

# 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： 2018210199

学生姓名： 邓巨凡

联系电话： 19823323158

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	实验室 YF304	实验时间	第八周周二一二节
校外指导教师	邵凯	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. 有理函数 Z 变换的部分分式展开

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

$$X(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \cdots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \cdots + a_n z^{-n}} = \frac{B(z)}{A(z)} \quad (3-1)$$

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

$$[R,P,K]=\text{residuez}(B,A)$$

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。

图 2.1 residuez 函数的应用

2. 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。我们仍旧通过讨论的一阶极点情况，来说明系统函数的零极点分布与系统时域特性的关系。

### 3. 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

$$H(e^{j\omega}) = |H(e^{j\omega})| e^{j\varphi(\omega)} \quad (3-5)$$

其中， $|H(e^{j\omega})|$  称为离散时间系统的幅频特性； $\varphi(\omega)$  称为离散时间系统的相频特性； $H(e^{j\omega})$  是以  $\omega_s$  ( $\omega_s = \frac{2\pi}{T}$ ，若零  $T=1$ ， $\omega_s = 2\pi$ ) 为周期的周期函数。因此，只要分析  $H(e^{j\omega})$  在  $|\omega| \leq \pi$  范围内的情况，便可分析出系统的整个频率特性。

MATLAB 提供了求离散时间系统频响特性的函数 `freqz`，调用 `freqz` 的格式主要有两种。一种形式为

$$[H, w] = \text{freqz}(B, A, N)$$

其中， $B$  与  $A$  分别表示  $H(z)$  的分子和分母多项式的系数向量； $N$  为正整数，默认值为 512；返回值  $w$  包含  $[0, \pi]$  范围内的  $N$  个频率等分点；返回值  $H$  则是离散时间系统频率响应  $H(e^{j\omega})$  在  $0 \sim \pi$  范围内  $N$  个频率处的值。另一种形式为

$$[H, w] = \text{freqz}(B, A, N, 'whole')$$

与第一种方式不同之处在于角频率的范围由  $[0, \pi]$  扩展到  $[0, 2\pi]$ 。

图 2.2 `freqz` 函数的应用

## 三、实验程序及结果分析

### 实验一：

实验代码：

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

```
>> sy3d1

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
```

实验结果：

图 3.1 实验一结果

## 实验二：

(1) 实验代码：

```
B=[0, 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')
```

图形绘制：

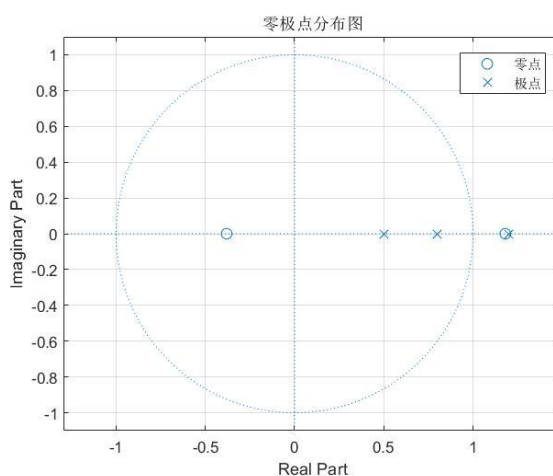


图3.2 零极点分布图

实验结论：极点非全在单位圆中，因此该系统为不稳定的

(2) 代码:

```
B=[1, -1];  
A=[1, -0.9, -0.65, 0.873];  
zplane(B,A), grid on  
legend('零点', '极点')  
title('零极点分布图')
```

图形绘制:

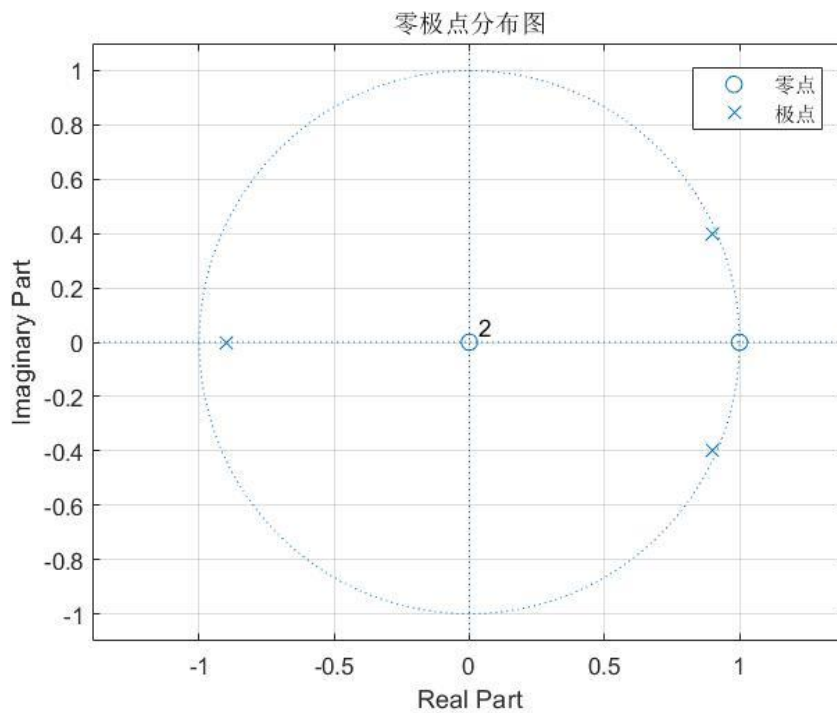


图3.3 零极点分布图

实验结论: 由于该系统的极点全部在单位圆内, 故系统是稳定的。

### 实验三:

实验代码:

```
b=[1];  
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('Magnitude')  
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('离散系统幅频特性曲线')
```

图形绘制:

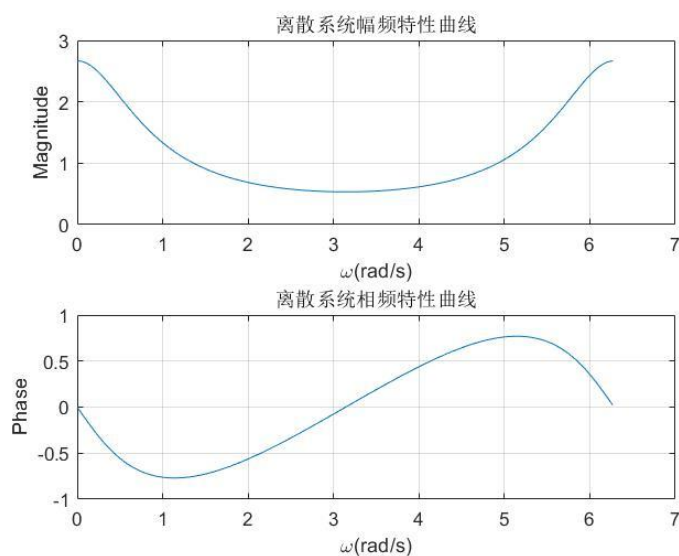


图3.4 离散系统相频特性曲线图

## 四、思考题

第一题:

(1) 实验代码:

```
b=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1];  
a=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0.9];  
zplane(b, a)
```

图形绘制:

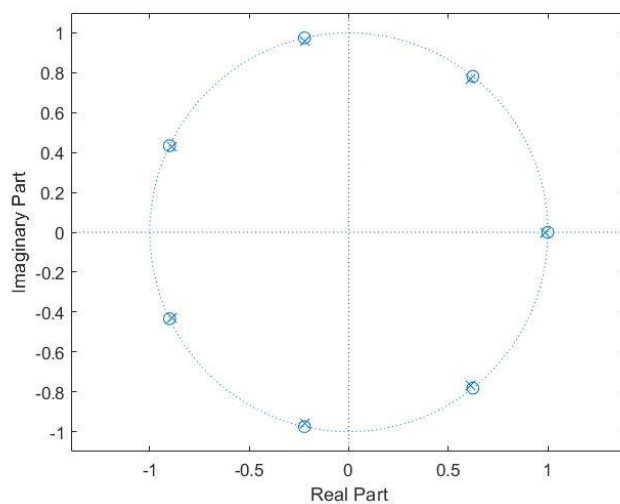


图4.1 零极点分布图

实验结论: 由于该系统的极点全部在单位圆内, 故系统是稳定的。

(2) 实验代码:

```
b=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1];  
a=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0.9];  
[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')

```

图形绘制:

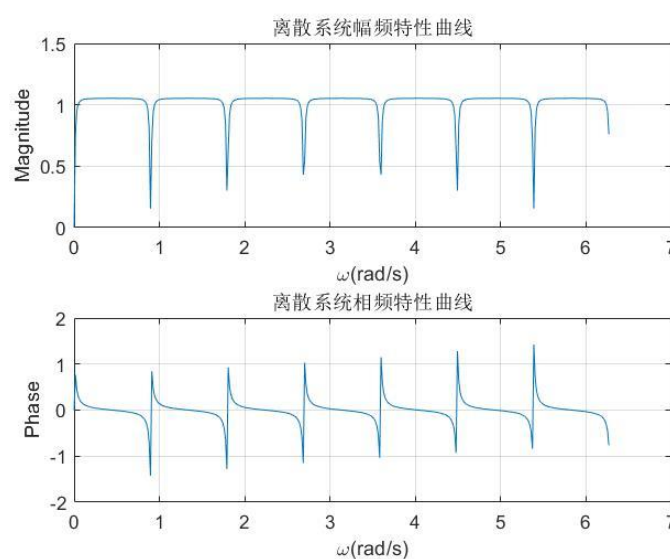


图4.2 离散系统幅频及相频特性曲线

(3) 实验结论:

这是梳状滤波器, 广泛应用于复合电视信号中亮度信号和色度信号的分离

第二题:

(1) 实验代码:

```

clear all;
close all;
[xn,fs]=audioread('D:\MATLAB\work\motherland.wav');
N=length(xn)-1;
b1=[1];
a1=[1,0.8];
c1=filter(b1,a1,300);
b2=[1];
a2=[1,-1];
c2=filter(b2,a2,300);
b3=[1];
a3=[1,1.2];
c3=filter(b3,a3,300);

```

```

out1=conv(xn,c1);
out2=conv(xn,c2);
out3=conv(xn,c3);
subplot(4,1,1);
plot(N/fs,xn);
xlabel('滤波前');
axis([0 4 -0.5 0.5]);
subplot(4,1,2);
plot(out1);
xlabel('h1滤波后');
axis([0 40000 -100 100])
subplot(4,1,3);
plot(out2);
xlabel('h2滤波后');
axis([0 40000 -100 100])
subplot(4,1,4);
plot(out3);
xlabel('h3滤波后');
axis([0 40000 -100 100])

```

图形绘制:

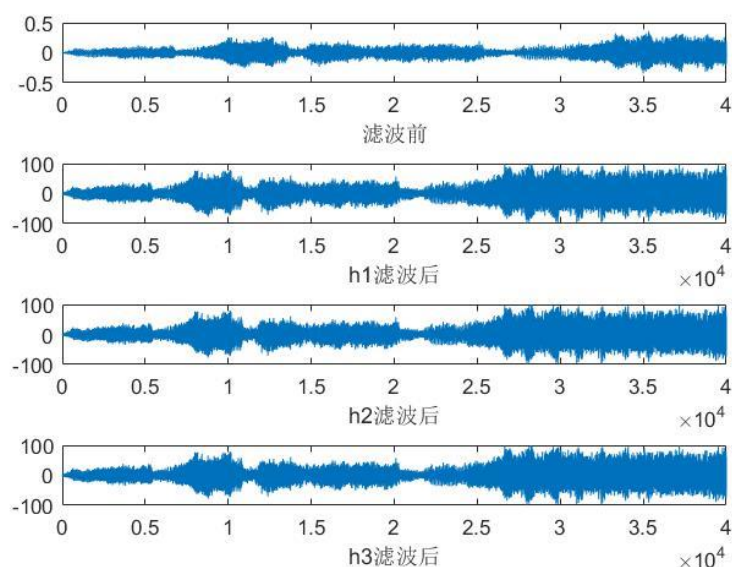


图4.3 滤波前后该音频文的连续时域波形图

(2) 实验分析:

这是因为滤波时我们进行了卷积, 卷积时信号幅度会相乘, 因此滤波前后有信号幅度的变化。