



北京化工大学
Beijing University of Chemical Technology

信号与系统

第一章 信号与系统基本概念

主讲教师：袁洪芳

目录

CONTENTS



- 1 信号的定义、分类和典型信号
- 2 信号的基本运算
- 3 典型信号之奇异信号
- 4 信号的卷积运算
- 5 系统的定义、分类和描述
- 6 应用matlab分析信号的基础





5

系统的定义描述和分类

- 系统的定义
- 系统的描述
- 系统的分类
- 连续线性时不变系统
- 离散线性移不变系统

5.1 系统的定义

系统的定义：由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有稳定功能的整体

太阳系

通信系统

手机
终端设备

天线话筒
等部件

话筒中的语
音采集部分

放大模块
滤波模块

电系统

具有特殊的重要地位，某个电路的输入、输出是完成某种功能，

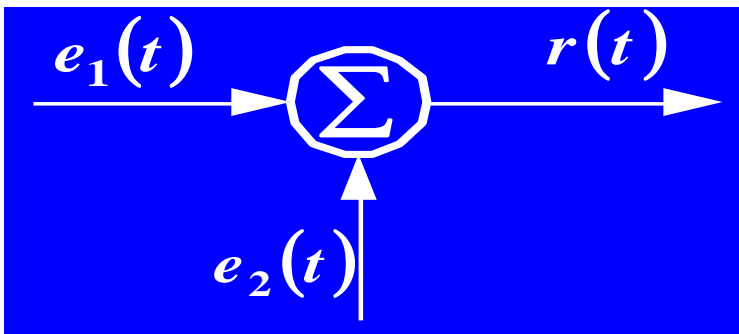
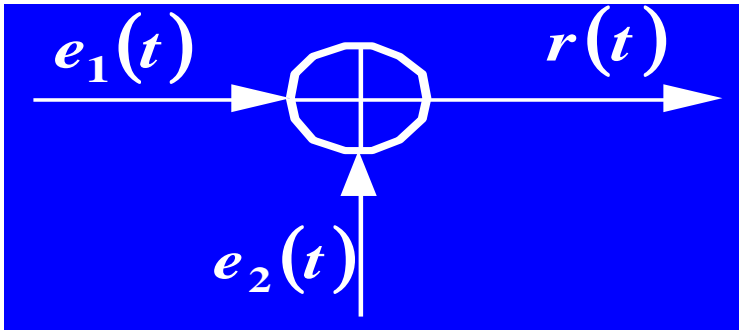
例如微分电路、积分电路、放大电路都是一个系统

系统模型：系统物理特性的数学抽象 表示方法有**数学表达式**和**系统图**。

5.2 系统描述—框图和数学模型

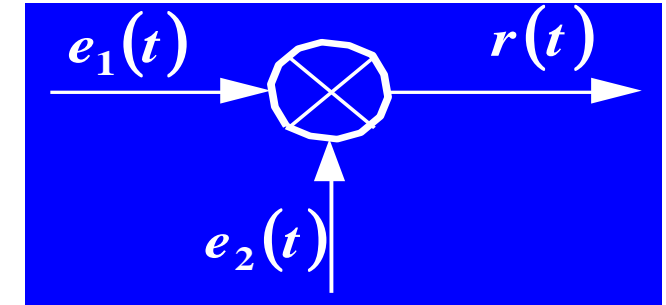
1、加法器

$$r(t) = e_1(t) + e_2(t)$$



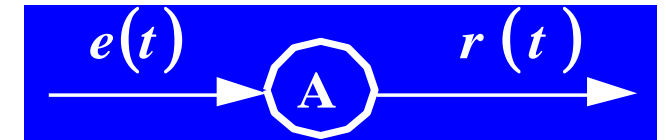
2、乘法器

$$r(t) = e_1(t) \cdot e_2(t)$$



3、比例器

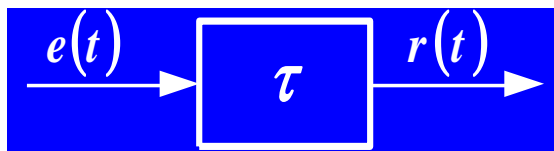
$$r(t) = Ae(t)$$



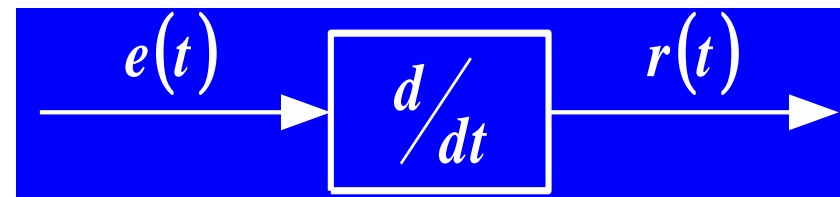
5.2 系统描述—框图和数学模型

4、延时器

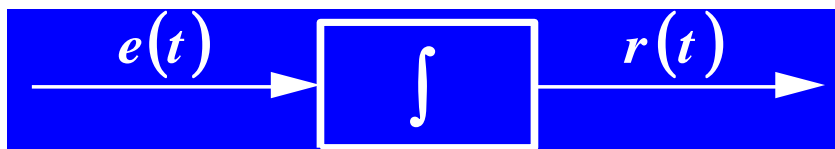
$$r(t) = e(t - \tau)$$



5、微分器 $r(t) = \frac{de(t)}{dt}$



6、积分器 $r(t) = \int_{-\infty}^t e(t)dt$



5.2 系统描述—框图和数学模型

用微分方程表示系统的输入输出数学模型

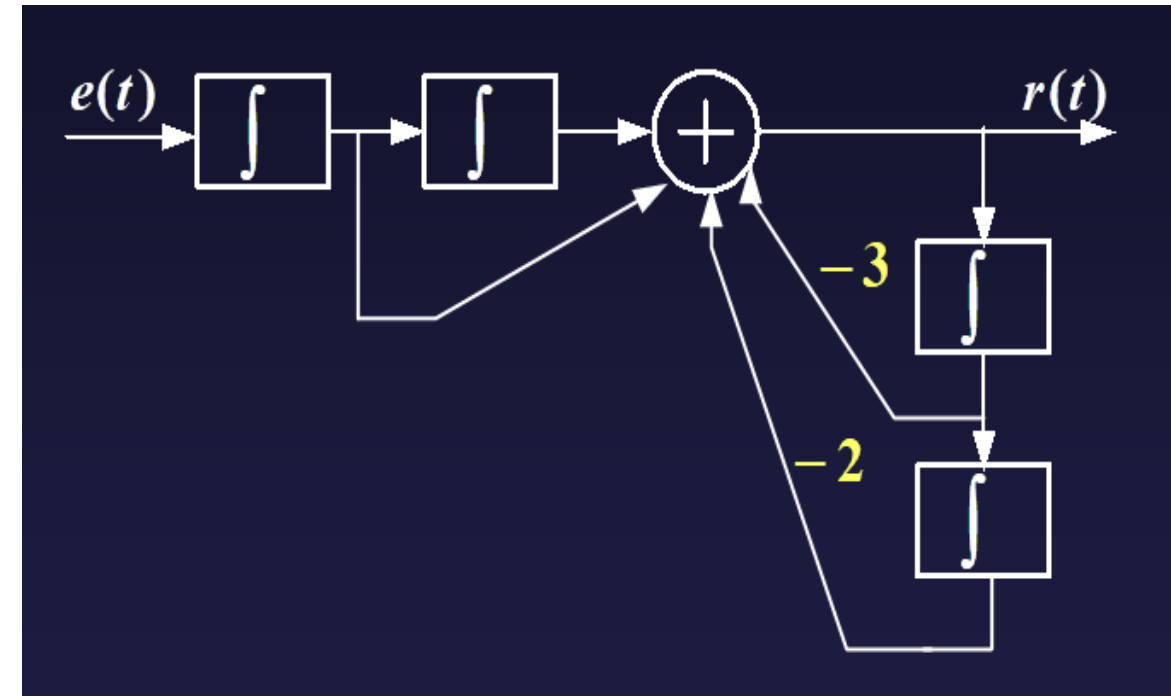
方程左端只保留输出的最高阶导数项

$$\frac{d^2 r(t)}{dt^2} = -3 \frac{dr(t)}{dt} - 2r(t) + \frac{de(t)}{dt} + e(t)$$

方程两端同时进行两次积分后

$$r(t) = -3 \int r(t) dt - 2 \iint r(t) dt + \int e(t) dt + \iint e(t) dt$$

$$\frac{d^2 r(t)}{dt^2} + 3 \frac{dr(t)}{dt} + 2r(t) = \frac{de(t)}{dt} + e(t)$$



5.3 系统分类



$\left\{ \begin{array}{l} \text{连续时间系统} \text{——} \text{微分方程} \\ \text{离散时间系统} \text{——} \text{差分方程} \\ \text{混合系统} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{集总参数系统:} \quad \text{常微分方程 } (t) \\ \text{分布参数系统:} \quad \text{偏微分方程 } (t, x, y, z) \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{即时系统(非记忆系统)} \text{——} \text{代数方程} \\ \text{动态系统(记忆系统)} \text{——} \text{微分方程或差分方程} \end{array} \right.$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{因果系统} \\ \text{非因果系统} \end{array} \right.$ 若系统某时刻的响应只与此时刻及以前的输入有关则为因果系统
微分方程 $r(t) = e(t) + e(t-2)$ 代表的系统是否是因果系统。

$\left\{ \begin{array}{l} \text{可逆系统} \\ \text{不可逆系统} \end{array} \right.$ 若系统在不同的激励信号作用下产生不同的响应则为可逆系统
微分方程 $r(t) = \cos[e(t)]$ 代表的系统是否是可逆系统。

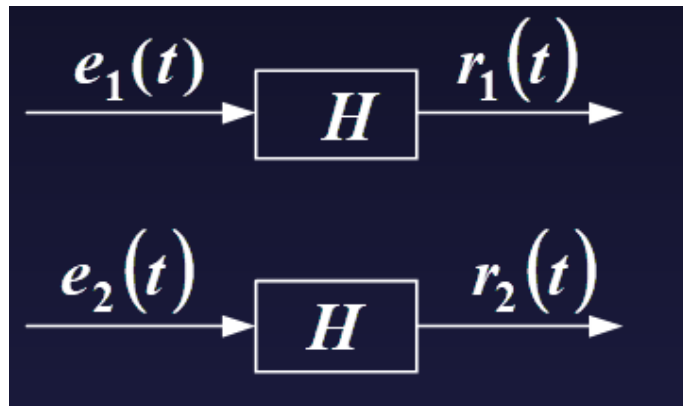
5.4 线性时不变系统——系统线性

线性系统的定义：有线性特性的系统。

线性包括：均匀性和叠加性

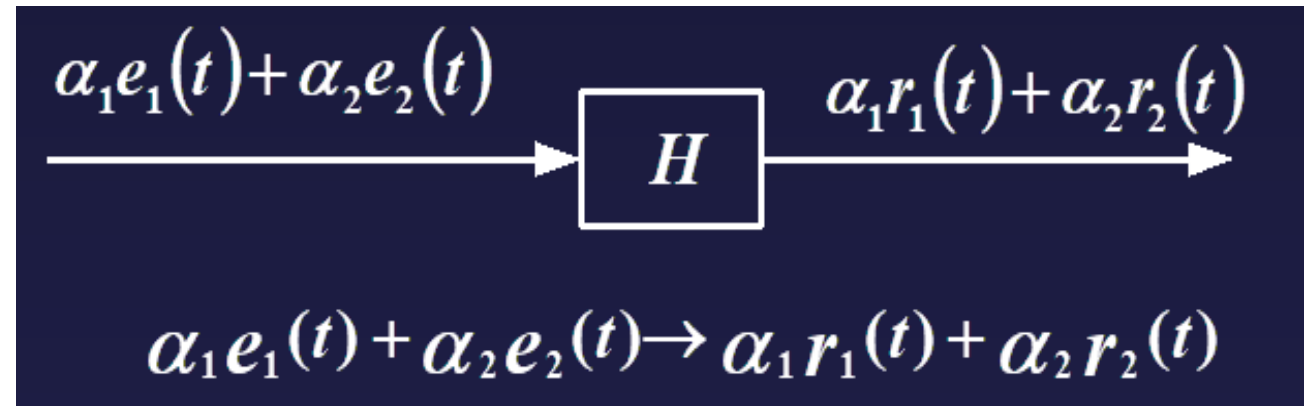
1、均匀性

$$e(t) \rightarrow r(t) \Rightarrow ke(t) \rightarrow kr(t)$$



2、叠加性 $e_1(t) \rightarrow r_1(t) \quad e_2(t) \rightarrow r_2(t)$

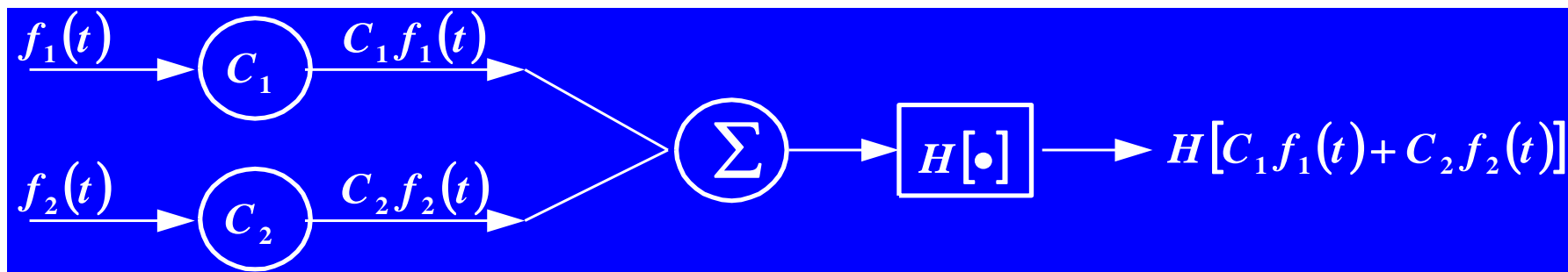
$$\Rightarrow e_1(t) + e_2(t) \rightarrow r_1(t) + r_2(t)$$



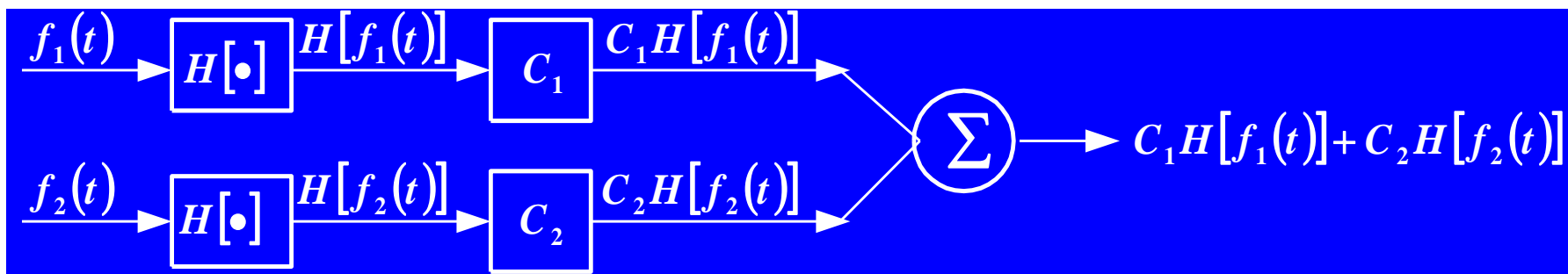
5.4 线性系统的判断方法

线性系统的判断方法： 先线性运算再经过系统=先经过系统再线性运算

先线性运算
再通过系统



先通过系统
再线性运算



如果 $H[C_1f_1(t) + C_2f_2(t)] = C_1H[f_1(t)] + C_2H[f_2(t)]$ ，则 $H[\cdot]$ 是线性系统

5.4 线性时不变系统—系统时变性

时不变性系统的定义：有一个系统，在零初始条件下，其输出响应与输入信号施加于系统的时间起点无关，称为非时变系统，否则称为时变系统。

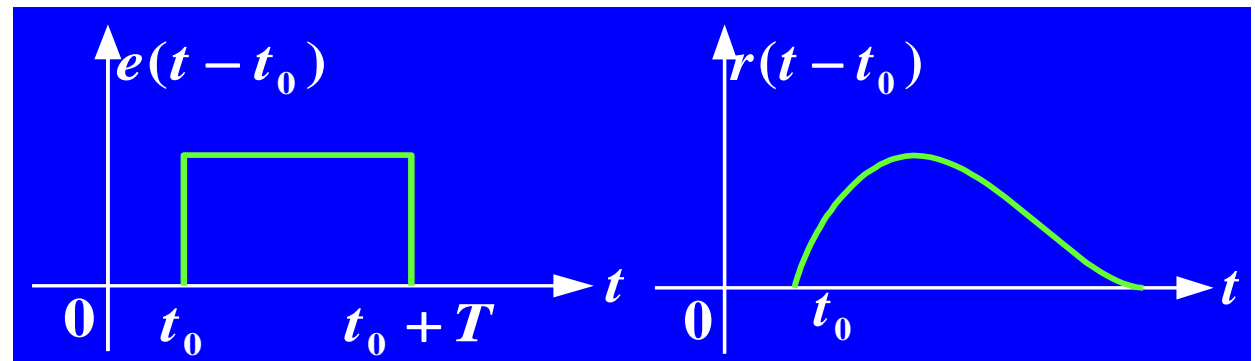
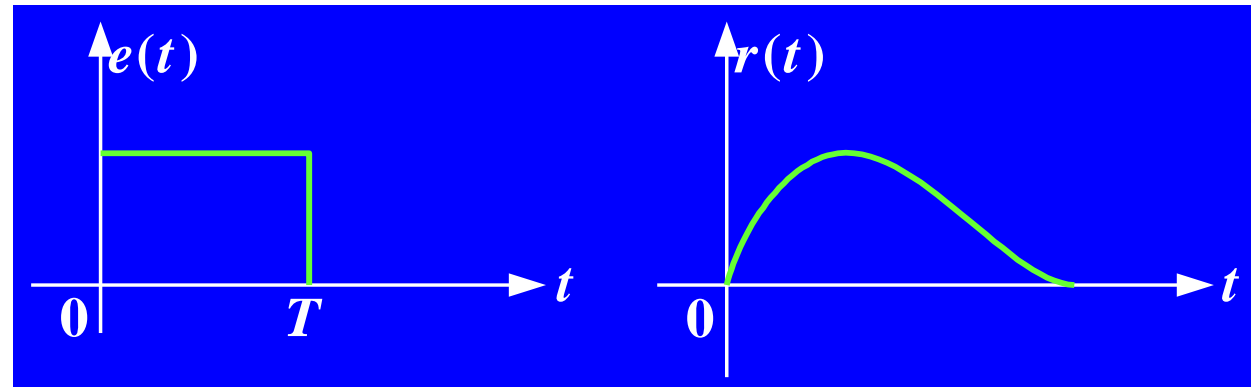
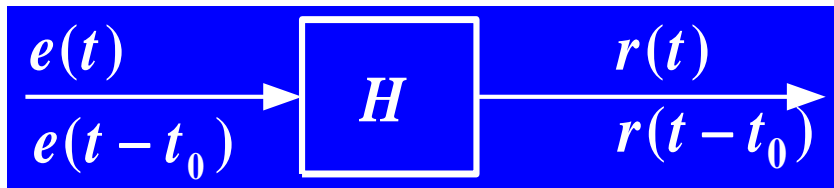
从电路分析上看：

元件的参数值是否随时间而变

从系统方程上看：

方程的系数是否随时间而变

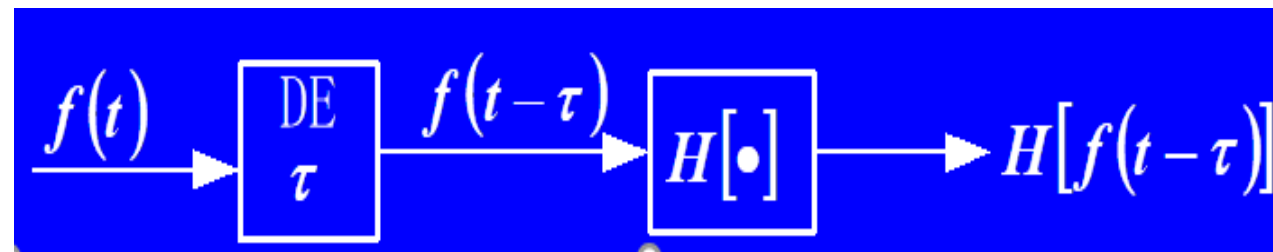
从输入输出关系上看



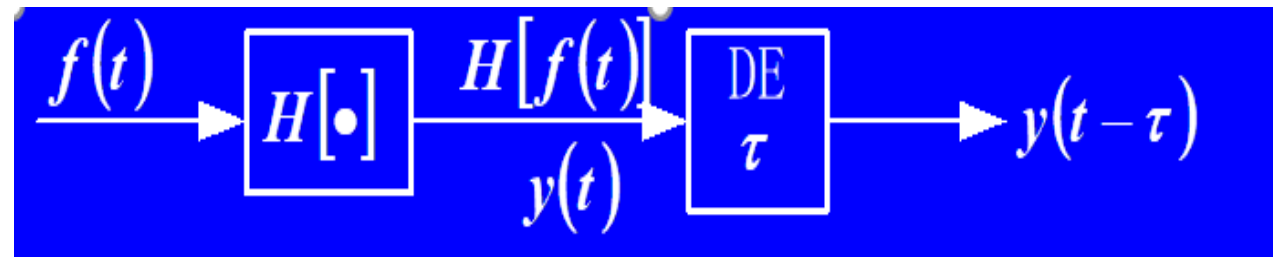
5.4 时不变系统的判断方法

时不变的判断方法： 先时移运算再经过系统=先经过系统再时移运算

先移位运算
再通过系统



先通过系统
再时移运算



如果 $H[f(t - \tau)] = y(t - \tau)$ 则 $H[\bullet]$ 是时不变系统

5.4 线性时不变系统的判断——例题

例5.1 判断该微分方程所对应的系统是否为线性系统？ $\frac{dr(t)}{dt} + 10r(t) + 5 = e(t) \quad t > 0$

信号 $e(t)$ 作用系统，响应为 $r(t)$

当 $Ae(t)$ 作用于系统时，若此系统具有线性

均匀性判断

$$\frac{dAr(t)}{dt} + 10Ar(t) + 5 = Ae(t) \quad t > 0 \quad (1)$$

原方程两端乘 A

$$A \left[\frac{dr(t)}{dt} + 10r(t) + 5 \right] = Ae(t) \quad t > 0 \quad (2)$$

式 (1) (2) 不相等，系统不满足均匀性

5.4 线性时不变系统的判断——例题

例5.1 判断该微分方程所对应的系统是否为线性系统？ $\frac{dr(t)}{dt} + 10r(t) + 5 = e(t) \quad t > 0$

叠加性判断

信号 $e(t)$ 作用系统，响应为 $r(t)$

$$\frac{dr_1(t)}{dt} + 10r_1(t) + 5 = e_1(t) \quad t > 0 \quad (3) \quad \frac{dr_2(t)}{dt} + 10r_2(t) + 5 = e_2(t) \quad t > 0 \quad (4)$$

$$\frac{d}{dt}[r_1(t) + r_2(t)] + 10[r_1(t) + r_2(t)] + 10 = e_1(t) + e_2(t) \quad t > 0 \quad (6)$$

$$\frac{d}{dt}[r_1(t) + r_2(t)] + 10[r_1(t) + r_2(t)] + 5 = e_1(t) + e_2(t) \quad t > 0 \quad (5)$$

式 (5) (6) 不相等，系统不满足叠加性

5.4 线性时不变系统的判断——例题

例5.2 判断该微分方程所对应的系统是否为时不变系统？

$$\text{系统1: } r(t) = \cos e(t) \quad t > 0 \quad \text{系统2: } r(t) = e(t) \cdot \cos t \quad t > 0$$

系统1的作用是对输入信号作余弦运算

$$(1) \quad e(t) \xrightarrow{\text{时移 } t_0} e(t - t_0) \xrightarrow{\text{经过系统}} r_{11}(t) = \cos[e(t - t_0)] \quad t > 0$$

$$(2) \quad e(t) \xrightarrow{\text{经过系统}} \cos[e(t)] \xrightarrow{\text{时移 } t_0} r_{12}(t) = \cos[e(t - t_0)] \quad t > 0$$

$$r_{11}(t) = r_{12}(t) \quad \text{此系统为时不变系统}$$

5.4 线性时不变系统的判断——例题

例5.2 判断该微分方程所对应的系统是否为时不变系统？

$$\text{系统1: } r(t) = \cos e(t) \quad t > 0 \quad \text{系统2: } r(t) = e(t) \cdot \cos t \quad t > 0$$

系统2的作用是对输入信号乘以 $\cos(t)$

$$(1) e(t) \xrightarrow{\text{时移 } t_0} e(t - t_0) \xrightarrow{\text{经过系统}} r_{21}(t) = e(t - t_0) \cos t \quad t > 0$$

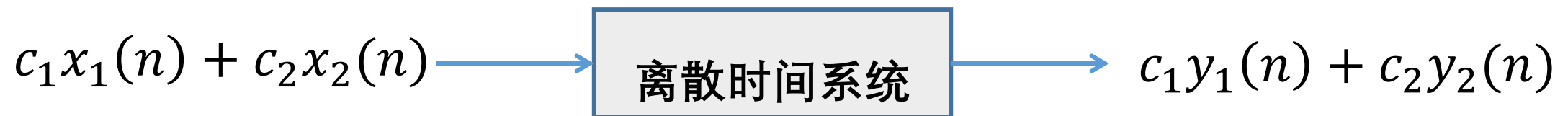
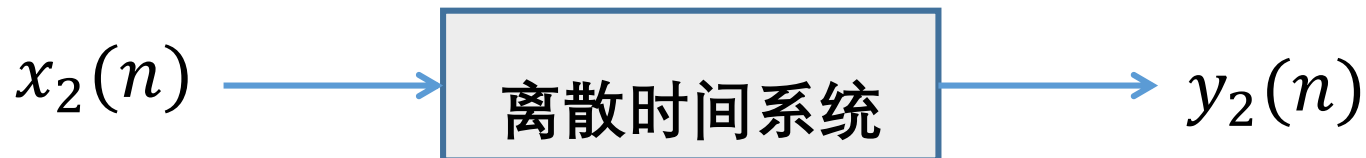
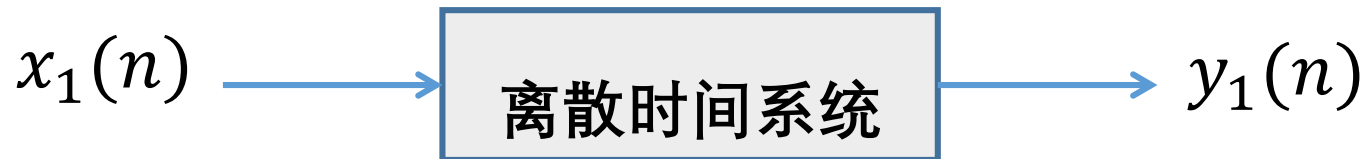
$$(2) e(t) \xrightarrow{\text{经过系统}} e(t) \cos t \xrightarrow{\text{时移 } t_0} r_{22}(t) = e(t - t_0) \cos(t - t_0) \quad t > 0$$

$$r_{21}(t) \neq r_{22}(t) \quad \text{此系统为时变系统。}$$

5.5 线性移不变系统——离散系统

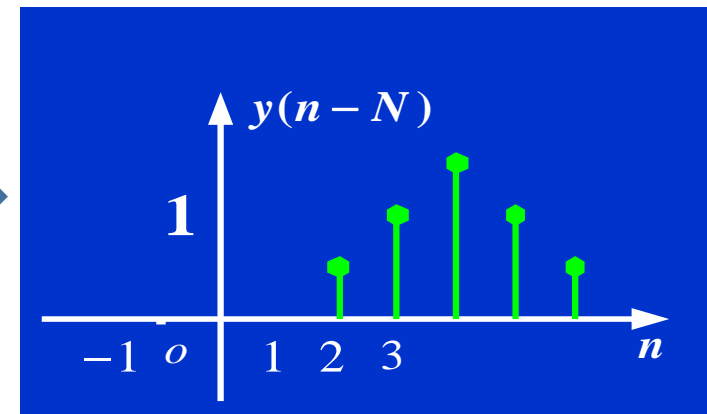
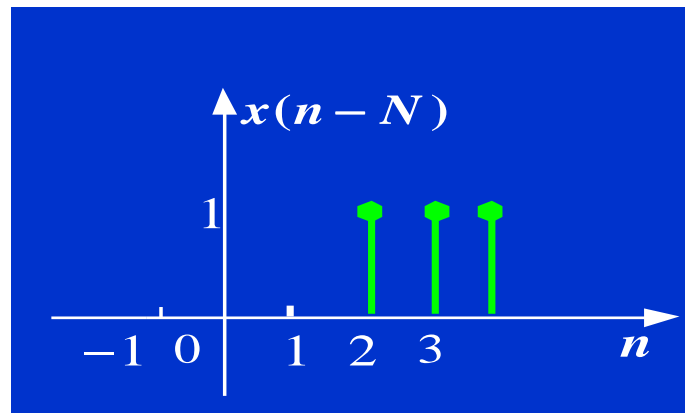
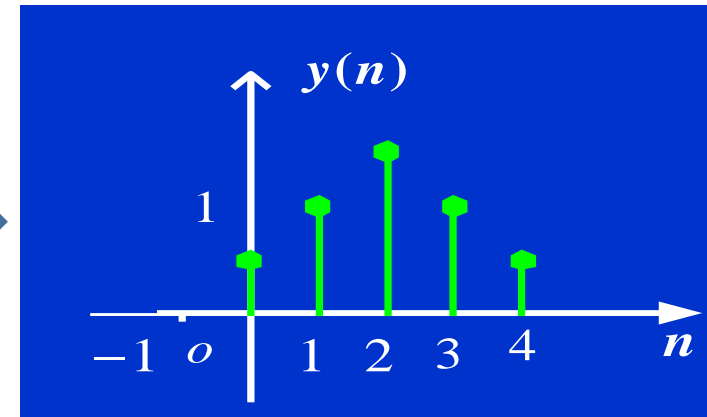
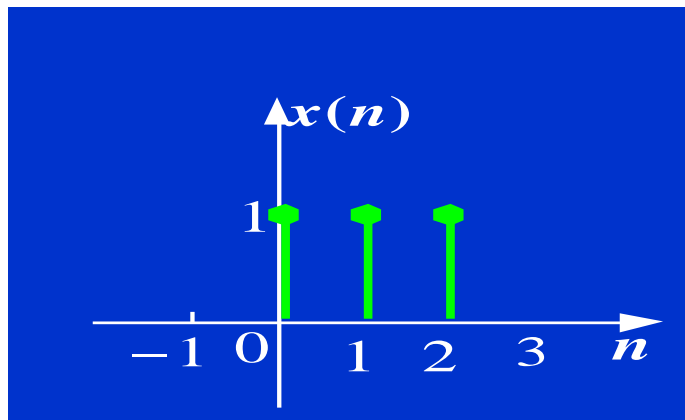
差分方程的一般形式：

$$\sum_{k=0}^n a_k y(n-k) = \sum_{r=0}^M b_r x(n-r)$$



5.5 离散系统——系统的移不变性

$x(n) \rightarrow y(n)$, $x(n - N) \rightarrow y(n - N)$ 整个序列右移 N 位



5.6 本讲小结

