

# 重庆邮电大学

## 学生实验实习报告册

学年学期： 2020 -2021 学年 ☐春☒秋学期

课 程 名 称： 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： 2018214637

学 生 姓 名： 戚俊杰

联 系 电 话： 19936010018

重庆邮电大学教务处制

课程名称	信号处理实验	课程编号	A2010550
实验地点	宽带接入技术实验室 YF304	实验时间	2020. 10. 27
校外指导教师	无	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

若  $X(z)$  的有理分式表示为

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

则可以 MATLAB 信号处理工具箱中  $X(z)$  进行部分分式展开的，利用函数

`residuez`，格式为 `[R,P,K]=residuez(B,A)`

$R$  为部分分式的系数向量； $P$  为极点向量； $K$  为多项式的系数

### 2. 系统函数的零极点分析

(1). 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)`

(2). 获得系统函数的零极点分布图，可直接应用 `zplane` 函数，其格式为 `zplane(B,A)`

### 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  $h(n)$  与  $z$  域函数  $H(z)$  之间的对应关系。因此， $z$  变换的函数从形式可以反映  $h(n)$  的部分内在性质

#### 4. 离散时间 LTI 系统的频率特性分析

(1). MATLAB 提供了求离散时间系统频响特性的函数 `freqz`，调用 `freqz` 的格式

为 `[H,w]=freqz(B,A,N)`

(2). `[H,w]=freqz(B,A,N,'whole')` 则可以角频率的范围由  $[0,\pi]$  扩展到  $[0,2\pi]$ 。

### 三、实验程序及结果分析

1.

试用 MATLAB 的 `residuez` 函数，求出  $X(z) = \frac{2z^4 + 16z^3 + 44z^2 + 56z + 32}{3z^4 + 3z^3 - 15z^2 + 18z - 12}$  的部分分式展开和。

代码：

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

代码运行结果如下：

R =

```
-0.0177 + 0.0000i  
9.4914 + 0.0000i  
-3.0702 + 2.3398i  
-3.0702 - 2.3398i
```

P =

```
-3.2361 + 0.0000i  
1.2361 + 0.0000i  
0.5000 + 0.8660i  
0.5000 - 0.8660i
```

K =

```
-2.6667
```

结果分析：

由代码运行结果可知其部分分式展开和为

$$X(z) = \frac{-0.0177}{1 + 3.2361z^{-1}} + \frac{9.4914}{1 - 1.2361z^{-1}} + \frac{-3.0702 + 2.3398i}{1 - (0.5 - 0.866i)z^{-1}} + \frac{-3.0702 - 2.3398i}{1 - (0.5 + 0.866i)z^{-1}}$$

2.

试用 MATLAB 画出下列因果系统的系统函数零极点分布图,并判断系统的稳定性。

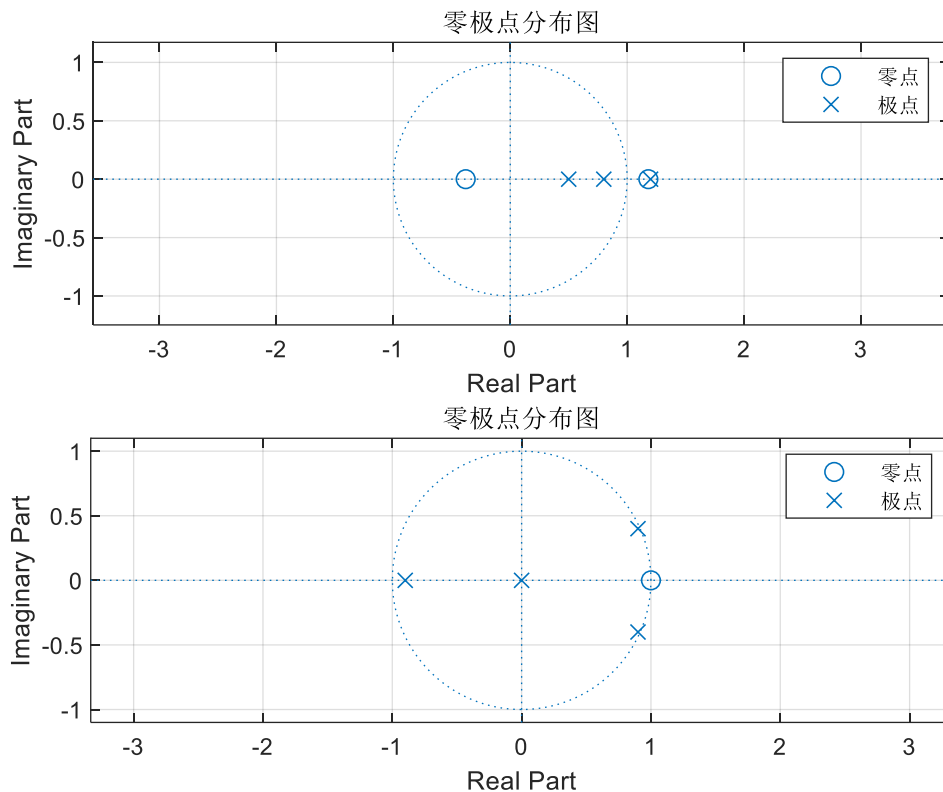
$$(1) H(z) = \frac{2z^2 - 1.6z - 0.9}{z^3 - 2.5z^2 + 1.96z - 0.48}$$

$$(2) H(z) = \frac{z - 1}{z^4 - 0.9z^3 - 0.65z^2 + 0.873z}$$

代码:

```
B1=[0,2,-1.6,-0.9];  
A1=[1,-2.5,1.96,-0.48];  
B2=[0,0,0,1,-1];  
A2=[1,-0.9,-0.65,0.873,0];  
subplot(211)  
[R1,P1,K1]=tf2zp(B1,A1)  
zplane(B1,A1),grid on  
legend('零点','极点')  
  
title('零极点分布图')  
  
subplot(212)  
[R2,P2,K2]=tf2zp(B2,A2)  
zplane(B2,A2),grid on  
legend('零点','极点')  
  
title('零极点分布图')
```

代码运行结果如下:



结果分析:

通过 `zplane` 函数绘制出系统的零极点图分析可知, 题 (1) 图极点在单位圆外, 故系统不稳定; 题 (2) 极点在单位圆上, 故系统临界稳定。

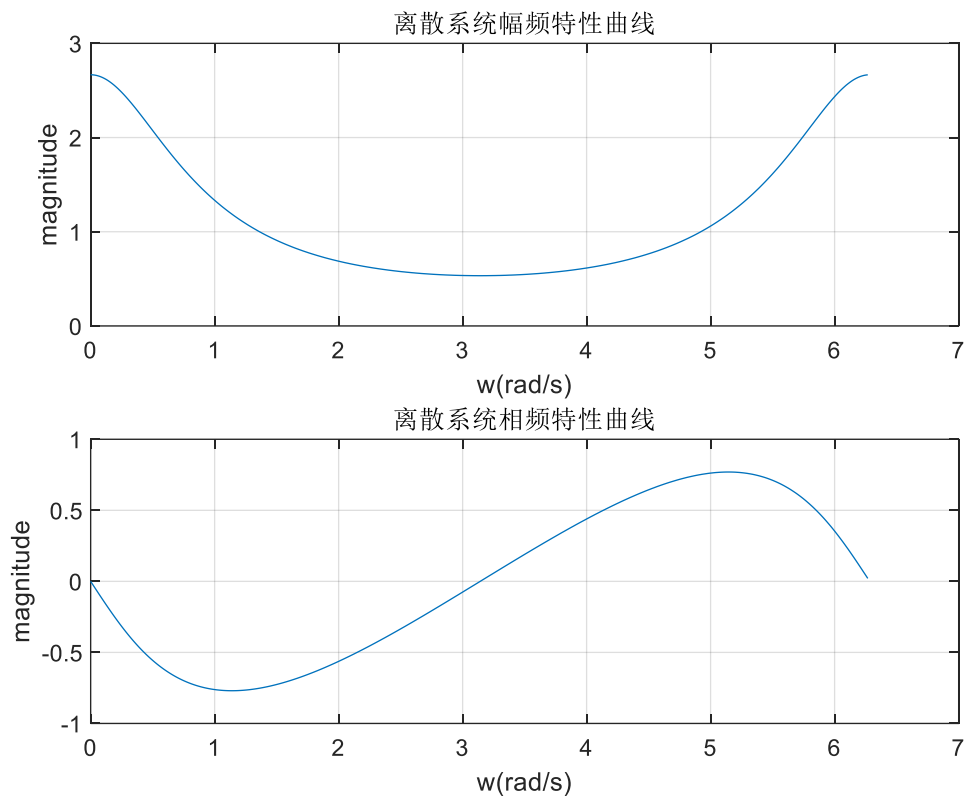
3.

试用 MATLAB 绘制系统  $H(z) = \frac{z^2}{z^2 - \frac{3}{4}z + \frac{1}{8}}$  的频率响应曲线。

代码:

```
b=[1];
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('w(rad/s)'),ylabel('magnitude')
title('离散系统幅频特性曲线')
subplot(212)
plot(w,Hp),grid on
xlabel('w(rad/s)'),ylabel('magnitude')
title('离散系统相频特性曲线')
```

代码运行结果如下：



结果分析：

调用 `freqz` 函数求离散时间系统频响特性，并根据返回值 `H` 的幅度和相位绘制出幅频和相频特征曲线。

#### 四、思考题

- 1、编写MATLAB程序，已知系统的差分方程 $y(n) - 0.9y(n-8) = x(n) - x(n-8)$ 。（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 $0 \sim 2\pi$ 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。

代码：

```
b=[1,0,0,0,0,0,0,0,-0.9];  
a=[1,0,0,0,0,0,0,0,-1];  
[H,w]=freqz(b,a,'whole');  
Hm=abs(H);  
Hp=angle(H);  
subplot(2,2,1)  
zplane(b,a)  
title('零极点分布图')
```

```

subplot(222)
impz(b,a,30)

title('单位脉冲响应h(n)时域波形图 ');

subplot(223);
plot(w,Hm),grid on
xlabel('w(rad/s)'),ylabel('magnitude')

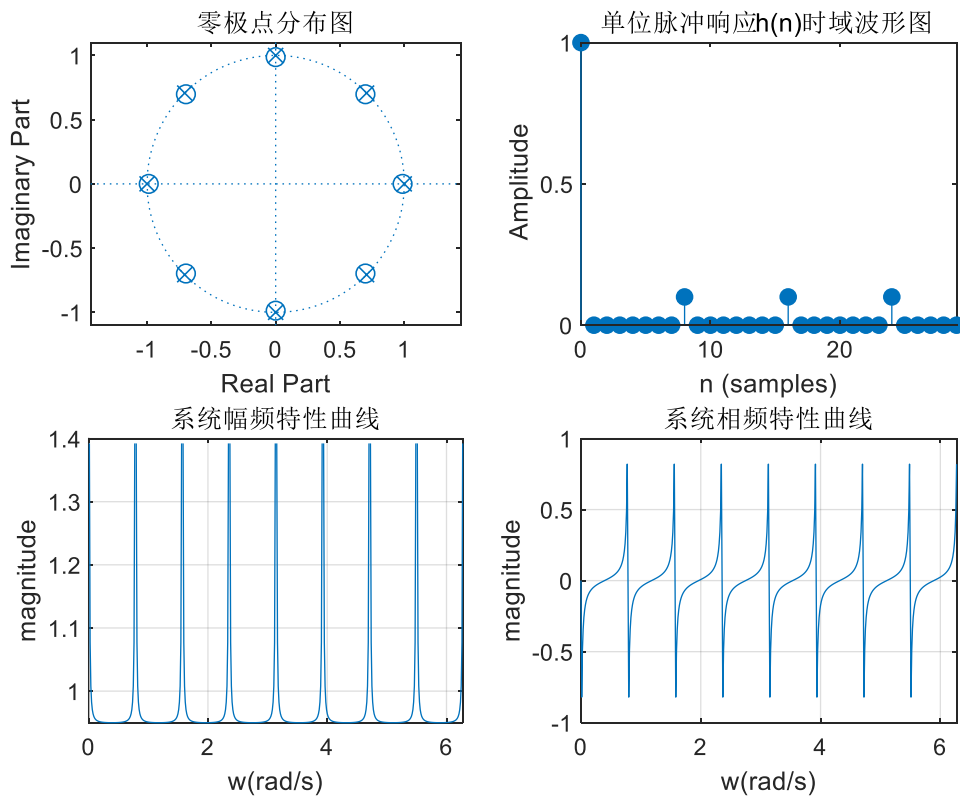
title('系统幅频特性曲线')

subplot(224)
plot(w,Hp),grid on
xlabel('w(rad/s)'),ylabel('magnitude')

title('系统相频特性曲线')

```

代码运行结果如下：



结果分析：

程序中通过 `zplane` 函数绘制出系统的零极点，利用零极点位置判断系统稳定性，通过调用 `freqz` 函数求离散时间系统频响特性，并根据返回值 H 的幅度和相位绘制出幅频和相频特征曲线

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。

代码：

```
[xn,fs]=audioread('C:\Users\Hentai_Qjj\Desktop\motherland.wav');
A1=[1 0];
B1=[1 0.8];
A2=[1 0];
B2=[1 -1];
A3=[1 0];
B3=[1 1.2];
Y1= filter(A1,B1,xn);
Y2= filter(A2,B2,xn);
Y3= filter(A3,B3,xn);
subplot(4,2,[1 2]);
plot(xn);

title('初始音频信号');

subplot(4,2,[3 4]);
plot(Y1);

title('经过系统1后的连续时域信号');

subplot(4,2,[5 6]);
plot(Y2);

title('经过系统2后的连续时域信号');

subplot(4,2,[7 8]);
plot(Y3);

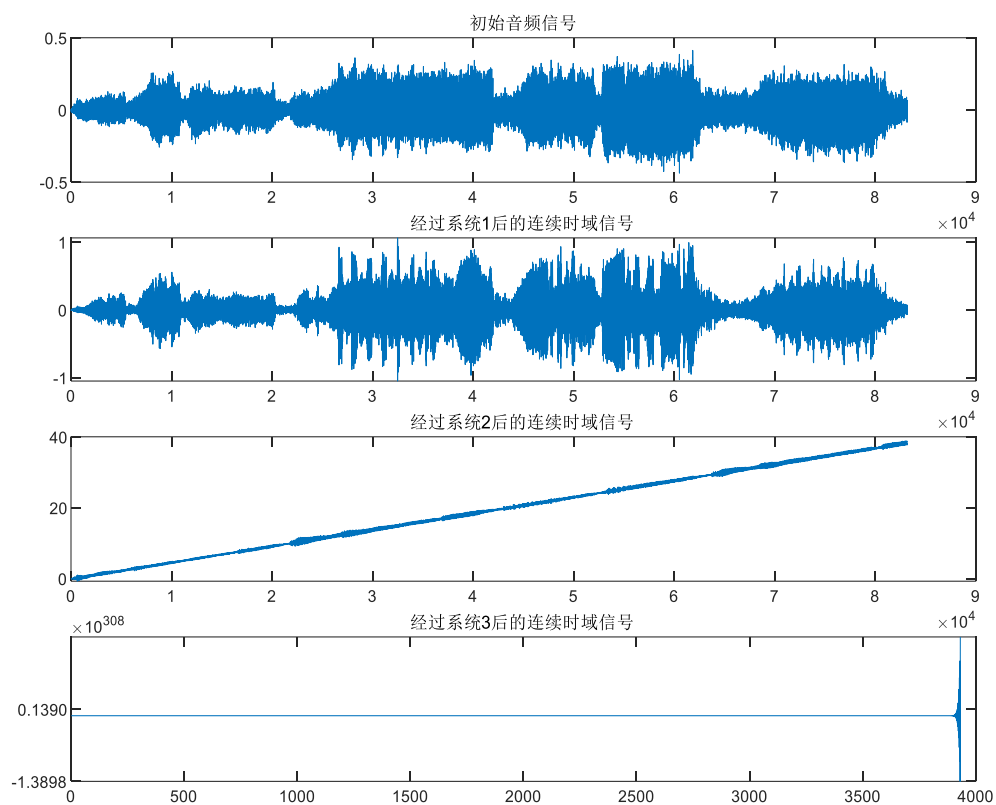
title('经过系统3后的连续时域信号');
```

代码运行结果如下图图表 1 所示

结果分析：

首先根据 3 个系统绘制出各自的零极点图和单位取样响应，可以看出 3 个系统分别为衰减型、稳定型、增长型。再通过 filter 函数得到滤波后的信号，绘制出各自的时域连续信号，可以看出系统 1 对信号基本没有过滤，系统 2 过滤了部分信号，系统 3 过滤了大部分信号，且出现无穷大的信号值





图表 1