

# 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： 2018210188

学生姓名： 蔡东君

联系电话： 15730807595

重庆邮电大学教务处制

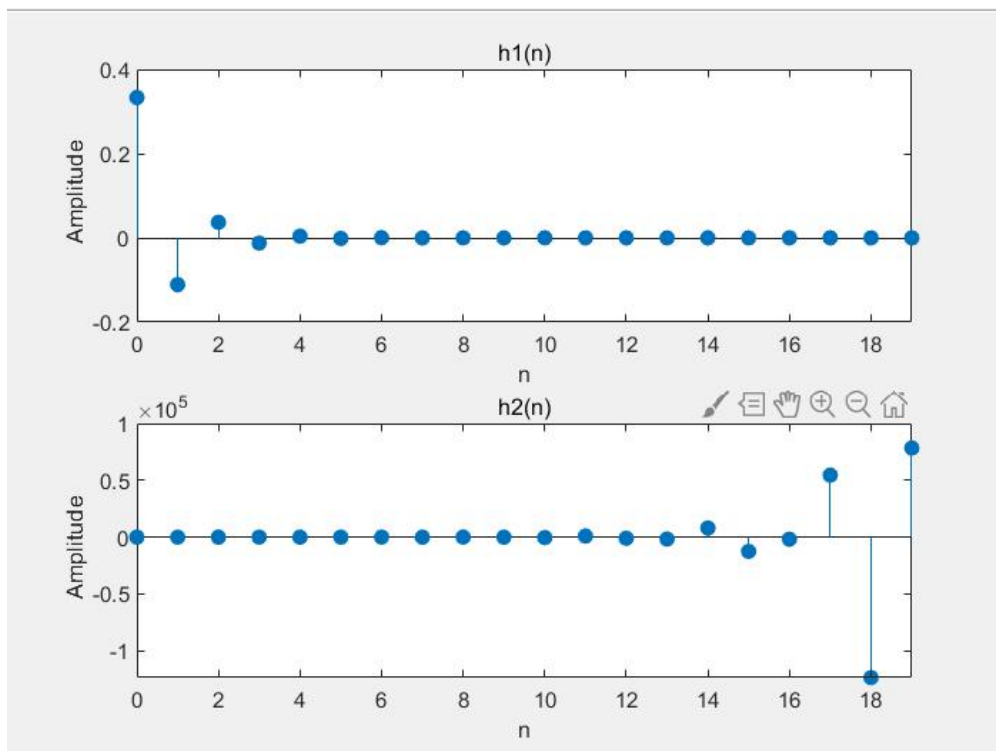
课程名称	信号处理实验	课程编号	
实验地点	YF304	实验时间	2020/10/22
校外指导教师		校内指导教师	邵凯
实验名称	系统响应及系统稳定性		
评阅人签字		成绩	
<p><b>一、实验目的</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 学会运用 MATLAB 求解离散时间系统的零状态响应；</li> <li>2. 学会运用 MATLAB 求解离散时间系统的单位取样响应；</li> <li>3. 学会运用 MATLAB 求解离散时间系统的卷积和。</li> </ol> <p><b>二、实验原理</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. MATLAB 中函数 filter 可对差分方程在指定时间范围内的输入序列所产生的响应进行求解。函数 filter 的语句格式为 <math>y = \text{filter}(b, a, x)</math> 其中, <math>x</math> 为输入的离散序列; <math>y</math> 为输出的离散序列; <math>y</math> 的长度与 <math>x</math> 的长度一样; <math>b</math> 与 <math>a</math> 分别为差分方程右端与左端的系数向量。</li> <li>2. 系统的单位取样响应定义为系统在 <math>\delta(n)</math> 激励下系统的零状态响应, 用 <math>h(n)</math> 表示。MATLAB 求解单位取样响应可利用函数 filter, 并将激励设为单位抽样序列。</li> <li>3. 由于系统的零状态响应是激励与系统的单位取样响应的卷积, 因此卷积运算在离散时间信号处理领域被广泛应用。离散时间信号的卷积定义为 <math>y(n) = x(n) * h(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x(m)h(n-m)</math>。可见, 离散时间信号的卷积运算是求和运算, 因而常称为“卷积和”。MATLAB 求离散时间信号卷积和的命令为 conv, 其语句格式为 <math>y = \text{conv}(x, h)</math> 其中, <math>x</math> 与 <math>h</math> 表示离散时间信号值的向量; <math>y</math> 为卷积结果。用 MATLAB 进行卷积和运算时, 无法实现无限的累加, 只能计算时限信号的卷积。</li> </ol> <p><b>三、实验程序及结果分析</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 试用 MATLAB 命令求解以下离散时间系统的单位取样响应, 并判断系统的稳定性。 <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) <math>3y(n) + 4y(n-1) + y(n-2) = x(n) + x(n-1)</math></li> <li>(2) <math>2.5y(n) + 6y(n-1) + 10y(n-2) = x(n)</math></li> </ol> </li> </ol> <p>代码:</p> <pre> 1. % 3y(n) + 4y(n-1) + y(n-2) = x(n) + x(n-1) 2. subplot(2, 1, 1); 3. a = [3 4 1]; </pre>			

```

4. b = [1 1];
5. impz(b, a, 20);
6. ylim([-0.2 0.4]);
7. xlabel('n');
8. title('h1(n)');
9.
10. %  $5/2y(n) + 6y(n-1) + 10y(n-2) = x(n)$ 
11. subplot(2, 1, 2);
12. a = [5/2 6 10];
13. b = 1;
14. impz(b, a, 20);
15. xlabel('n');
16. title('h2(n)');

```

实验效果截图:



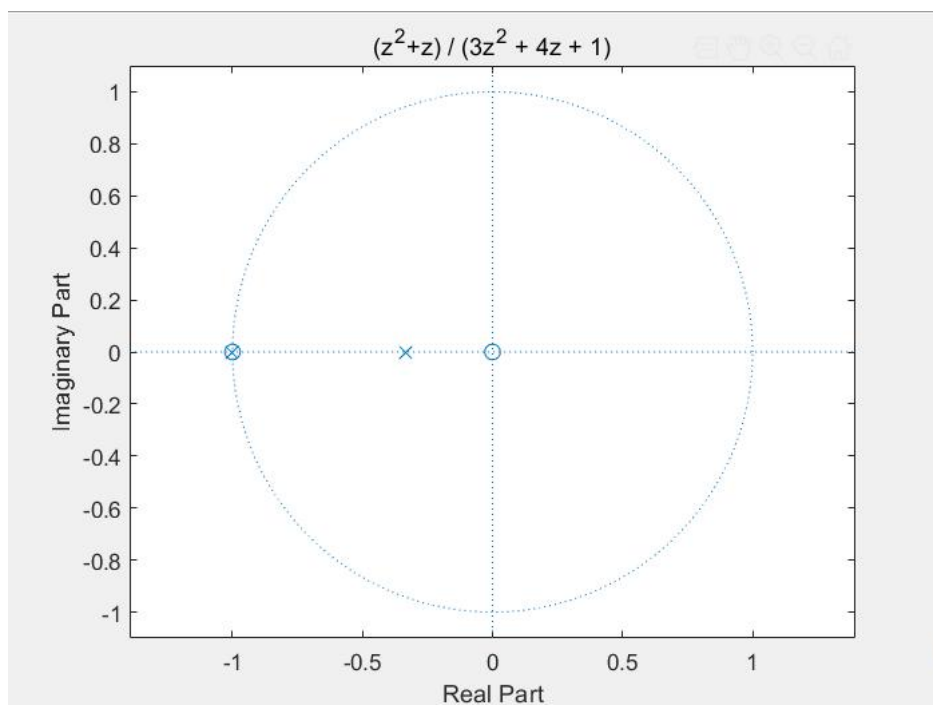
图一

稳定性分析:

1. 从图中可以看出系统一是稳定的，系统二是不稳定的。
2. 或者分析系统的零极点也可以得出系统的稳定性情况，如果极点在单位圆以内，则系统最终会稳定；反之，若在单位圆外，则系统不稳定。系统一和系统二的零极点分布如下：

系统一：

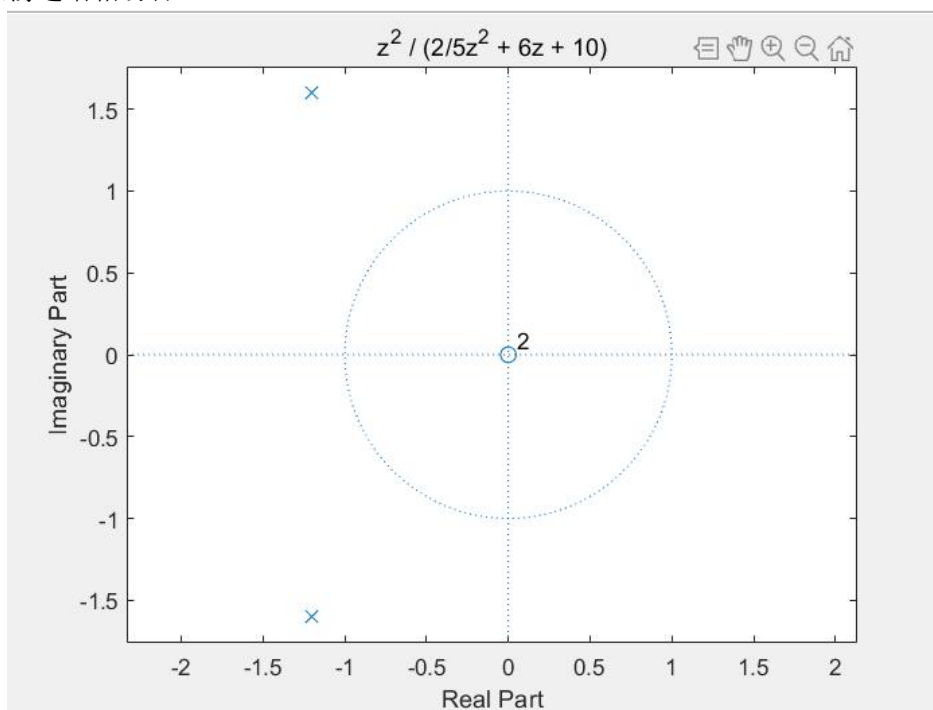
其中一个极点和一个零点相重合，则这两个点对系统的稳定性没有影响。另外有一个零点在  $z=0$  处，它对各个频率的响应一样，所以可以视为无影响。然后在  $z=-1/3$  处有一个极点，因为在单位圆内，会使系统趋于稳定。所以综上可得该系统是稳定的。



图二

系统二：

有两个重合零点，并且在  $z=0$  处，所以可以视为对幅频响应无影响。另外有一对共轭极点，分布在单位圆外，所以该系统是不稳定的，并且由于位于左半平面，所以该系统是振荡递增的（和图一的子图二的振荡递增相吻合）。



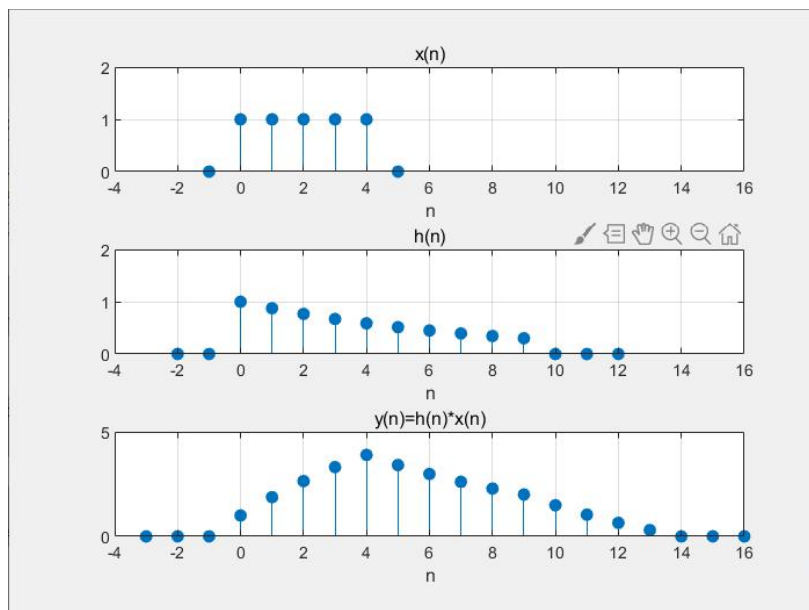
图三

2. 已知某系统的单位取样响应为  $h(n) = (\frac{7}{8})^n [u(n) - u(n-10)]$ ，试用 MATLAB 求当激励信号为  $x(n) = u(n) - u(n-5)$  时，系统的零状态响应。

代码：

```
1. % h(n) = (7/8) .^ n .* (u(n) - u(n-10))
2. % x(n) = u(n) - u(n-5)
3. nx = -1:5;
4. nh = -2:12;
5. x = uDT(nx) - uDT(nx - 5);
6. h = (7/8) .^ nh .* (uDT(nh) - uDT(nh - 10));
7. y = conv(x, h);
8. ny1 = nx(1) + nh(1);
9. ny2 = nx(end) + nh(end);
10. ny = ny1:ny2;
11. figure(8);
12. subplot(3, 1, 1);
13. stem(nx, x, 'fill'), grid on;
14. xlabel('n'), title('x(n)');
15. axis([-4 16 0 2]);
16. subplot(3, 1, 2);
17. stem(nh, h, 'fill'), grid on;
18. xlabel('n'), title('h(n)');
19. axis([-4 16 0 2]);
20. subplot(3, 1, 3);
21. stem(ny, y, 'fill'), grid on;
22. xlabel('n'), title('y(n)=h(n)*x(n)');
23. axis([-4 16 0 5]);
```

实验效果截图：



图四

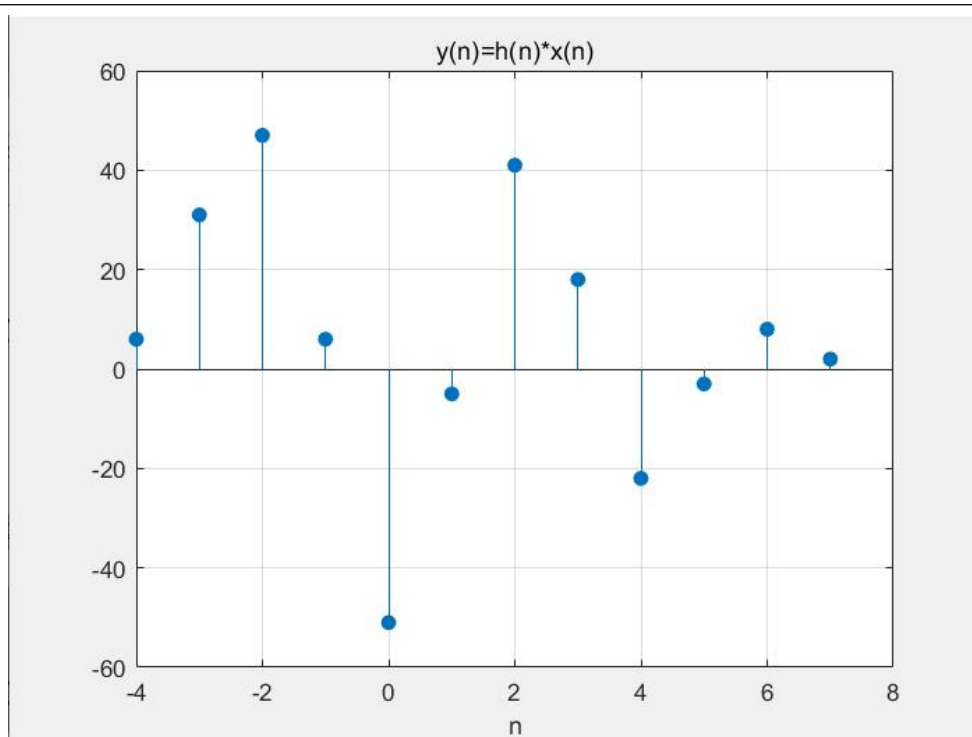
#### 四、思考题

1. matlab 的工具箱函数 `conv`，能用于计算两个有限长序列之间的卷积，但 `conv` 函数假定这两个序列都从  $n=0$  开始。试编写 M 件计算  $x(n)=[3, 11, 7, 0, -1, 4, 2]$ ,  $-3 \leq n \leq 3$  和  $h(n)=[2, 3, 0, -5, 2, 1]$ ,  $-1 \leq n \leq 4$  之间的卷积，并绘制  $y(n)$  的波形图。

代码：

```
1. %% 自己实现的卷积函数：myconv.m
2. function [y, ny] = myconv(x1, x2, flag)
3. % 输入：
4. % x1,x2 分别是两离散输入序列
5. % flag 为一 2*2 矩阵，file:myconv.m 每一行的格式为：起始点，终点
6. % 第一行对应 x1 序列的起始点，第二行对应 x2 序列的起始点
7. % 返回：
8. % y: 卷积和结果
9. % ny: 序列索引
10.
11. y = conv(x1, x2);
12. ny1 = flag(1, 1) + flag(2, 1); % 卷积结果的起始点
13. ny2 = flag(1, end) + flag(2, end); % 卷积结果的终点
14. ny = ny1:ny2; % 卷积的序列索引
15.
16. end
17.
18. %% 测试函数：mian.m
19. x = [3 11 7 0 -1 4 2];
20. h = [2 3 0 -5 2 1];
21. flag = [-3 3; -1 4]; % 说明 x 是从 -3 到 3，h 是从 -1 到 4
22. [y, ny] = myconv(x, h, flag);
23. stem(ny, y, 'fill'), grid on;
24. xlabel('n'), title('y(n)=h(n)*x(n)');
```

实验效果截图：



图五