

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： 2018210216

学生姓名： 游宇

联系电话： 15736175027

重庆邮电大学教务处制

实验地点	YF304	实验时间	10 月 27 日
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

- 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

有理函数 z 变换的部分分式展开：

如果信号的 z 域表示式 是有理函数，设 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 X(z) 进行部分分式展开的函数 residuez，其语句格式为

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

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。

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

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

如果系统函数的有理函数表示式为

$$H(z) = \frac{b_1 z^m + b_2 z^{m-1} + \cdots + b_m z + b_{m+1}}{a_1 z^n + a_2 z^{n-1} + \cdots + a_n z + a_{n+1}}$$

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

$$[Z,P,K]=tf2zp(B,A)$$

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

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

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。

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

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

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 ($\omega_s = \frac{2\pi}{T}$, 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 $[0, 2\pi]$ 。

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。

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

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

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

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. 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。

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

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

```
subplot(211)
```

```
B=[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')
```

```
subplot(212)
```

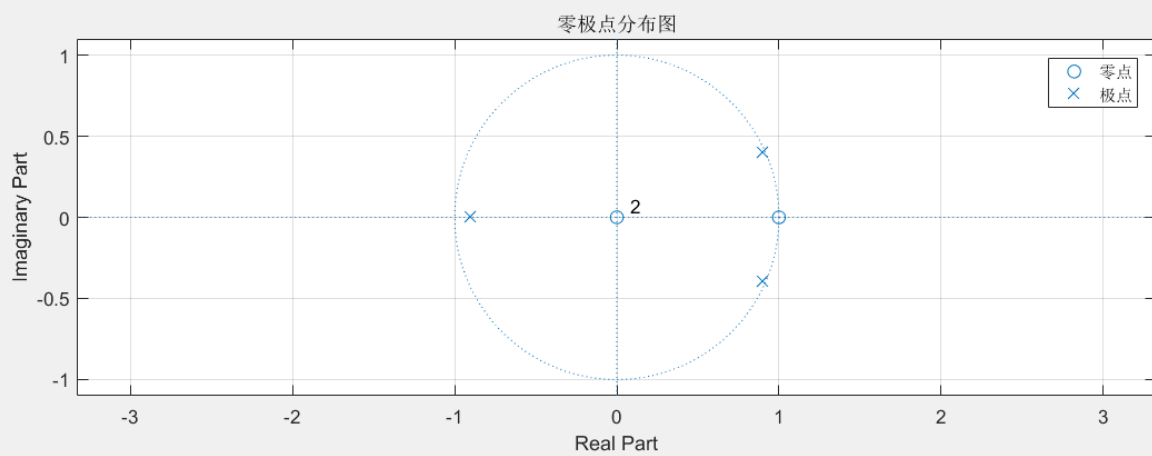
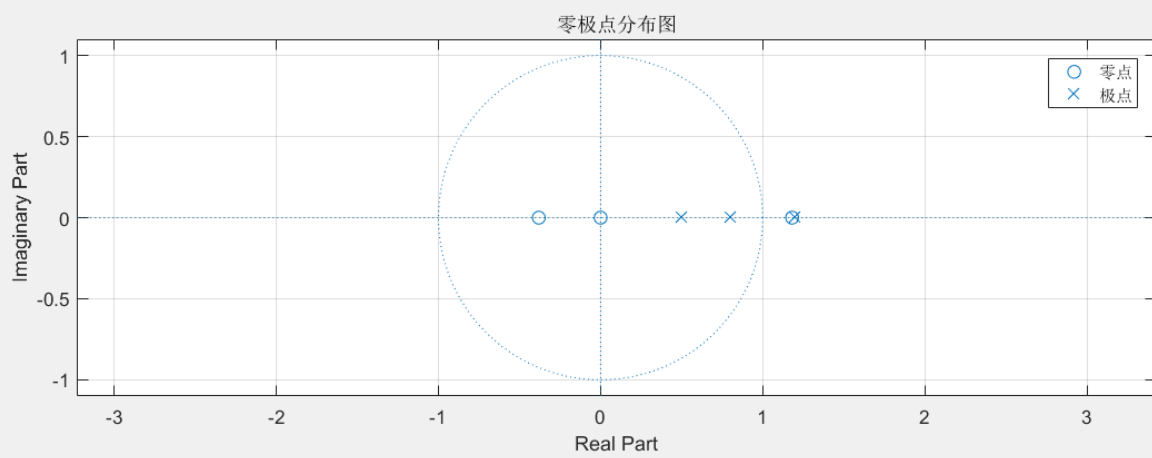
```
B=[1, -1];
```

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

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

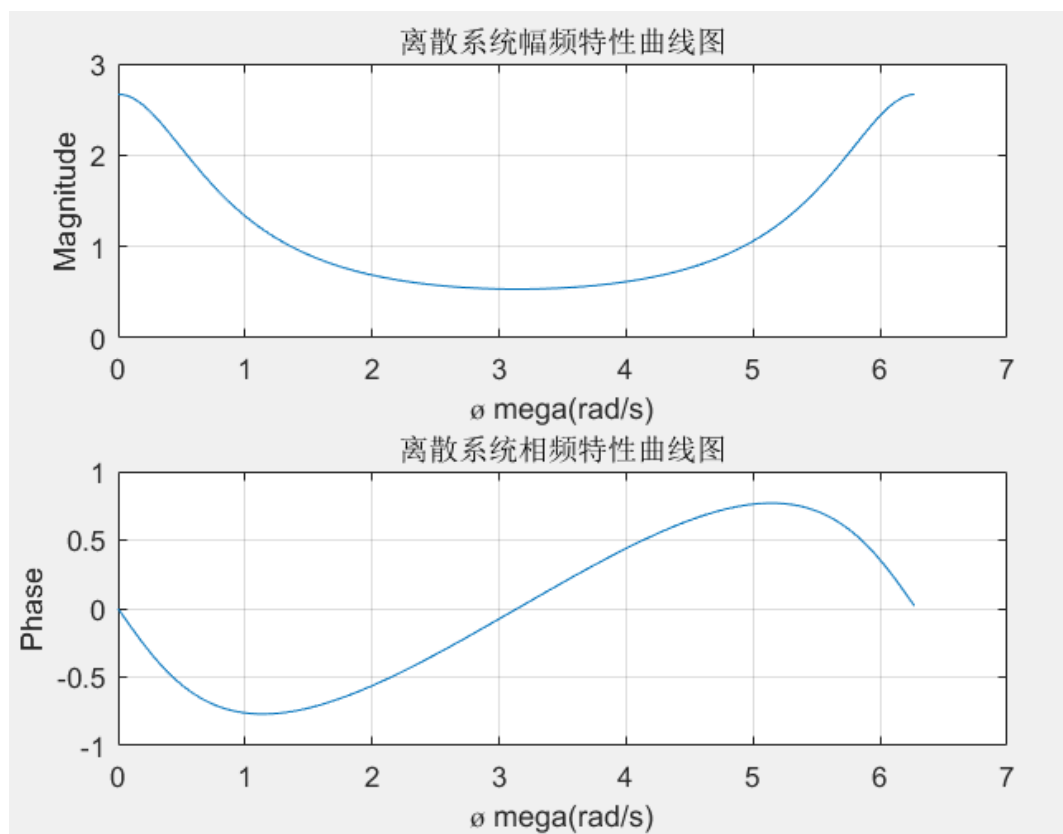
```
legend('零点','极点')
```

```
title('零极点分布图')
```



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。

```
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 \text{ mega(rad/s)}'), ylabel('Magnitude')  
title('离散系统幅频特性曲线图')  
subplot(212)  
plot(w, Hp), grid on  
xlabel('\omega \text{ mega(rad/s)}'), ylabel('Phase')  
title('离散系统相频特性曲线图')
```



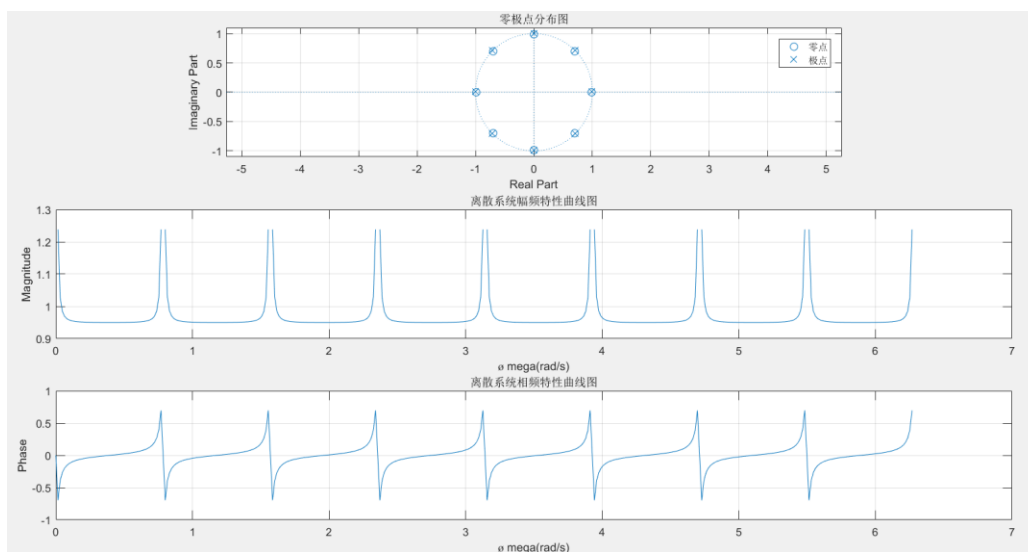
四、思考题

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 $0 \sim 2\pi$ 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。

```
b=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0.9]
a=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1]
subplot(311)
zplane(b,a), grid on
legend('零点','极点')
title('零极点分布图')

[H,w]=freqz(b,a,400,'whole');
Hm=abs(H);
Hp=angle(H);

subplot(312)
plot(w,Hm), grid on
xlabel('\omega \text{ mega(rad/s)}'), ylabel('Magnitude')
title('离散系统幅频特性曲线图')
subplot(313)
plot(w,Hp), grid on
xlabel('\omega \text{ mega(rad/s)}'), ylabel('Phase')
title('离散系统相频特性曲线图')
```



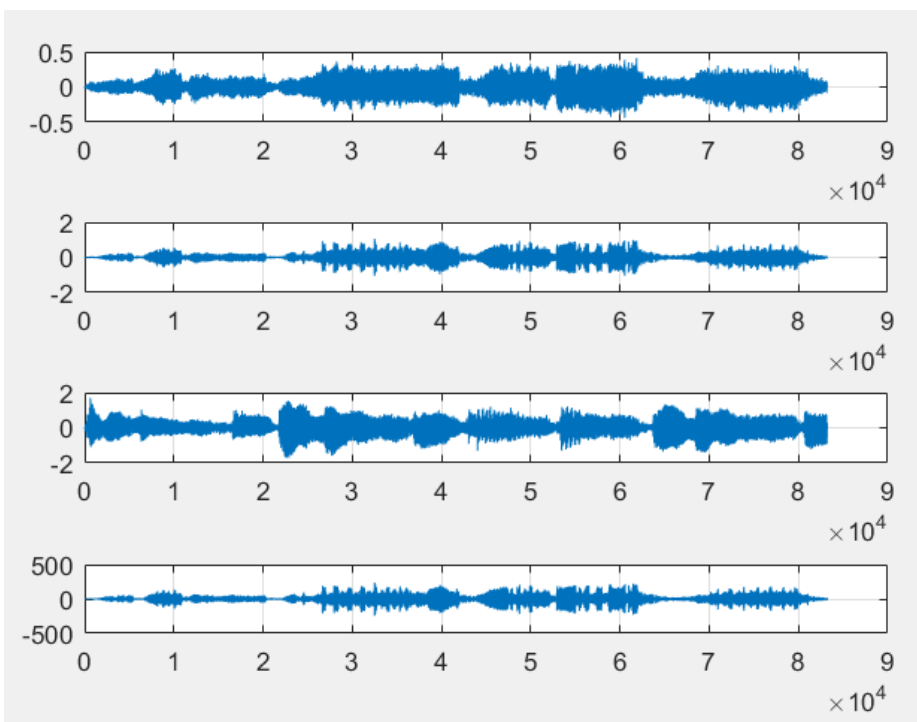
（3）这种滤波器可用于消除信号中的电网谐波干扰和其他的频谱等间隔分布的干扰。

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。

```
b=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -0.9]
a=[1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1]
subplot(311)
zplane(b,a), grid on
legend('零点','极点')
title('零极点分布图')

[H,w]=freqz(b,a,400,'whole');
Hm=abs(H);
Hp=angle(H);

subplot(312)
plot(w,Hm), grid on
xlabel('\omega \text{ mega(rad/s)}'), ylabel('Magnitude')
title('离散系统幅频特性曲线图')
subplot(313)
plot(w,Hp), grid on
xlabel('\omega \text{ mega(rad/s)}'), ylabel('Phase')
title('离散系统相频特性曲线图')
```



原因：因为通过了低通滤波器和高通滤波器。

