

课程名称	信号处理实验	课程编号	-
实验地点	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

- 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
- 学会运用 MATLAB 分析离散时间系统的系统函数的零极点
- 学会运用 MATLAB 分析系统函数的零极点分布与时域特性的关系
- 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

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。

2. 系统函数的零极点分析

在 MATLAB 中系统函数的零极点可通过函数 `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。

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  $h(n)$  函数与  $z$  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。

#### 4. 离散时间 LTI 系统的频率特性分析

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在  $H(e^{j\omega})$  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：

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 =

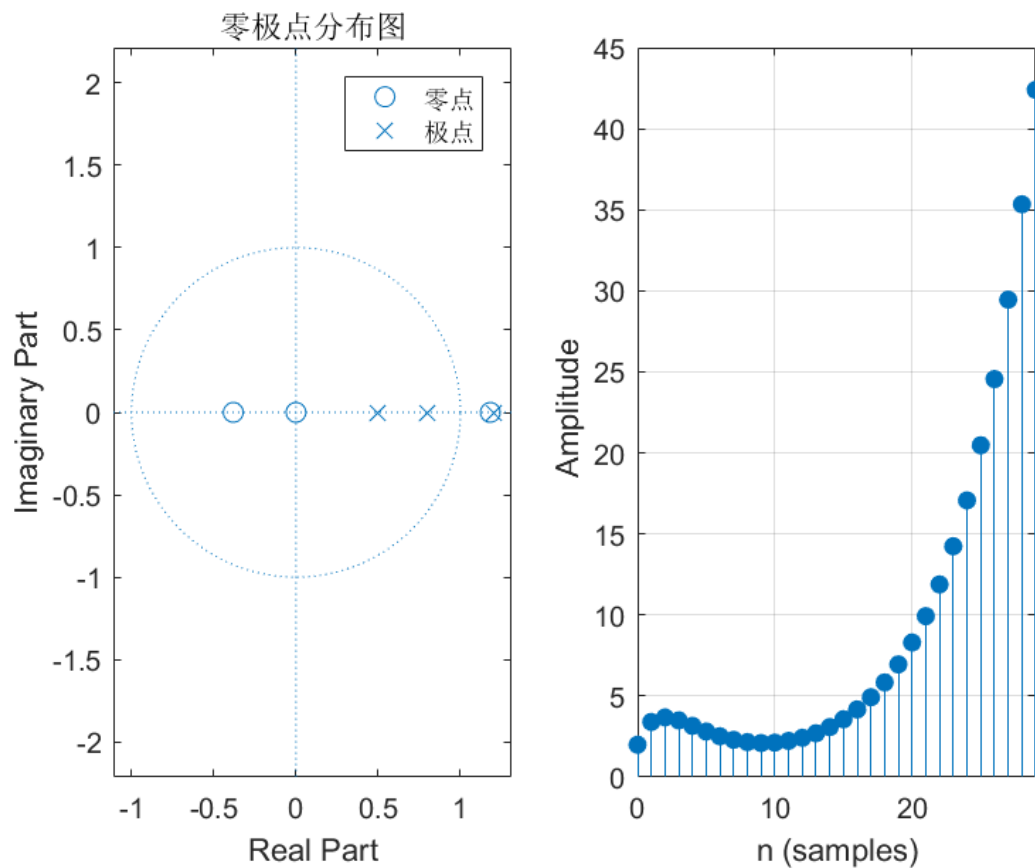
```
-2.6667
```

2. 1

```
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');
legend('零点','极点');
subplot(122);
impz(b1,a1,30);
title('');
grid on;
结果:
```



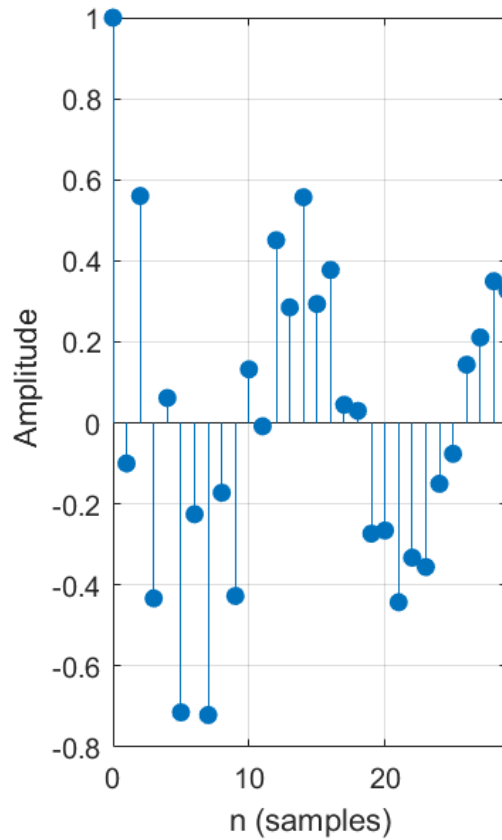
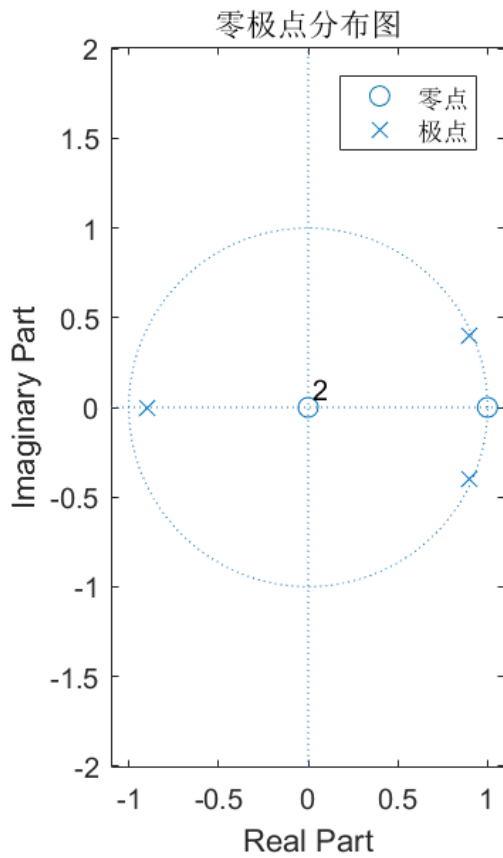
由图可知：该系统稳定。

2.2

```
b1=[1,-1];
a1=[1,-0.9,-0.65,0.872,0];
subplot(121);
zplane(b1,a1);
title('零极点分布图');
legend('零点','极点');
subplot(122);
impz(b1,a1,30);
title('');
```

grid on;

结果:



由图可知：该系统不稳定。

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(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);
```

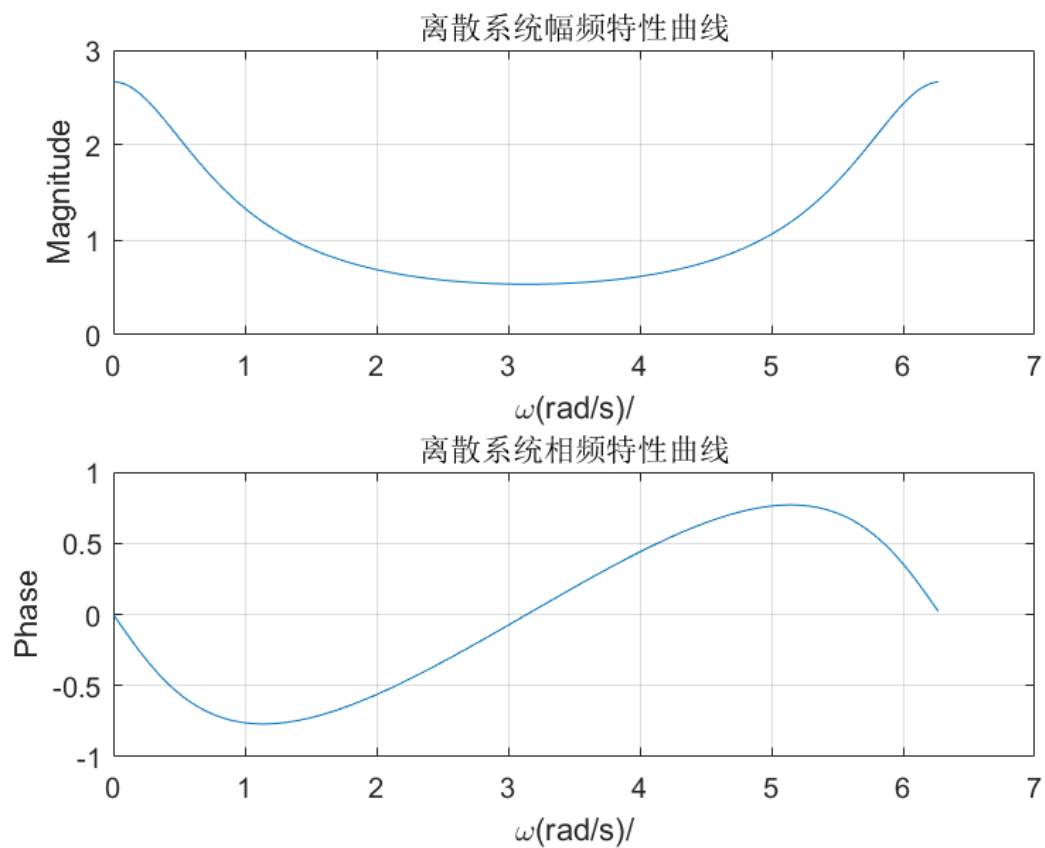
```
grid on;
```

```
xlabel('\omega(rad/s)');
```

```
ylabel('Phase');
```

```
title('离散系统相频特性曲线');
```

结果:



#### 四、思考题

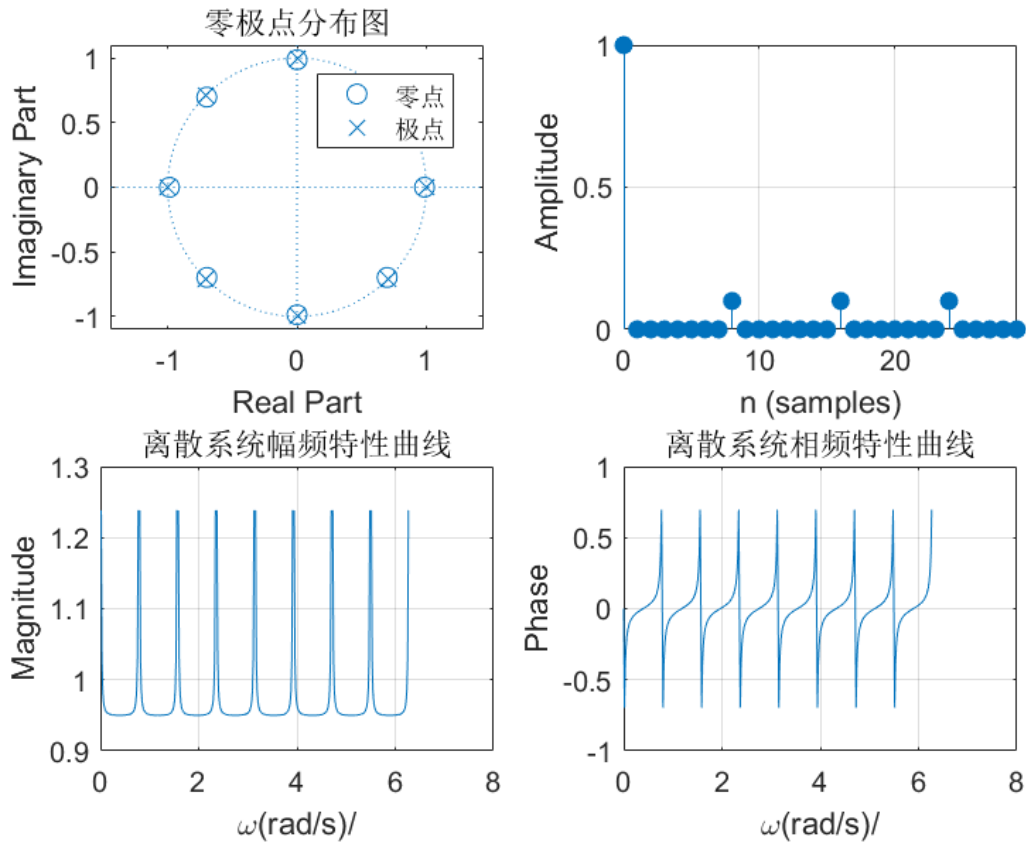
1.

```
b=[1,0,0,0,0,0,0,0,-0.9];
a=[1,0,0,0,0,0,0,0,-1];
subplot(221);
zplane(b,a);
title('零极点分布图');
legend('零点','极点');
subplot(222);
impz(b,a,30);
title('');
grid on;
[H,w]=freqz(b,a,400,'whole');
Hm=abs(H);
Hp=angle(H);
subplot(223);
plot(w,Hm);
grid on;
xlabel('\omega(rad/s)/');
ylabel('Magnitude');
title('离散系统幅频特性曲线');
subplot(224);
plot(w,Hp);
```

```

grid on;
xlabel(' \omega(rad/s)/ ');
ylabel(' Phase ');
title(' 离散系统相频特性曲线 ');
结果:

```



由图可知：该系统零极点分布在单位圆上，因此该系统处于临界稳定状态。

2.

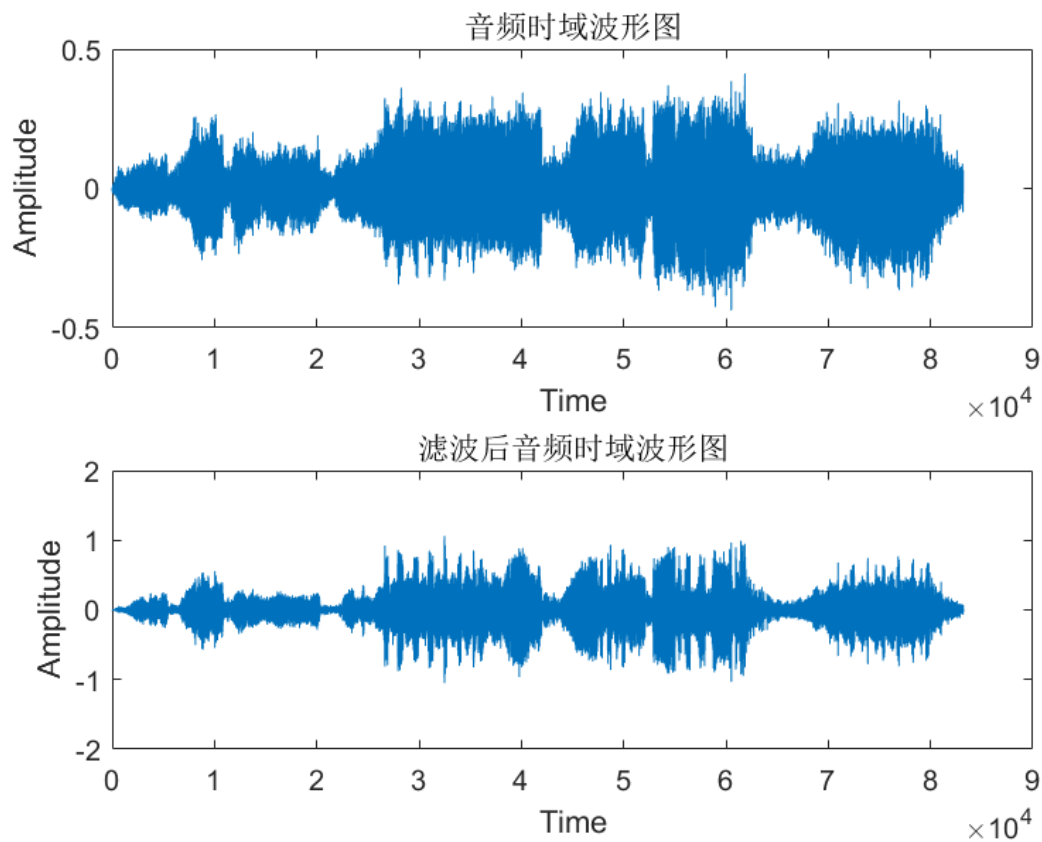
$H_1(z)$ :

```

[xn, fs]=audioread(' E:\大学\数字信号处理实验资料\实验三\motherland.wav ');
sound(xn, fs);
N=length(xn);
t=(0:N-1);
subplot(211);
plot(t, xn);
title(' 音频时域波形图 ');
xlabel(' Time ');
ylabel(' Amplitude ');
b1=[1, 0];
a1=[1, 0.8];
[hn]=impz(b1, a1, 30);
y=conv(xn, hn);
subplot(212);
plot(y);

```

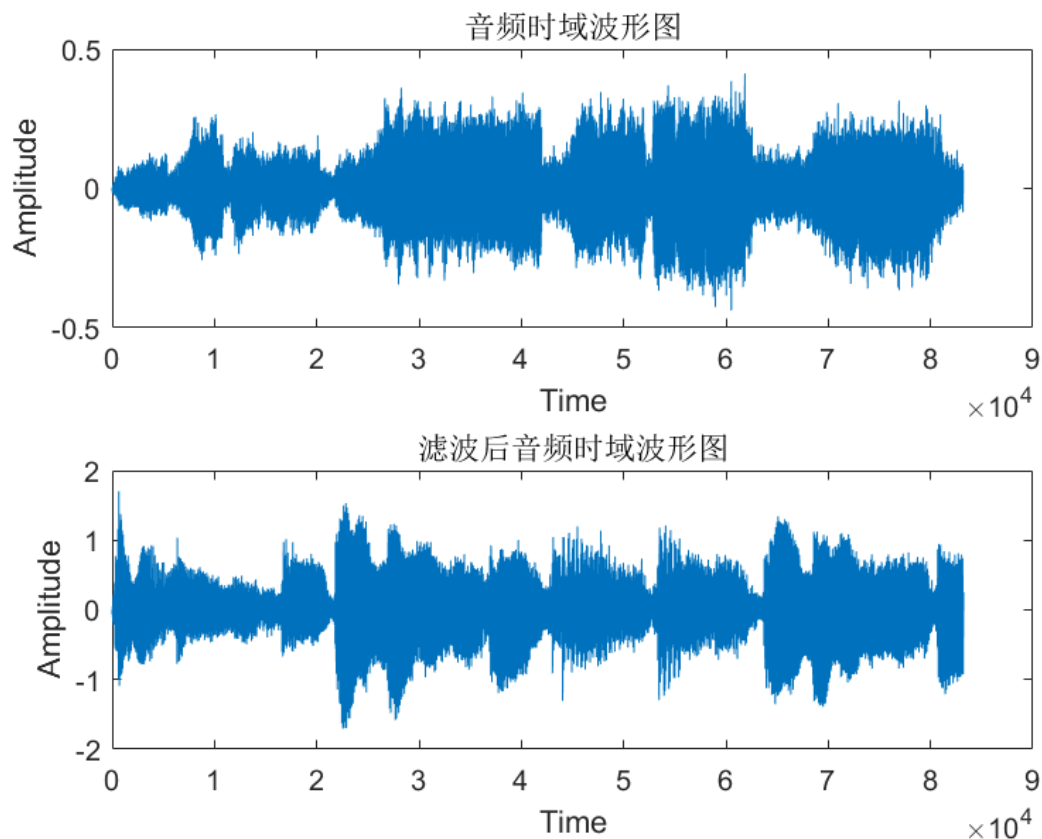
```
title('滤波后音频时域波形图');
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
结果:
```



由图可知：滤波后音频信号时域幅度增大接近2倍。

```
H2(z):
[xn, fs]=audioread('E:\大学\数字信号处理实验资料\实验三\motherland.wav');
sound(xn, fs);
N=length(xn);
t=(0:N-1);
subplot(211);
plot(t, xn);
title('音频时域波形图');
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
b1=[1, 0];
a1=[1, -1];
[hn]=impz(b1, a1, 30);
y=conv(xn, hn);
subplot(212);
plot(y);
title('滤波后音频时域波形图');
```

```
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
结果：
```



由图可知：滤波后音频信号时域幅度增大接近4倍，但滤波后波形略微有所改变。

```
H3(z):
[xn, fs]=audioread('E:\大学\数字信号处理实验资料\实验三\motherland.wav');
sound(xn, fs);
N=length(xn);
t=(0:N-1);
subplot(211);
plot(t, xn);
title('音频时域波形图');
xlabel('Time');
ylabel('Amplitude');
b1=[1, 0];
a1=[1, 1.2];
[hn]=impz(b1, a1, 30);
y=conv(xn, hn);
subplot(212);
plot(y);
title('滤波后音频时域波形图');
```



```
xlabel('Time');  
ylabel('Amplitude');
```

结果：

