

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： 2018211016

学 生 姓 名： 肖子荐

联 系 电 话： 13983218050

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	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	实验三 z 变换及离散时间 LTI 系统的 z 域分析		
评阅人签字		成绩	
<p>一、实验目的</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 <p>二、实验原理</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有理函数 z 变换的部分分式展开 <p>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</p> $X(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_m z^{-m}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_n z^{-n}} = \frac{B(z)}{A(z)}$ <p>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) (zX</p> $[R, P, K] = \text{residuez}(B, A)$ <p>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。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 系统函数的零极点分析 $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$ <p>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，即如果系统函数 H(z) 的有理函数表示式为</p> $H(z) = \frac{b_1 z^m + b_2 z^{m-1} + \dots + b_m z + b_{m+1}}{a_1 z^n + a_2 z^{n-1} + \dots + a_n z + a_{n+1}}$ <p>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</p> $[Z, P, K] = \text{tf2zp}(B, A)$ <p>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</p>			

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

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(z)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 $y_{ss}(n) = A |H(e^{j\omega})| \sin[n\omega + \phi(\omega)]u(n)$ 。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

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

其中， $|H(e^{j\omega})|$ 称为离散时间系统的幅频特性； $\phi(\omega)$ 称为离散时间系统的相频特性； $H(e^{j\omega})$ 是以 ω_s ($\omega_s = 2\pi/T$ ，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 $[0, 2\pi]$

三、实验程序及结果分析

1. 程序如下：

```
A=[2 16 44 56 32]
```

```
B=[3 3 -15 18 -12]
```

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

输出结果如下：

```
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

2.

(1) 程序如下:

$B=[0 \ 2 \ -1.6 \ -0.9]$

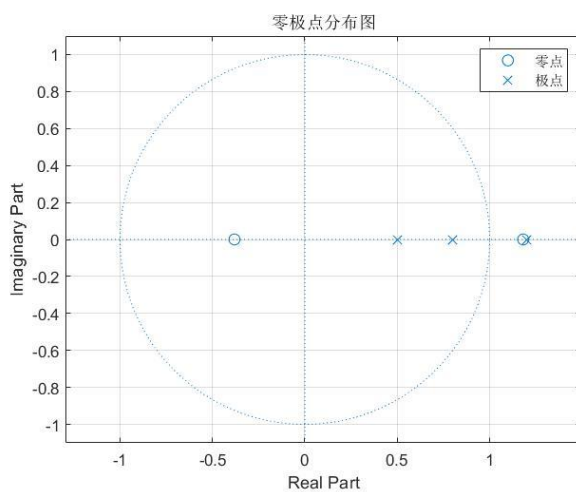
$A=[1 \ -2.5 \ 1.96 \ -0.48]$

`zplane(B,A),grid on`

`legend('零点','极点')`

`title('零极点分布图')`

输出结果如下:



(2) 程序如下:

$B=[0 \ 0 \ 0 \ 1 \ -1]$

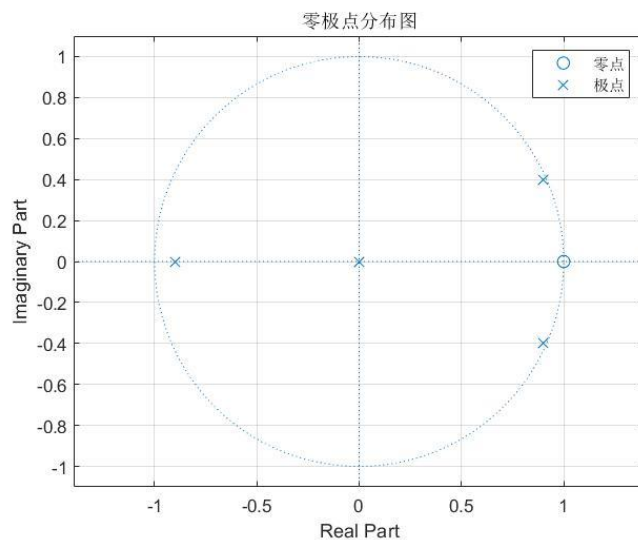
```
A=[1 -0.9 -0.65 0.873 0]
```

```
zplane(B,A),grid on
```

```
legend('零点','极点')
```

```
title('零极点分布图')
```

输出结果如下：



3. 程序如下：

```
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')
```

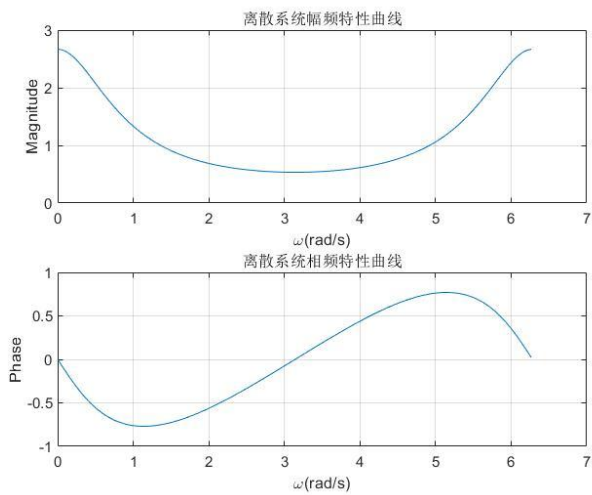
```
subplot(212)
```

```
plot(w,Hp),grid on
```

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

```
title('离散系统相频特性曲线')
```

输出结果如下：



四、思考题

1.

(1) 程序如下：

```
A=[1 0 0 0 0 0 0 0 -0.9]
```

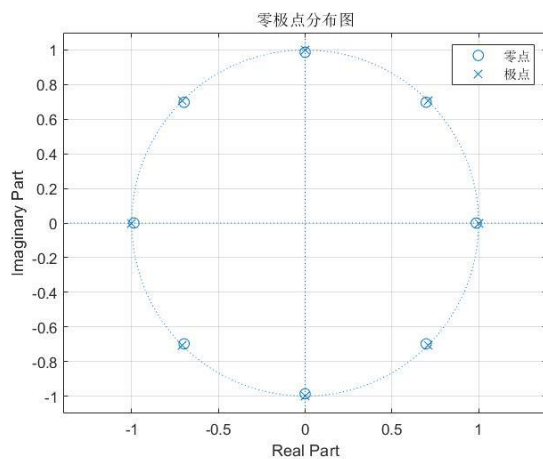
```
B=[1 0 0 0 0 0 0 0 -1]
```

```
zplane(A,B), grid on
```

```
legend('零点','极点')
```

```
title('零极点分布图')
```

输出结果如下：



(2) 程序如下：

```
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,400,'whole')
```

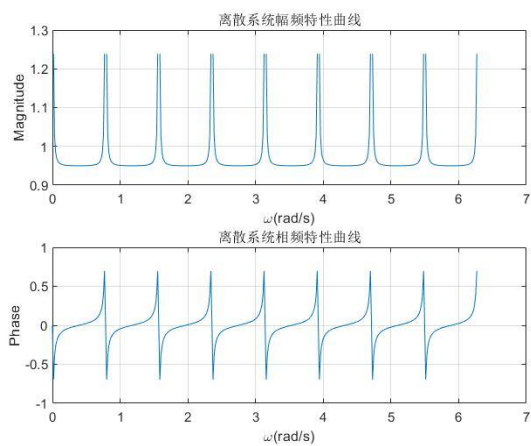
```
Hm=abs(H)
```

```
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')
输出结果如下:

```



2.

(1) 程序如下:

```

[text, fs]=audioread(' F:\...\motherland.wav')
subplot(2, 2, 1)
plot(text)
title(' 滤波前')
b=[1 0]
a=[1 0.8]
w1=filter(b, a, text)
subplot(2, 2, 2)
plot(w1)
title(' z/(z+0.8)')
b=[1 0]
a=[1 -1]

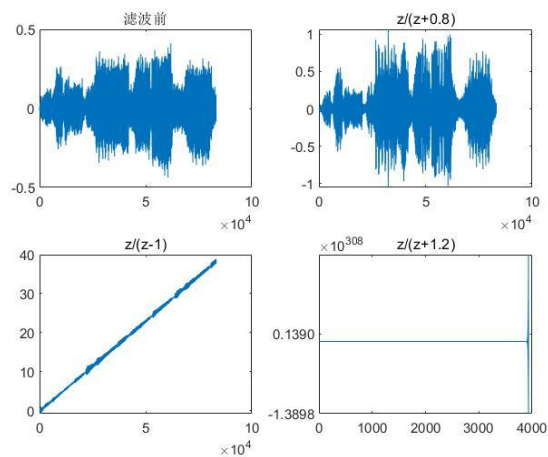
```

```

w1=filter(b, a, text)
subplot(2, 2, 3)
plot(w1)
title(' z/(z-1)')
b=[1 0]
a=[1 1.2]
w1=filter(b, a, text)
subplot(2, 2, 4)
plot(w1)
title(' z/(z+1.2)')

```

输出结果如下：



(1) 程序如下：

```

[text, fs]=audioread('F:\...\motherland.wav')
subplot(2, 2, 1)
plot(text)
title(' 滤波前')
z=2:1000
H1(z)=z./(z+0.8)
w1=conv(H1(z), text)
subplot(2, 2, 2)
plot(w1)
title(' z/(z+0.8)')

```



```
z=2:1000
```

```
H2(z)=z./(z-1)
```

```
w2=conv(H2(z),text)
```

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

```
plot(w2)
```

```
title('z/(z-1)')
```

```
z=2:1000
```

```
H3(z)=z./(z+1.2)
```

```
w3=conv(H3(z),text)
```

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

```
plot(w3)
```

```
title('z/(z+1.2)')
```

输出结果如下：

