

国家精品课程/ 国家精品资源共享课程/ 国家级精品教材

国家级十一(二)五规划教材/ 教育部自动化专业教学指导委员会牵头规划系列教材

控制系统仿真与CAD

# 第五章 线性系统的计算机辅助分析

## 线性系统的数值仿真分析(下)

Numerical Simulation of Linear Control Systems (II)



主讲：薛定宇教授



# 任意输入系统的时域响应

## ➤ 任意输入的时域响应 lsim

➤ 介绍系统辨识时使用过

➤ 调用格式

$\text{lsim}(G, u, t)$

$y = \text{lsim}(G, u, t)$

➤ 输入信号的表示——列向量构成的矩阵



## 例5-23 多变量系统任意输入响应

➤ 多变量系统

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{0.1134e^{-0.72s}}{1.78s^2 + 4.48s + 1} & \frac{0.924}{2.07s + 1} \\ \frac{0.3378e^{-0.3s}}{0.361s^2 + 1.09s + 1} & \frac{-0.318e^{-1.29s}}{2.93s + 1} \end{bmatrix}$$

➤ 输入信号

$$u_1(t) = 1 - e^{-t} \sin(3t + 1), u_2(t) = \sin(t) \cos(t + 2)$$

➤ MATLAB 求解

```
>> g11=tf(0.1134,[1.78 4.48 1],'ioDelay',0.72); g12=tf(0.924,[2.07 1]);  
g21=tf(0.3378,[0.361 1.09 1],'ioDelay',0.3);  
g22=tf(-0.318,[2.93 1],'ioDelay',1.29);  
G=[g11, g12; g21, g22]; t=[0:.1:15]';  
u=[1-exp(-t).*sin(3*t+1),sin(t).*cos(t+2)]; lsim(G,u,t);
```



# 非零初始条件下系统的时域响应

- 线性系统满足叠加原理
- 零初始条件问题 `lsim` 求解
- 非零初始条件、零输入系统的 `initial` 函数

$$[y, t] = \text{initial}(G, x_0, t_f)$$

- 叠加原理：将两个响应加起来即为所需



## 例5-24 任意输入非零初值的响应

➤ 状态方程

$$\begin{cases} \dot{\mathbf{x}}(t) = \begin{bmatrix} -19 & -16 & -16 & -19 \\ 21 & 16 & 17 & 19 \\ 20 & 17 & 16 & 20 \\ -20 & -16 & -16 & -19 \end{bmatrix} \mathbf{x}(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} u(t) \\ y(t) = [2, 1, 0, 0] \mathbf{x}(t) \end{cases}$$

➤ 输入信号  $u(t) = 2 + 2e^{-3t} \sin 2t$  , 初始状态  $\mathbf{x}^T(0) = [0, 1, 1, 2]$

➤ MATLAB 求解



```
>> A=[-19,-16,-16,-19; 21,16,17,19;  
      20,17,16,20; -20,-16,-16,-19];  
B=[1; 0; 1; 2]; C=[2 1 0 0]; G=ss(A,B,C,0);  
x0=[0; 1; 1; 2]; [y1,t]=initial(G,x0,10);  
u=2+2*exp(-3*t).*sin(2*t); y2=lsim(G,u,t); plot(t,y1+y2)
```



# 线性系统的数值仿真小结

- 线性系统的阶跃响应与脉冲响应
  - 阶跃响应 step 函数，脉冲响应 impulse 函数
  - 可以处理任意的线性模型：连续、离散、多变量、单变量、延迟与内部延迟、传递函数、状态方程、零极点，均可以统一求解
  - 可以同时绘制多个系统的响应，进行比较
- 线性系统任意输入的时域响应：lsim 函数
- 非零初值下系统的响应 initial 函数



