

# 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 : 2018210205

学 生 姓 名 : 彭喆

联 系 电 话 : 13364013747

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	YF304	实验时间	第八周周二 1、2 节
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	
<p>一、实验目的</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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；</li> <li>2. 学会运用 MATLAB 分析离散时间系统的系统函数的零极点；</li> <li>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；</li> <li>4. 学会运用 MATLAB 进行离散时间系统的频率特性分析。</li> </ol> <p>二、实验原理</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有理函数 z 变换的部分分式展开</li> </ol> <p>如果信号的 z 域表示式 <math>X(z)</math> 是有理函数，设 <math>X(z)</math> 的有理分式表示为</p> $X(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2} + \dots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2} + \dots + a_m z^{-m}} = \frac{B(z)}{A(z)}$ <p>MATLAB 信号处理工具箱提供了一个对 <math>X(z)</math> 进行部分分式展开的函数 <code>residuez</code>，其语句格式为</p> $[R, P, K] = \text{residuez}(B, A)$ <p>其中，B, A 分别表示 <math>X(z)</math> 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 <math>X(z)</math> 为有理真分式，则 K 为零。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 系统函数的零极点分析</li> </ol> <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</p> $H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$ <p>如果系统函数的有理函数表示式为</p> $H(z) = \frac{b_1 z^m + b_2 z^{m-1} + b_3 z^{m-2} + \dots + b_m z + b_{m+1}}{a_1 z^n + a_2 z^{n-1} + a_3 z^{n-2} + \dots + a_n z + a_{n+1}}$ <p>那么，在 MATLAB 中系统函数的零极点就可通过函数 <code>roots</code> 得到，也可借助函数 <code>tf2zp</code> 得到，<code>tf2zp</code> 的语句格式为</p> $[Z, P, K] = \text{tf2zp}(B, A)$ <p>其中，B 与 A 分别表示 <math>H(z)</math> 的分子与分母多项式的系数向量。它的作用是将 <math>H(z)</math> 的有理分式表示式转换为零极点增益形式，即</p>			

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

### 3. 系统函数的零极点分布与其时域特性的关系

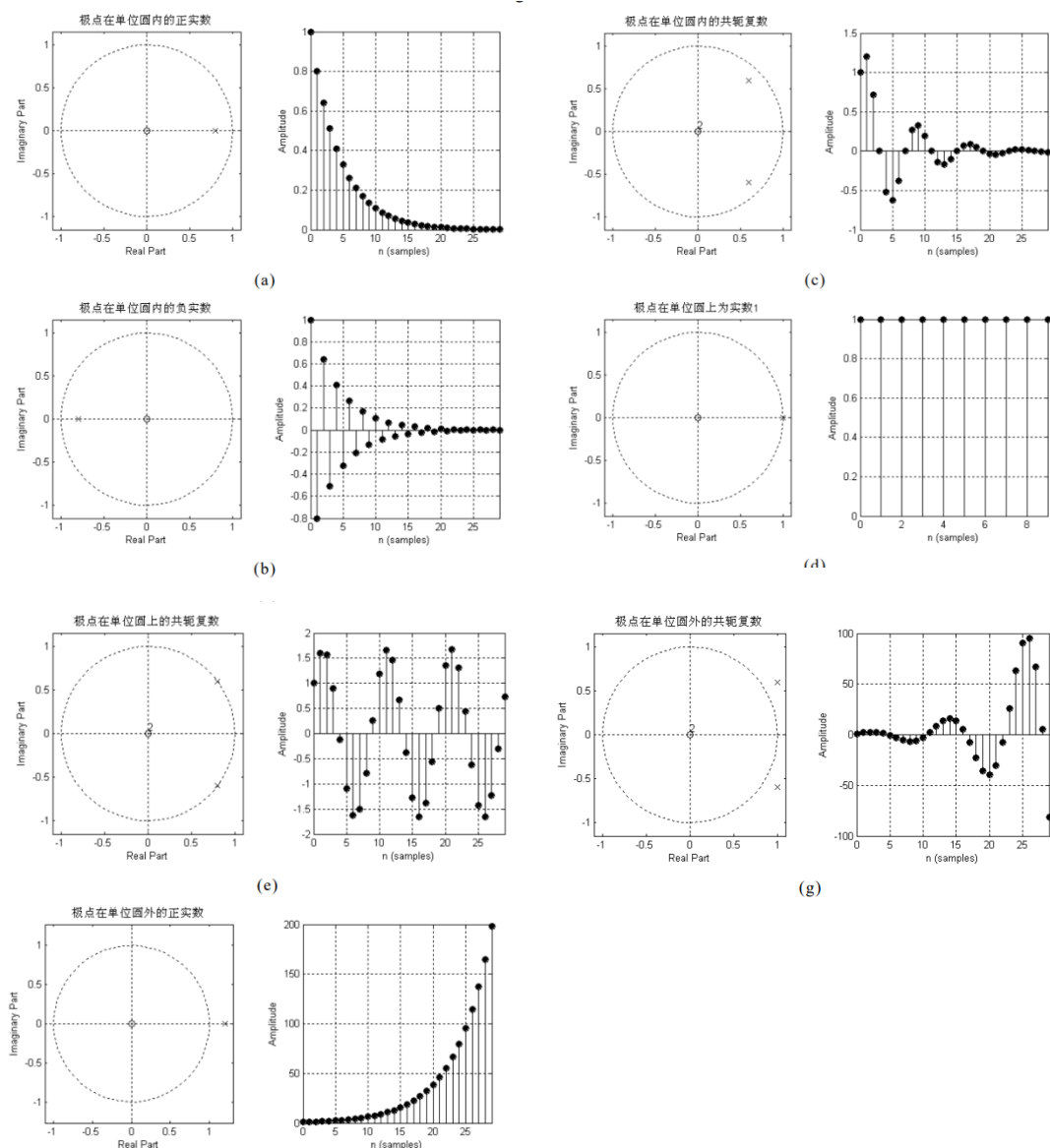


图1 系统函数的零极点分布与其时域特性的关系

### 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  $H(e^{jw})$  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:

```
>>B=[2,16,44,56,32]; %分子多项式系数向量
>>A=[3,3,-15,18,-12]; %分母多项式系数向量
>>[R,P,K]=residuez(B,A); %求部分分式展开
disp('系数向量');disp(R');
disp('极点向量');disp(P');
disp('多项式系数');disp(K');

>> LAB3_1
系数向量
-0.0177 + 0.0000i    9.4914 + 0.0000i   -3.0702 - 2.3398i   -3.0702 + 2.3398i

极点向量
-3.2361 + 0.0000i    1.2361 + 0.0000i    0.5000 - 0.8660i    0.5000 + 0.8660i

多项式系数
-2.6667
```

图2 部分分式展开参数

2.

程序:

```
>>b1=[0,2,-1.6,-0.9]; %分子多项式系数向量
>>a1=[1,-2.5,1.96,-0.48]; %分母多项式系数向量
>>subplot(2,2,1);
>>zplane(b1,a1); %构建系统函数的零极点分布图
>>legend('零点' '极点');
>>title('系统1函数零极点分布图');
>>grid on
>>subplot(2,2,2)
>>impz(b1,a1,30); %求系统单位取样响应
>>xlabel('n');
>>title('系统1单位取样响应');
>>grid on
```

```

>>b2=[0,0,0,1,-1]; %分子多项式系数向量
>>a2=[1,-0.9,-0.65,0.873]; %分母多项式系数向量
>>subplot(2,2,3);
>>zplane(b2,a2); %构建系统函数的零极点分布图
>>legend( '零点' '极点' );
>>title( '系统2函数零极点分布图' )
>>grid on
>>subplot(2,2,4)
>>impz(b2,a2,30); %求系统单位取样响应
>>xlabel( 'n' );
>>title( '系统2单位取样响应' );
>>grid on

```

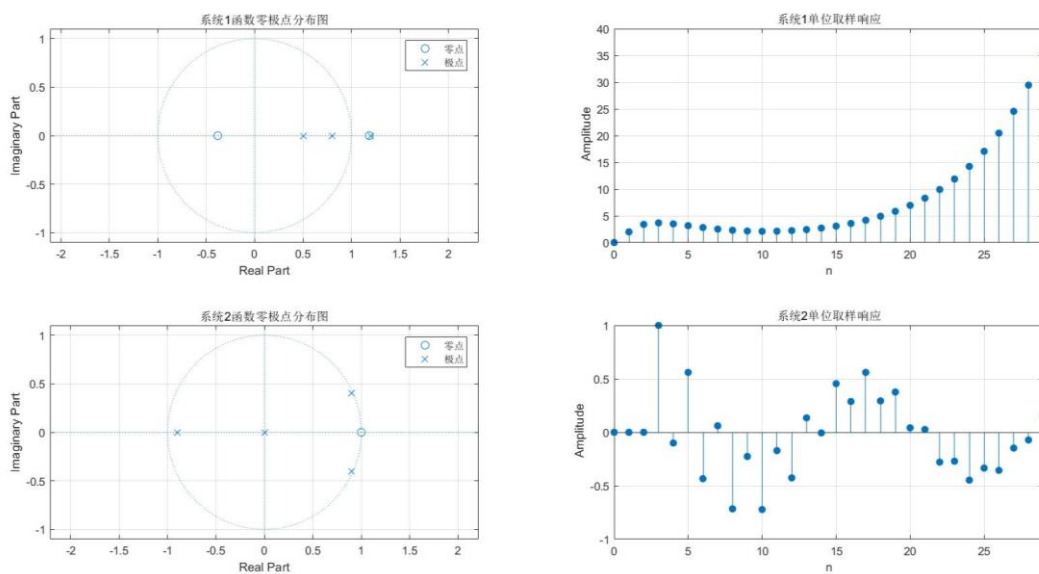


图3 系统零极点分布图和单位取样响应波形图

结果分析：系统1都不稳定, 系统2稳定

3.

程序：

```

>>b=[1,0,0]; %分子多项式系数向量
>>a=[1,-0.75,0.125]; %分母多项式系数向量
>> [H,w]=freqz(b,a,400, 'whole'); %离散时间系统频响特性函数
>>Hm=abs(H); %幅度
>>Hp=angle(H); %相位
>>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' )

```

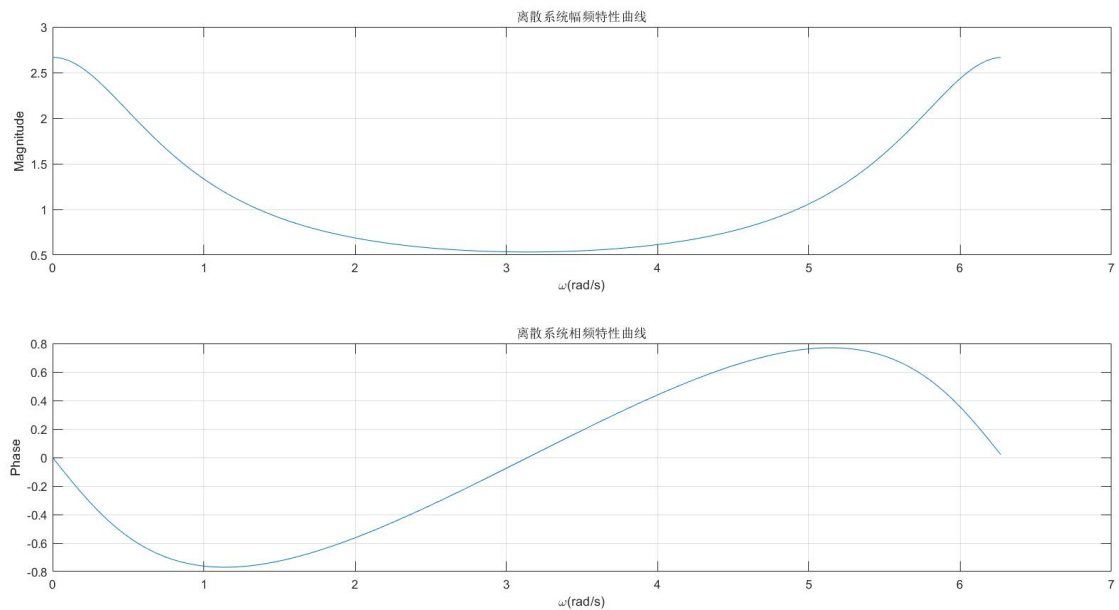


图4 离散系统频响特性曲线

#### 四、思考题

1.

程序:

```

>>b=[1,0,0,0,0,0,0,0,-1]; %分子多项式系数向量
>>a=[1,0,0,0,0,0,0,0,-0.9]; %分母多项式系数向量

>>subplot(2,1,1);
>>zplane(b,a); %构建系统函数的零极点分布图
>>legend( '零点','极点' );
>>title( '系统函数零极点分布图' );
>>grid on

>>subplot(2,1,2)
>>impz(b,a,50); %求系统单位取样响应
>>xlabel( 'n' );

```

```

>>title('系统单位取样响应');
>>grid on

>>figure%新画幅
>> [H,w]=freqz(b,a,400,'whole');
>>Hm=abs(H);%幅度
>>Hp=angle(H);%相位

>>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')

```

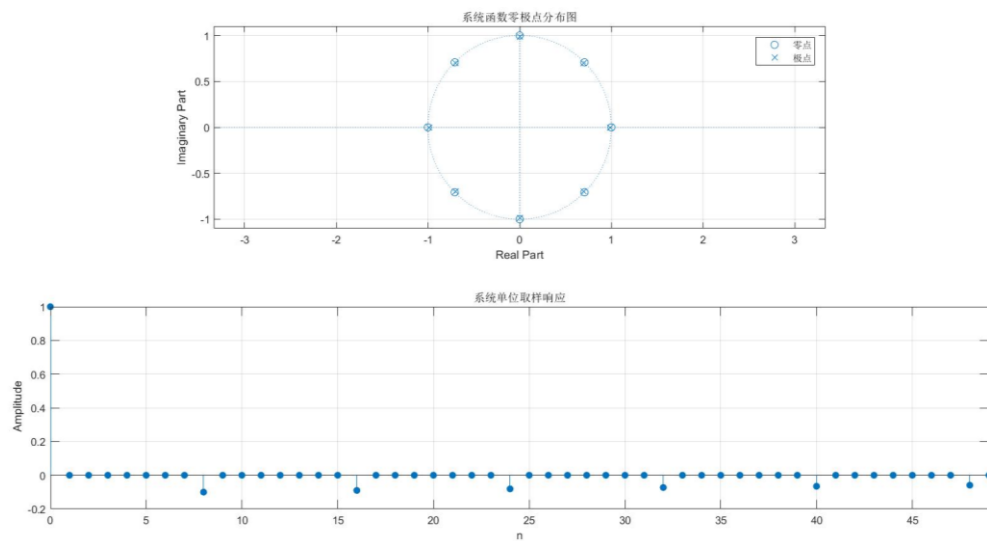


图5 系统的零极点分布图及系统单位取样响应

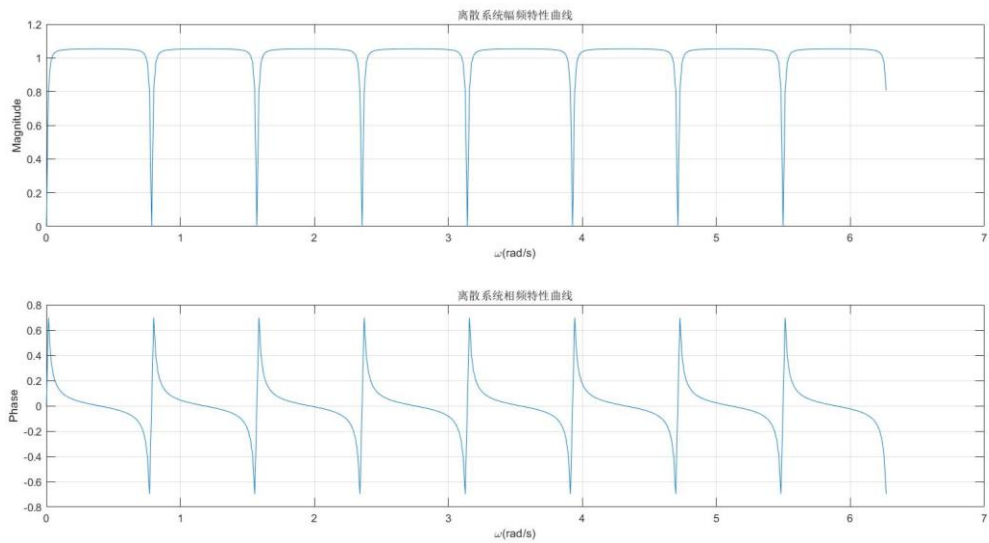


图6 系统幅频特性曲线图和相频特性曲线图

## 系统稳定

**梳状滤波器：**用于消除信号中的电网谐波干扰和其他频谱等间隔分布的干扰

2.

程序：

```
>> [xn,fs] = audioread('F:\MATLAB\LAB\LAB3\motherland.wav');
>> n=length(xn);
>> t=(0:n-1)/fs;

>> b1=[1];
>> a1=[1,0.8];
>> b2=[1];
>> a2=[1,-1];
>> b3=[1];
>> a3=[1,1.2];

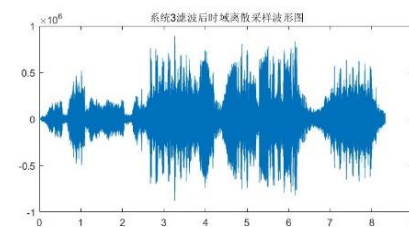
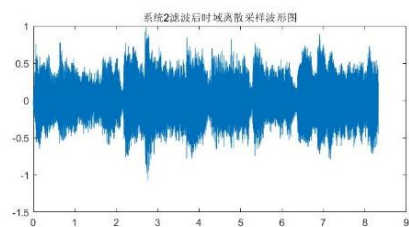
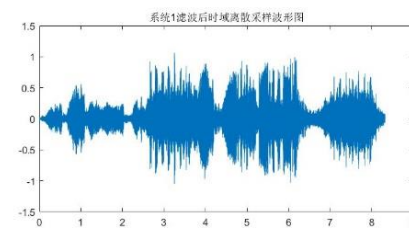
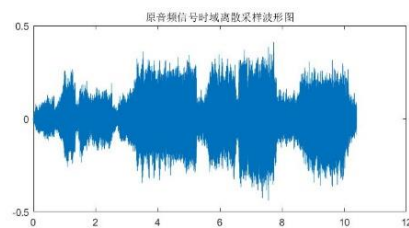
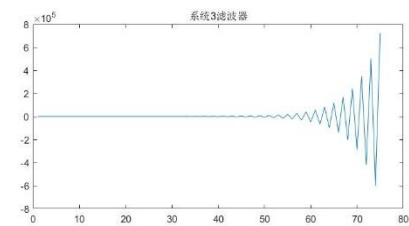
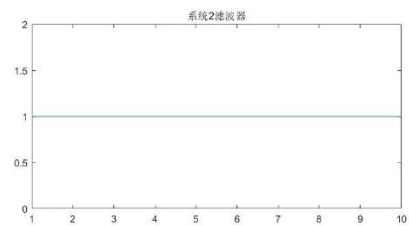
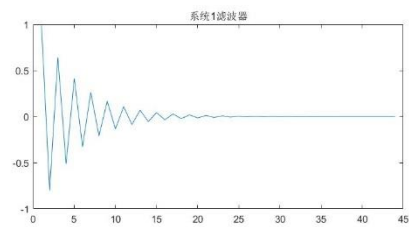
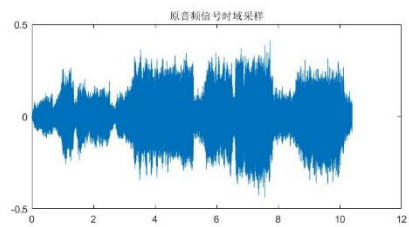
>> subplot(2,2,1)
>> plot(t,xn);
>> title('原音频信号时域离散采样波形图')

>> subplot(2,2,2)
>> h1=impz(b1,a1);
>> y1=conv(h1,xn);
>> plot(y1);
>> %plot(h1);
>> title('系统1滤波后时域离散采样波形图');
```



```
>>subplot(2,2,3)
>>h2=impz(b2,a2);
>>y2=conv(h2,xn);
>>plot(y2);
>>%plot(h2);
>>title('系统2滤波后时域离散采样波形图');
```

```
>>subplot(2,2,4)
>>h3=impz(b3,a3);
>>y3=conv(h3,xn);
>>plot(y3);
>>%plot(h3);
>>title('系统3滤波后时域离散采样波形图');
```



由滤波器波形可知，系统 1 和系统 2 稳定，系统 3 不稳定，所以滤波后的音频信号幅度变化大