

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： 2018210203

学生姓名： 杨童

联系电话： 18779911618

重庆邮电大学教务处制

课程名称	信号处理实验	课程编号	S01201A2010550004
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	无	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

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

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

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

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。

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

$$H(z) = \frac{b_0 z^m + b_1 z^{m-1} + \cdots + b_m z + b_{m+1}}{a_1 z^n + a_2 z^{n-1} + \cdots + a_n z + a_{n+1}}$$

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

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

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 $h(n)$ 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 $h(n)$ 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。

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

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

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 $\omega_s (\omega_s = \frac{2\pi}{T}, \text{若零} T=1, \omega_s = 2\pi)$ 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 $H(z)$ $[0, \pi]$ 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 $[0, 2\pi]$ 。

三、实验程序及结果分析

1、

B = [2, 16, 44, 56, 32];

A = [3, 3, -15, 18, -12];

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

结果如下图:

工作区

名称	值
A	[3,3,-15,18,-12]
B	[2,16,44,56,32]
K	-2.6667
P	$[-3.2361 + 0.0000i; 1.2361 + 0.0000i; 0.5000 + 0.8660i; 0.5000 - 0.8660i]$
R	$[-0.0177 + 0.0000i; 9.4914 + 0.0000i; -3.0702 + 2.3398i; -3.0702 - 2.3398i]$

2、

```
b1 = [2, -1.6, -0.9];
```

```
a1 = [1, -2.5, 1.96, -0.48];
```

```
subplot(2, 2, 1);
```

```
zplane(b1, a1);
```

```
title('零点分布图');
```

```
subplot(2, 2, 2);
```

```
impz(b1, a1, 30); grid on;
```

```
b2 = [1, -1];
```

```
a2 = [1, -0.9, -0.65, 0.873];
```

```
subplot(2, 2, 3);
```

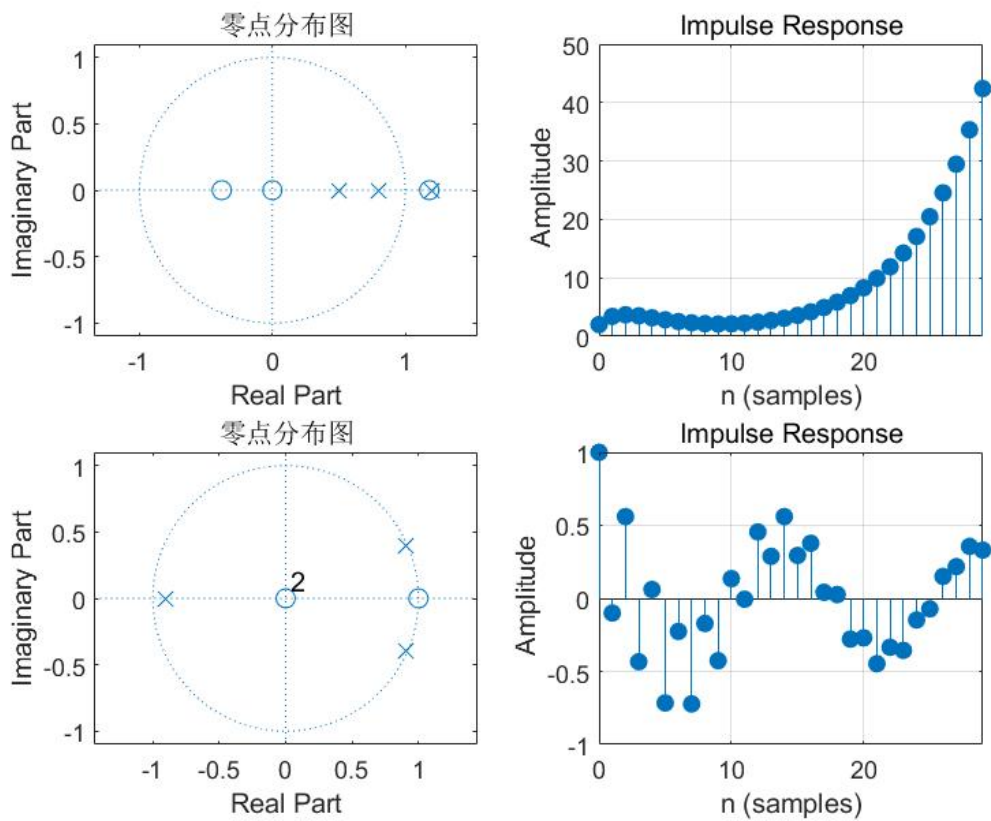
```
zplane(b2, a2);
```

```
title('零点分布图');
```

```
subplot(2, 2, 4);
```

```
impz(b2, a2, 30); grid on;
```

结果如下图:



由图可知，系统（2）比系统（1）稳定。

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(2, 1, 1);
```

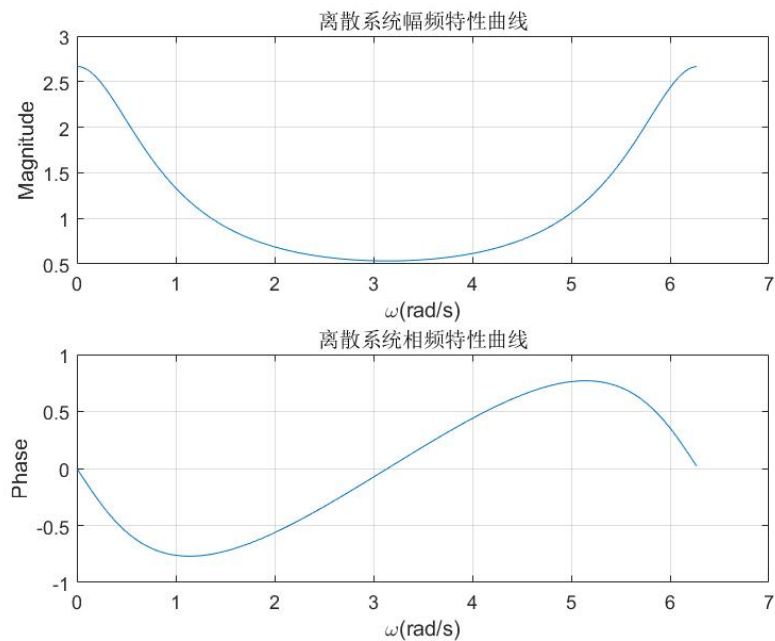
```
plot(w, Hm), grid on;
```

```
xlabel(' \omega(rad/s)'), ylabel(' Magnitude');
```

```
title(' 离散系统幅频特性曲线');
```

```
subplot(2, 1, 2);
plot(w, Hp), grid on;
xlabel(' \omega(rad/s)'), ylabel(' Phase');
title(' 离散系统相频特性曲线');
```

结果如下图：



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 $0 \sim 2$ 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。

答：

```
a = [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0.9];
```

```
b = [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1];
```

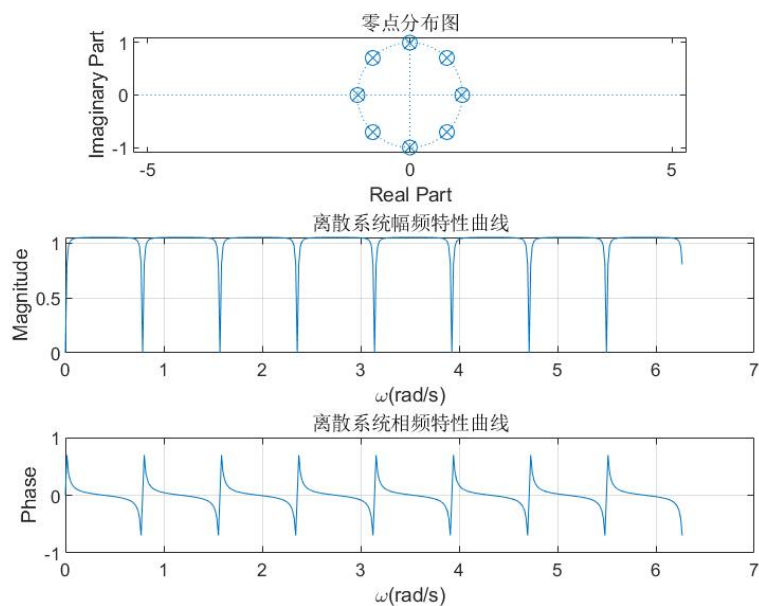
```
subplot(3, 1, 1);
```

```

zplane(b, a);
title('零点分布图');
[H, w] = freqz(b, a, 400, 'whole');
Hm = abs(H);
Hp = angle(H);
subplot(3, 1, 2);
plot(w, Hm), grid on;
xlabel('\omega(rad/s)'), ylabel('Magnitude');
title('离散系统幅频特性曲线');
subplot(3, 1, 3);
plot(w, Hp), grid on;
xlabel('\omega(rad/s)'), ylabel('Phase');
title('离散系统相频特性曲线');

```

结果如下图：



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。

答：

```
[xn, fs]=audioread('D:\MUSIC\motherland.wav');
```

```
subplot(4, 1, 1);  
a1=[1, 0.8];  
b1=[1, 0];  
[h]=impz(b1, a1, 30);  
y1=conv(xn, h);  
chang1=length(y1);  
t1=(0:chang1-1)/fs;  
plot(t1, y1);  
title('H1 滤波波形');
```

```
subplot(4, 1, 2);  
a2=[1, -1];  
b2=[1, 0];  
[h2]=impz(b2, a2, 30);  
y2=conv(xn, h2);  
chang2=length(y2);  
t2=(0:chang2-1)/fs;  
plot(t2, y2);  
title('H2 滤波波形');
```

```
subplot(4, 1, 3);  
a3=[1, 1.2];  
b3=[1, 0];  
[h3]=impz(b3, a3, 30);  
y3=conv(xn, h3);  
chang3=length(y3);  
t3=(0:chang3-1)/fs;  
plot(t3, y3);  
title('H3 滤波波形');
```

```
subplot(4, 1, 4)  
chang4=length(xn);  
t4=(0:chang4-1)/fs;  
plot(t4, xn);  
title('原始波形');
```


结果如下图:

