complex double		4x1 complex double		1x1 double	
	1		1		
1	-0.0177 + 0.0000i	1	-3.2361 + 0.0000i	1	-2.6667
2	9.4914 + 0.0000i	2	1.2361 + 0.0000i	2	
3	-3.0702 + 2.3398i	3	0.5000 + 0.8660i	3	
4	-3.0702 - 2.3398i	4	0.5000 - 0.8660i	4	
5		5		5	

题目二：

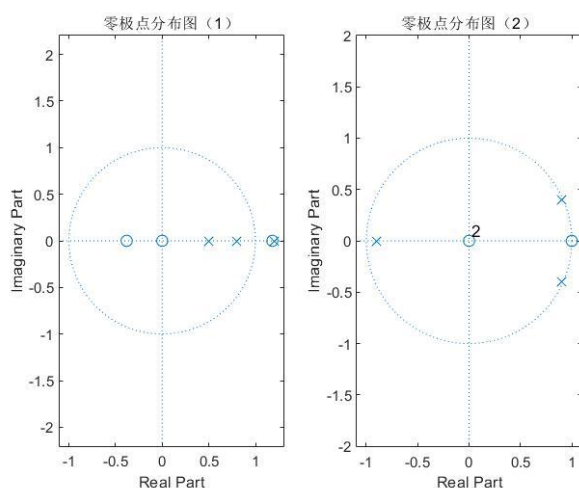
```
b1=[2,-1.6,-0.9];
a1=[1,-2.5,1.96,-0.48];
subplot(121);
zplane(b1,a1);

title('零极点分布图 (1)')

b2=[1,-1];
a2=[1,-0.9,-0.65,0.873,0];
subplot(122);
zplane(b2,a2);

title('零极点分布图 (2)')
```

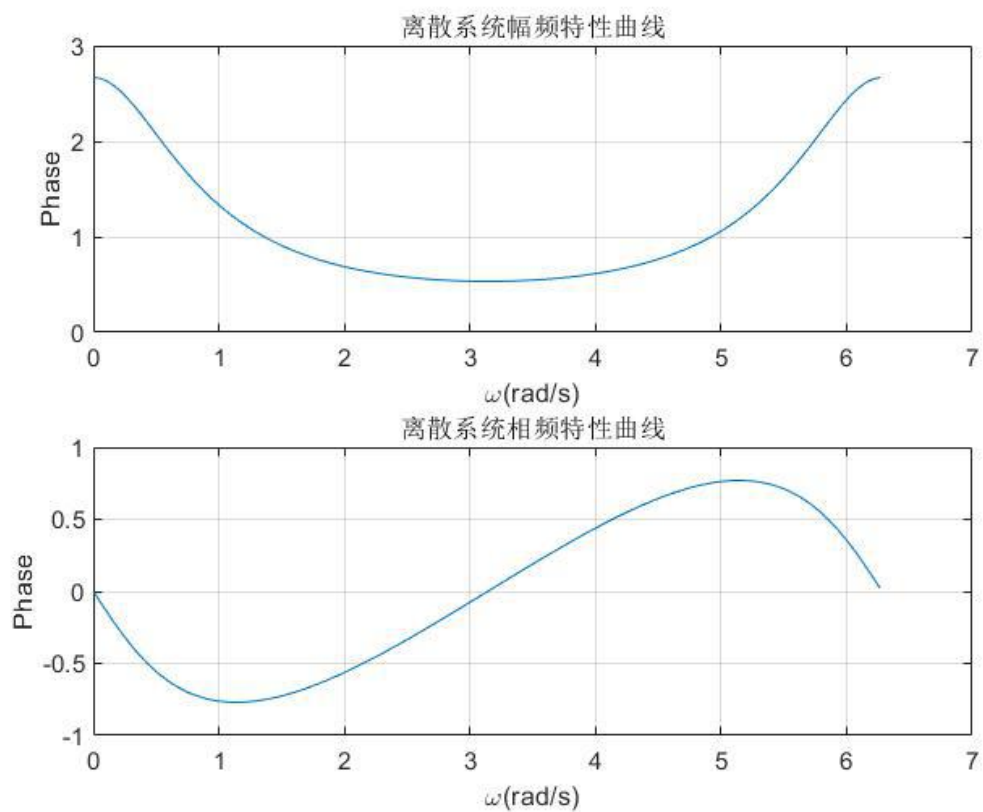
运行结果：



题目三:

```
b=[1,0,0];  
a=[1,-0.75,0.125];  
[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('Phase')  
  
title('离散系统幅频特性曲线');  
  
subplot(212);  
plot(W,Hp)  
grid on  
xlabel('\omega(rad/s)'),ylabel('Phase')  
  
title('离散系统相频特性曲线');
```

运行结果:

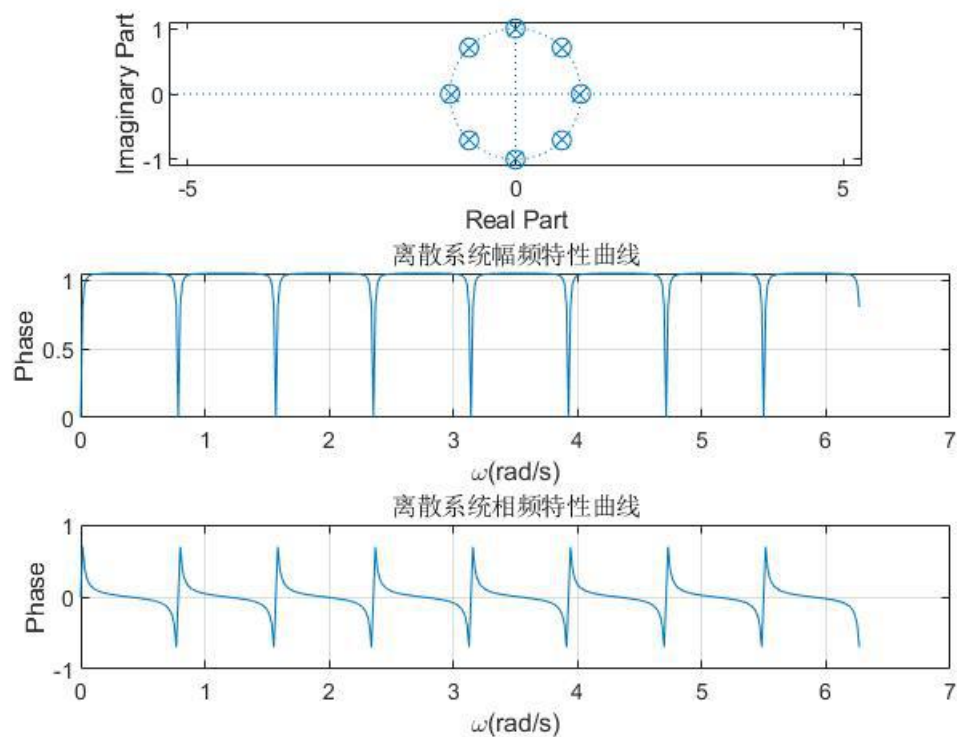


四、思考题

思考题 1:

```
b=[1,0,0];  
a=[1,-0.75,0.125];  
[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('Phase')  
  
title('离散系统幅频特性曲线');  
  
subplot(212);  
plot(W,Hp)  
grid on  
xlabel('\omega(rad/s)'),ylabel('Phase')  
  
title('离散系统相频特性曲线');
```

运行结果:



思考题 2:

```
b1=[1,0];  
a1=[1,0.8];
```

```

b2=[1,0];
a2=[1,-1];
b3=[1,0];
a3=[1,1.2];
subplot(4,1,1);
plot(0/fs:1/fs:(length(data)-1)/fs,data)

title('原波形');

[h1,t1]=impz(b1,a1);
y1=conv(data,h1);
subplot(4,1,2);
plot(0/fs:1/fs:(length(y1)-1)/fs,y1);

title('滤波后 1');

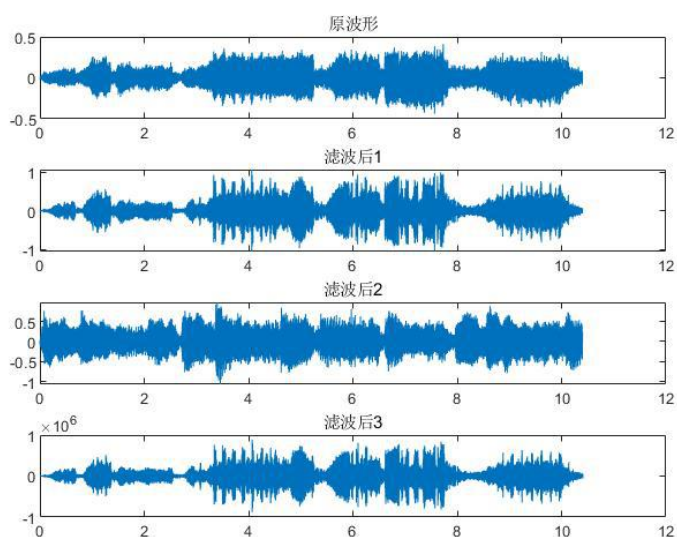
[h2,t2]=impz(b2,a2);
y2=conv(data,h2);
subplot(4,1,3);
plot(0/fs:1/fs:(length(y2)-1)/fs,y2);

title('滤波后 2');

[h3,t3]=impz(b3,a3);
y3=conv(data,h3);
subplot(4,1,4);
plot(0/fs:1/fs:(length(y3)-1)/fs,y3);

title('滤波后 3');

```



原信号傅里叶变换的幅值为 A ，FFT（快速傅里叶变换）的结果的每个点的模值就是 A 的 $N/2$ 倍（ N 为采样点个数）。需要乘以 2 再除 N