



北京理工大学  
Beijing Institute of Technology

## 本科生实验报告

课程名称： 信号与线性系统

实验名称： 实验 4 连续时间系统的 s 域分析

任课教师：				实验教师：					
实验日期：				实验地点：					
实验类型：	<input checked="" type="checkbox"/> 原理验证			<input checked="" type="checkbox"/> 综合设计			<input checked="" type="checkbox"/> 自主创新		
学生姓名：			班级：			学号：			
学 院：	信息与电子学院				专 业：	电子信息工程（徐特立英才班）			
组 号：			同组同学：	（无需填写）					
成 绩：									



信息与电子学院

SCHOOL OF INFORMATION AND ELECTRONICS

## 实验 4 连续时间系统的 s 域分析

### 一、实验目的

1. 掌握用传递函数描述和仿真 LTI 系统的方法。
2. 掌握从时域和频域两个角度理解系统零、极点位置的影响，绘制零、极点分布图。

### 二、实验原理

#### 1. 拉普拉斯变换和逆变换

单边拉普拉斯变换和逆变换的公式分别为：

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \quad (1)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{\sigma-j\infty}^{\sigma+j\infty} F(s)e^{st} dt \times \varepsilon(t) \quad (2)$$

对于双边拉普拉斯变换，只需要将公式(1)中积分下限改为 $-\infty$ ，公式(2)改为双边信号即可。

#### 2. 由系统函数零、极点分布决定频域特性

$F(s)$ 可写为：

$$F(s) = \frac{N(s)}{D(s)} \quad (3)$$

方程 $N(s) = 0$ 的根为系统的零点，方程 $D(s) = 0$ 的根为系统的极点。

在  $s$  平面上用符号 $\times$ 表示极点位置，用符号 $\circ$ 表示零点位置，即可构成 $F(s)$ 的零极点图。 $F(s)$ 的各个极点决定了各响应分量的基本形式，并且 $F(s)$ 的各个极点不可能出现在收敛区间内。因此由零极点图中各个零极点所处的位置，可确定响应信号的时域波形。

在实际系统中共有四种滤波网络：低通、高通、带通、带阻。

本实验中可能用到的 MATLAB 函数及其功能如下表所示：

实验中可能用到的 matlab 函数及其功能

函数	功能	函数	功能
<code>laplace</code>	拉氏变换	<code>ilaplace</code>	拉氏逆变换
<code>pole</code>	计算系统极点	<code>Zero</code>	计算系统零点
<code>pzmap</code>	绘制零、极点	<code>tf2zp</code>	由传函计算零极点

### 三、 实验内容

#### 1. 利用部分分式展开法求下示函数的拉氏逆变换

$$H(s) = \frac{s^2 + 3}{(s^2 + 2s + 5)(s + 2)}$$

MATLAB 代码如下：

```
2. % 定义传递函数 H(s)
3. num = [1 0 3];
4. den = conv([1 2 5], [1 2]);
5.
6. % 部分分式展开求拉氏逆变换
7. [r, p, k] = residue(num, den)
```

运行结果如下图所示：

```
r =

    -0.2000 + 0.4000i
    -0.2000 - 0.4000i
     1.4000 + 0.0000i

p =

    -1.0000 + 2.0000i
    -1.0000 - 2.0000i
    -2.0000 + 0.0000i

k =

[]
```

图 1：运行结果

对上图所示结果稍加整理，可得 $H(s)$ 部分分式展开如下图所示：

$$H(s) = \frac{-0.4s-2}{s^2+2s+5} + \frac{1.4}{s+2} \quad (4)$$

从而写出拉式逆变换：

$$h(t) = \frac{7}{5}e^{-2t} \varepsilon(t) - \frac{2}{5}e^{-t}[\cos(2t) + 2 \sin(2t)] \varepsilon(t) \quad (5)$$

#### 2. 根据 $H(s)$ 零、极点分布图，讨论它们分别是哪种滤波网络（低通、高通、带通、带阻）

MATLAB 代码如下：

```
1. % 定义四个传递函数的零极点数据
2. data = struct('title', {'(e)', '(f)', '(g)', '(h)'}, ...
3.             'zeros', {[0], [-2i; 2i], [0; 0], [-2i; 2i]}, ...
4.             'poles', {[ -1-1i; -1+1i], [-2-1.5i; -2+1.5i], [-1-1i; -1+1i], [-1.5i; -1.5i]});
```

```

5. % 定义频率抽样点
6. omega = 0:0.01:100;
7. figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
8.
9. % 遍历四个传递函数
10. for id = 1:4
11.     [b,a] = zp2tf(data(id).zeros,data(id).poles,1); % 由零极点得到传递函数系数
12.     H = freqs(b,a,omega); % 计算响应
13.
14.     % 创建子图并绘制曲线
15.     subplot(4,1,id);
16.     semilogx(omega, abs(H), 'LineWidth', 2, 'Color', [0 0.4470 0.7410]);
17.     set(gca, 'YScale', 'log'); % 设Y轴为对数坐标
18.     grid on;
19.     title(data(id).title, 'FontWeight', 'bold');
20.     xlabel('\omega', 'FontWeight', 'bold');
21.     ylabel('|H(\omega)|', 'FontWeight', 'bold');
22.     xlim([min(omega), max(omega)]);
23. end
24. sgtitle('传递函数幅频响应特性');

```

根据 $H(s)$ 零、极点分布图，可分别画出四个系统的幅频响应曲线：

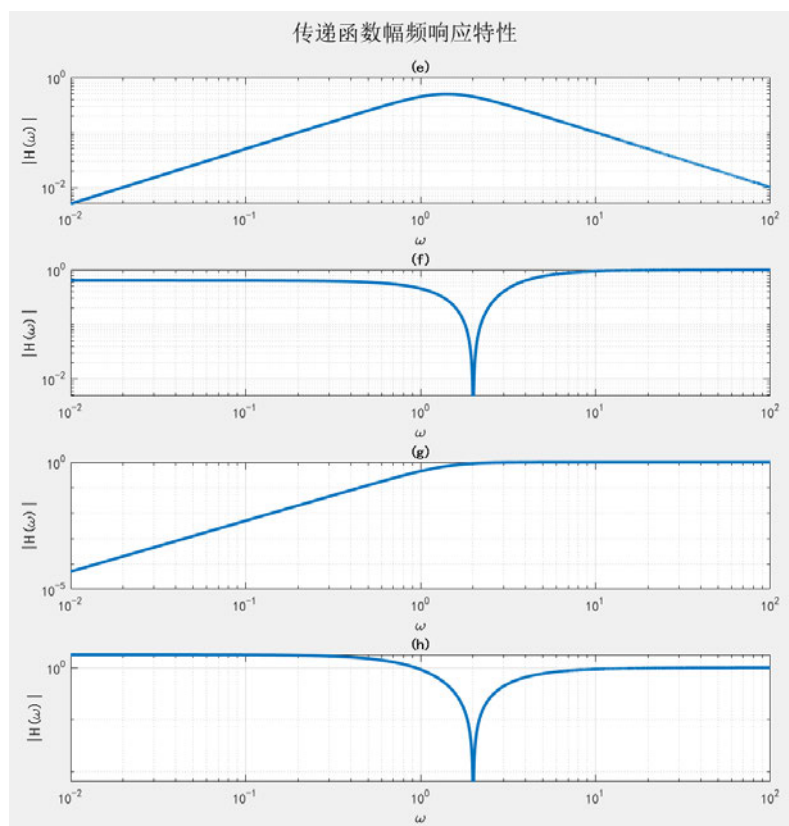


图 2：传递函数的幅频特性曲线

由上述幅频特性曲线可知，e、f、g、h 分别是带通、带阻、高通、带阻滤波网络。