



信号来源

❖ 采样概念

(a) 32 ms

(b) 256 samples

2019/3/6 数字信号处理 北京航空航天大学 2

信号表示

❖ 采样周期与频率

$x[n]$

$x[0]$

$x[-3]$ $x[-2]$ $x[-1]$ $x[1]$ $x[2]$ $x[3]$ $x[4]$ $x[5]$ $x[6]$ $x[7]$ $x[8]$

-3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 n

$-3T$ $-2T$ $-T$ 0 T $2T$ $3T$ $4T$ $5T$ $6T$ $7T$ $8T$ $t=nT$

2019/3/6 数字信号处理 北京航空航天大学 3

信号表示

❖ 表示方法

- 集合
- 公式
- 图形
- 表格

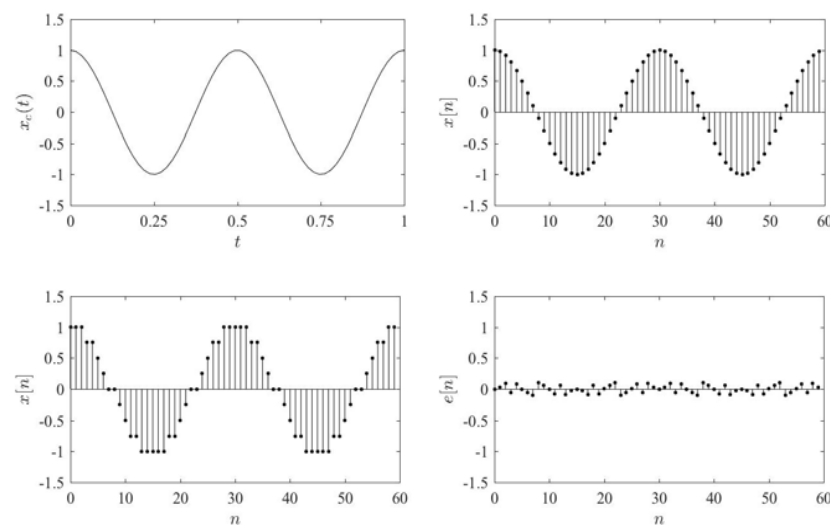
2019/3/6 数字信号处理 北京航空航天大学 4

信号分类

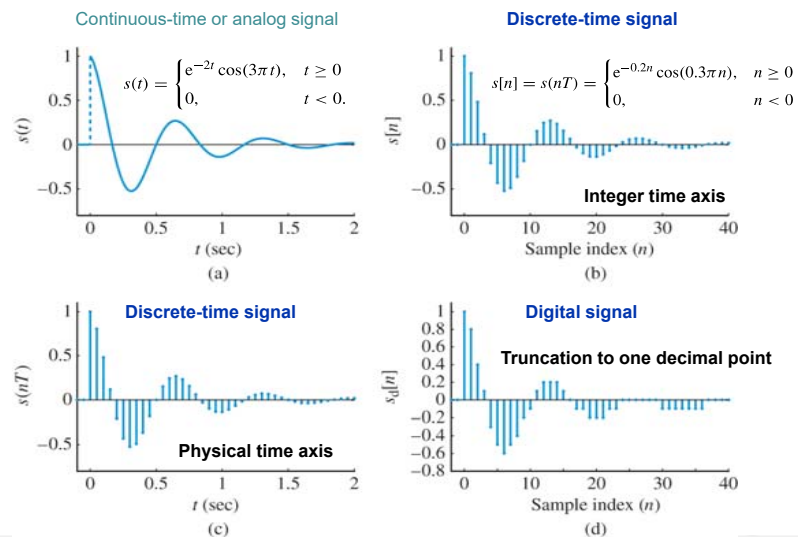
❖ 信号类型

- 模拟信号
- 离散时间信号
- 数字信号
- 量化误差

信号分类



信号分类



常用序列

❖ 基本序列

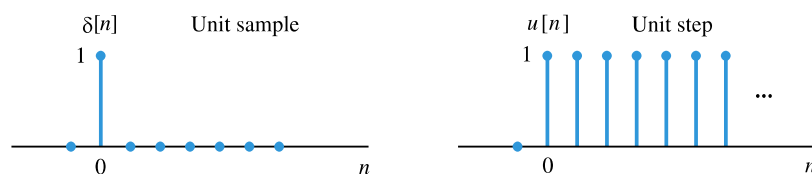
- 单位脉冲
- 单位阶跃
- 矩形序列
- 指数序列
- 正弦型序列

❖ 单位序列

➤ 单位脉冲

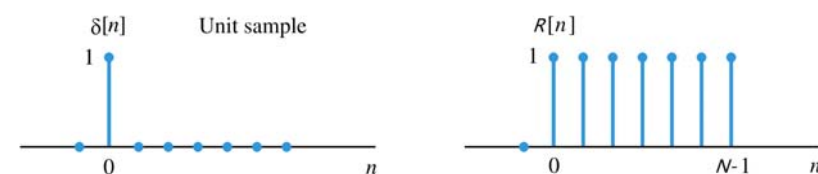
➤ 单位阶跃

➤ 二者关系



❖ 矩形序列

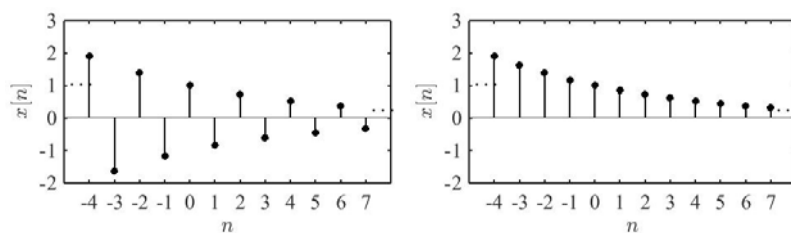
➤ 表示形式

➤ 与 $\delta[n]$ 的关系➤ 与 $u[n]$ 的关系

❖ 指数序列

➤ 序列形式

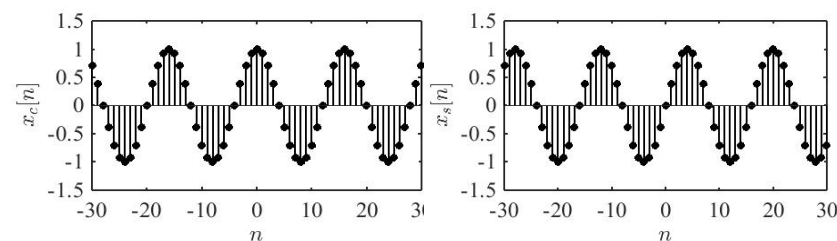
➤ 收敛特性



❖ 复指数-正弦序列关系

➤ 基本形式

➤ 相互转换

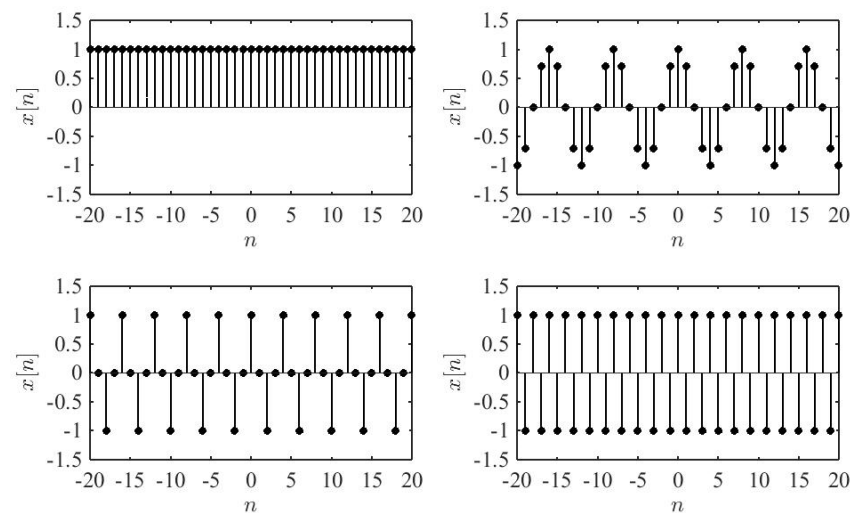


常用序列

❖ 复指数/正弦序列

- 周期序列概念
- 时域周期 N
- 频域周期 2π
- 数字周期的特殊性

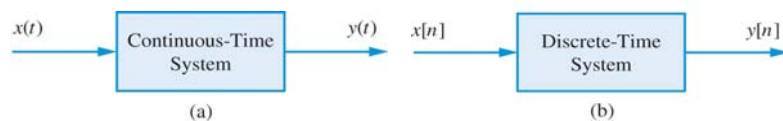
常用序列



离散时间系统

❖ 系统概念

- 模拟系统
- 离散时间系统
- 数字系统



离散时间系统

❖ 系统的“四性”

- 线性
- 时不变性
- 因果性
- 稳定性

❖ 线性

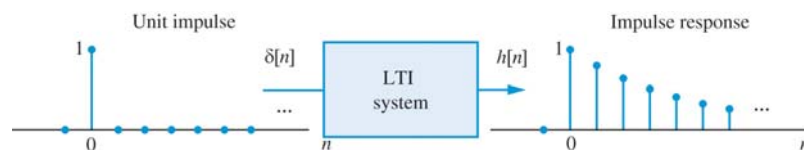
- 叠加定理
- 公式描述
- 系统判定

❖ 时不变特性

- 移位概念
- 公式描述
- 系统判定

❖ LTI系统

- LTI概念
- 卷积描述



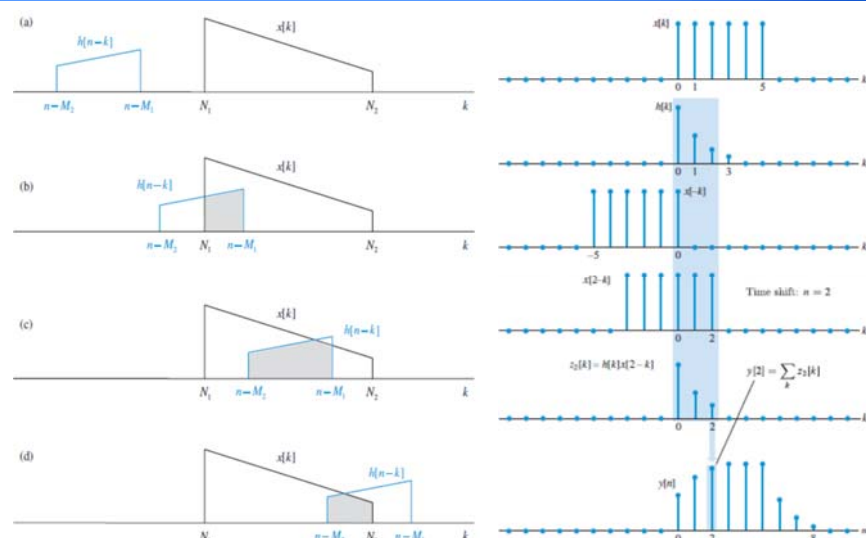
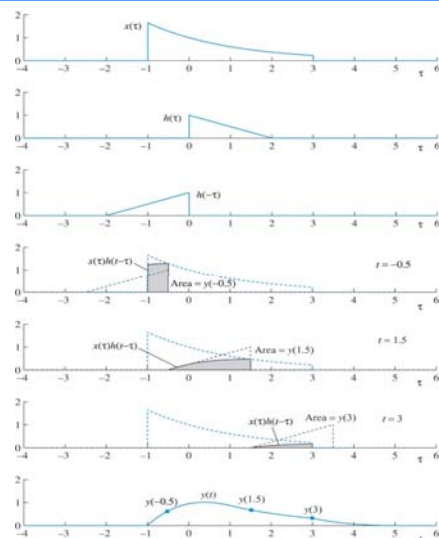
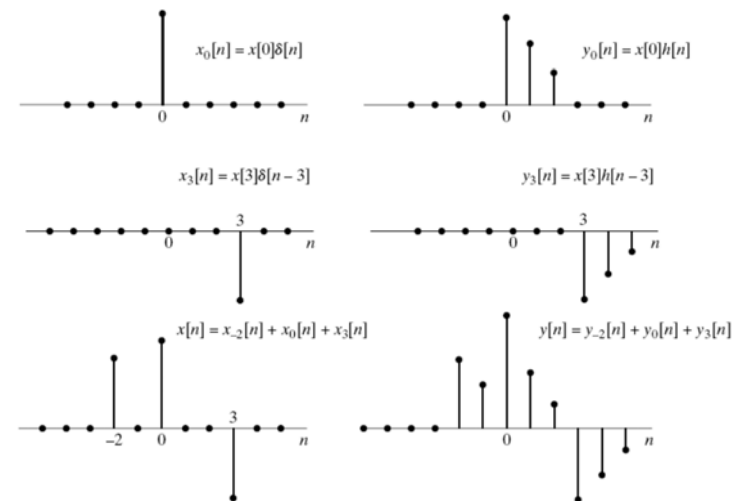
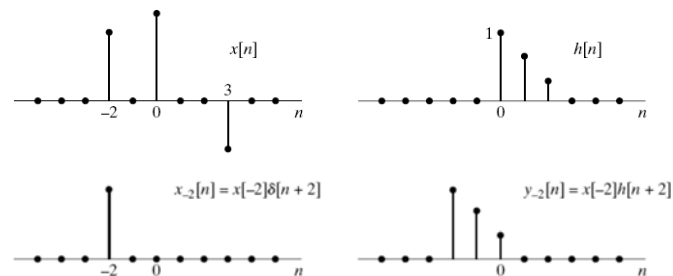
❖ 描述方法

- 线性卷积
- 差分方程（以后章节）
- 频域描述（以后章节）

❖ 线性卷积

➤ 卷积要求

➤ 计算方法



❖ 卷积解析计算实例

➤ 要求:

$$x(n) = a^n u(n), \quad h(n) = R_4(n)$$

➤ 求解:

$$n < 0, \quad y(n) = 0$$

$$0 \leq n \leq 3, \quad 0 \leq m \leq n, \quad y(n) \neq 0$$

$$y(n) = \sum_{m=0}^n R_4(m) a^{n-m} u(n-m) = \sum_{m=0}^n a^{n-m} = a^n \frac{1-a^{-n-1}}{1-a^{-1}}$$

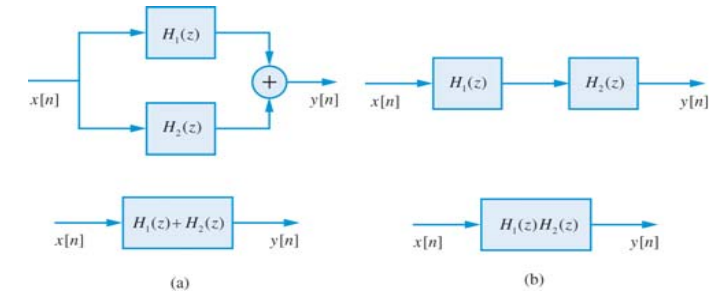
$$n \geq 4, \quad 0 \leq m \leq 3, \quad y(n) \neq 0$$

$$y(n) = \sum_{m=0}^n R_4(m) a^{n-m} u(n-m) = \sum_{m=0}^3 a^{n-m} = a^n \frac{1-a^{-4}}{1-a^{-1}}$$

❖ LTI系统的连接

➤ 并联/串联

➤ 等效形式



第2次作业

❖ 课后习题:

1.2、1.3、1.6、1.10(1)、1.11(1)-(4)

❖ 补充作业:

从信号概念、连续特性、周期性质等多个方面讨论信号 $x_c(t) = 5\sin(\pi t/4)$, $t \in \mathbb{R}$ 和 $x[n] = 5\sin(\pi n/4)$, $n \in \mathbb{Z}$ 的典型区别。

离散时间系统

❖ 因果性

➤ 基本含义

➤ 充要条件

➤ 系统判定

❖ 稳定性

- 基本含义
- 充要条件
- 系统判定

❖ 充要条件证明:

- 充分条件

$$|y[n]| = \left| \sum_{m=0}^{\infty} h[m]x[n-m] \right| \leq \sum_{m=0}^{\infty} |h[m]x[n-m]| \leq p \sum_{m=0}^{\infty} |h[m]| < \infty$$

- 必要条件 (反证法)

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |h[n]| = \infty \quad x[-n] = \begin{cases} 1 & h[n] \geq 0 \\ -1 & h[n] < 0 \end{cases} \quad |x[n]| = 1 < \infty$$

$$y[0] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k]x[n-k] \Big|_{n=0} = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h[k]x[-k] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} |h[k]| = \infty$$

❖ 差分方程

- 数学描述
- 前向差分
- 反向差分
- 对比卷积

❖ 数学描述

- 基本形式

$$\sum_{i=0}^M b_i x[n-i] = \sum_{i=0}^N a_i y[n-i]$$

- 微分方程

❖ 差分形式

➤ 前向差分

$$y[n] = \sum_{i=0}^M b_i x[n-i] - \sum_{i=1}^N a_i y[n-i] \quad a_0 = 1$$

➤ 反向差分（介绍）

$$y[n-N] = \sum_{i=0}^M b_i x[n-i] - \sum_{i=0}^{N-1} a_i y[n-i] \quad a_N = 1$$

❖ 递推求解

➤ 基本形式

$$y[n] = \sum_{i=0}^M b_i x[n-i] - \sum_{i=1}^N a_i y[n-i] \quad a_0 = 1$$

➤ 初始条件

$$x[n], x[n-1], \dots, x[n-M], y[n-1], y[n-2], \dots, y[n-N]$$

➤ 递推求解

❖ 差分实例

➤ 基本形式 $y(n) = ay(n-1) + x(n)$

➤ 初始条件 $x(n) = \delta(n), y(-1) = 1$

➤ 递推求解

$$\begin{aligned} n=0 & \quad y(0) = ay(-1) + \delta(0) = a+1 \\ n=1 & \quad y(1) = ay(0) + \delta(1) = a(a+1) \\ n=2 & \quad y(2) = ay(1) + \delta(2) = a^2(a+1) \\ & \quad \vdots \\ & \quad y(n) = ay(n-1) + \delta(n) = a^n(a+1)u(n) \end{aligned}$$

❖ 离散时间信号

➤ 数学描述

➤ 数字信号

➤ 判别系统

➤ 典型序列

❖ LTI系统

➤ 周期序列

➤ 线性卷积

❖ 离散时间系统

➤ 差分方程

➤ 系统“四性”

➤ 数值计算

第3次作业

❖ 课后习题:

1.5、1.13、1.14

❖ 补充作业:

针对输入为 $x[n]$ 、输出为 $y[n]$ 、单位脉冲响应为 $h[n]$ 的线性时不变系统，从表示形式、实际用途等方面简述线性卷积和差分方程的区别与联系。

