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]=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

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

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

$$[H, w] = freqz(B, A, N)$$

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 $H(ej\omega)$ 在 $0^{\sim}\pi$ 范围内 N 个频率处的值。另一种形式为

与第一种方式不同之处在于角频率的范围由[0, π]扩展到[0,2π]。

三、实验程序及结果分析

```
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
```

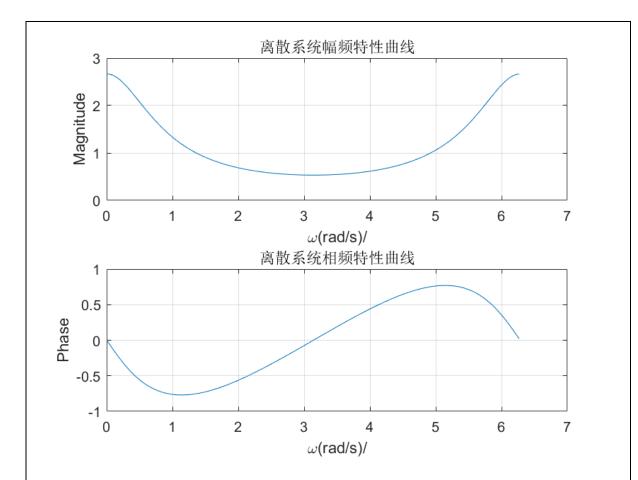
b1=[2, -1.6, -0.9];

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:
                  零极点分布图
                                             45
        2
                                零点
                                             40
                                 极点
       1.5
                                             35
        1
                                             30
  Imaginary Part
0.0-
0.0-
                                          Amplitude 52 20
                                             15
       -1
                                             10
      -1.5
                                              5
        -2
                                                         10
           -1
                -0.5
                            0.5
                                   1
                                                0
                                                                   20
                                                         n (samples)
                    Real Part
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:
                  零极点分布图
        2
                                零点
                                            8.0
                                极点
       1.5
                                            0.6
         1
                                            0.4
   Imaginary Part
       0.5
                                         Amplitude
                                            0.2
        0
                                              0
      -0.5
                                            -0.2
        -1
                                            -0.4
      -1.5
                                            -0.6
        -2
                                            -0.8
                 -0.5
                        0
           -1
                              0.5
                                     1
                                               0
                                                         10
                                                                  20
                    Real Part
                                                        n (samples)
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

```
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:
                  零极点分布图
         1
    Imaginary Part
                               零点
        0.5
                                         Amplitude
                               极点
                                           0.5
         0
       -0.5
         -1
                                             0
                        0
                                 1
              -1
                                               0
                                                        10
                                                                 20
                    Real Part
                                                       n (samples)
              离散系统幅频特性曲线
                                                  离散系统相频特性曲线
       1.3
                                             1
       1.2
                                            0.5
    Magnitude
                                        Phase
                                             0
                                           -0.5
       0.9
                 2
                               6
                                               0
                                                      2
                                                                          8
                                                                   6
                    \omega(rad/s)/
                                                         \omega(\text{rad/s})/
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=1ength (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:
                                  音频时域波形图
      0.5
   Amplitude
        0
      -0.5
                       2
         0
                              3
                                                                8
                1
                                            5
                                                   6
                                                          7
                                                                   \times 10^4
                                       Time
                               滤波后音频时域波形图
        2
        1
    Amplitude
       -2
         0
                       2
                1
                              3
                                            5
                                                   6
                                                          7
                                                                8
                                                                   \times 10^4
                                       Time
由图可知:滤波后音频信号时域幅度增大接近2倍。
H_2(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:
                                  音频时域波形图
      0.5
   Amplitude
        0
      -0.5
                       2
                              3
                                            5
                                                         7
                                                                8
                                                                   \times 10^4
                                       Time
                              滤波后音频时域波形图
        2
    Amplitude
       -2
         0
                       2
                              3
                                            5
                                                  6
                                                         7
                                                                8
                1
                                     4
                                                                   \times 10^4
                                       Time
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。
H_3(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');
```

