

第一章 离散时间信号与系统

Discrete-time signals and systems

《数字信号处理》

1.1

离散时间信号 —— 序列

1.2

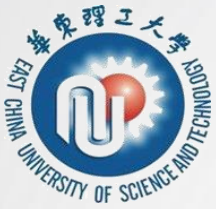
离散时间系统

1.3

常系数线性差分方程

1.4

连续时间信号的抽样



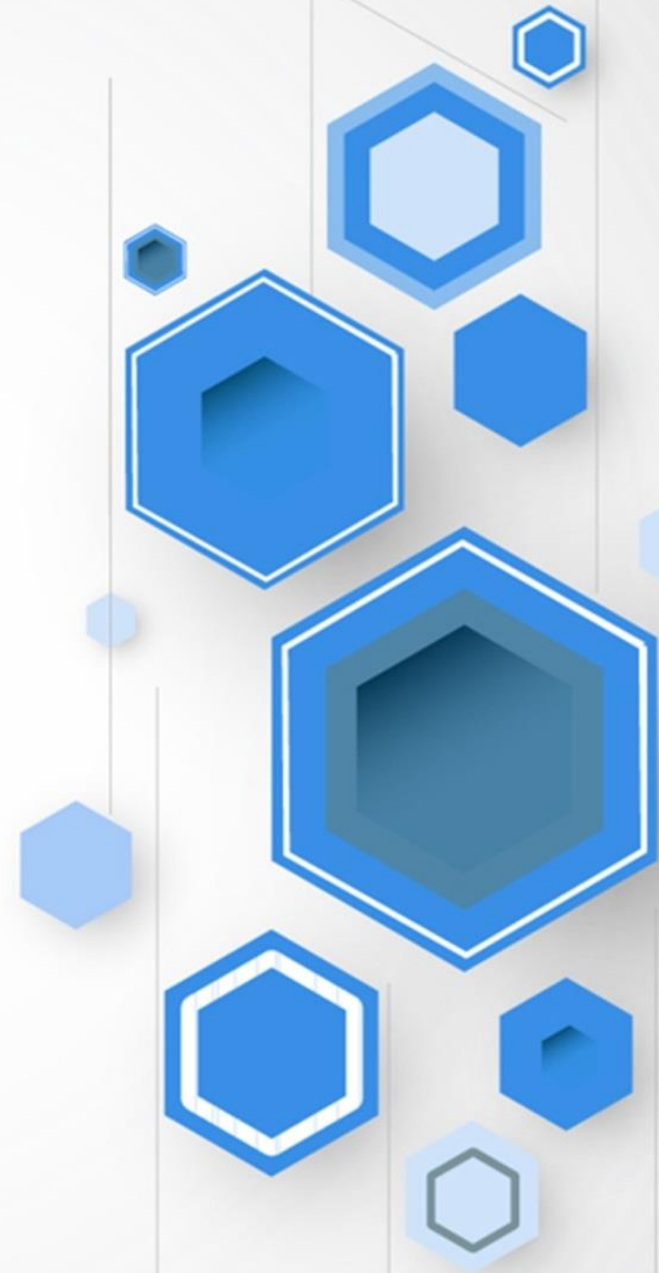
第一章 离散时间信号与系统

Discrete-time signals and systems

1.2 离散时间系统

离散时间系统的线性性质

华东理工大学信息科学与工程学院 万永菁



◆ 线性系统——满足叠加原理的系统

Superposition principle

Linear system

(1) 可加性 *Additivity property*

设 $y_1(n)=T[x_1(n)]$, $y_2(n)=T[x_2(n)]$

如果 $T[x_1(n)+x_2(n)]=T[x_1(n)]+T[x_2(n)]=y_1(n)+y_2(n)$

说明系统 $T[\cdot]$ 满足可加性。

(2) 比例性(齐次性) *Scaling property / homogeneity*

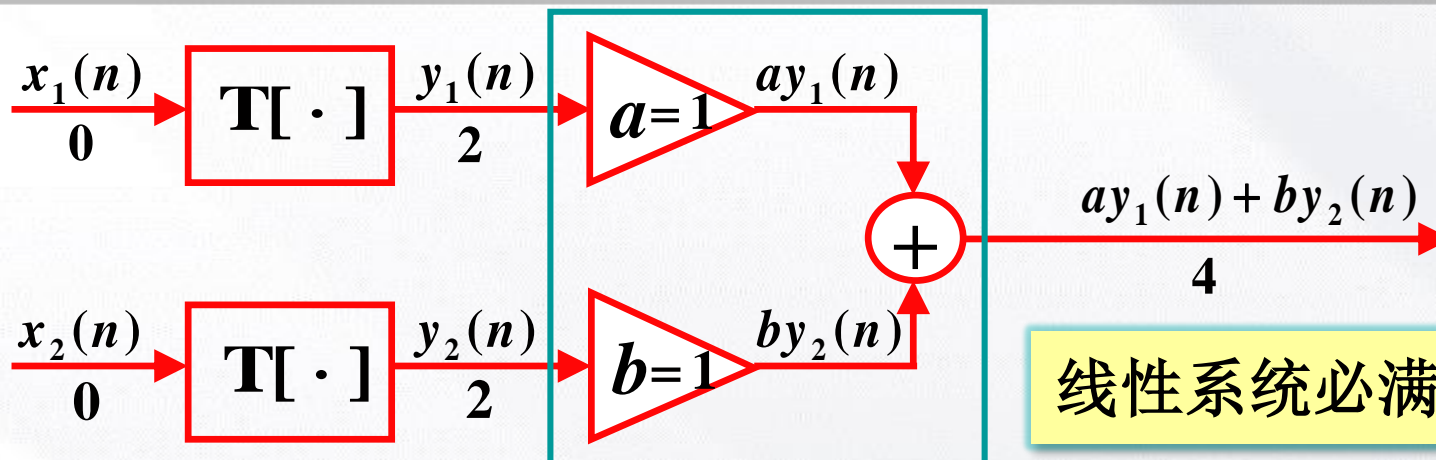
设 $y_1(n)=T[x_1(n)]$

如果 $T[a_1x_1(n)]=a_1T[x_1(n)]=a_1y_1(n)$

说明系统 $T[\cdot]$ 满足比例性或齐次性。

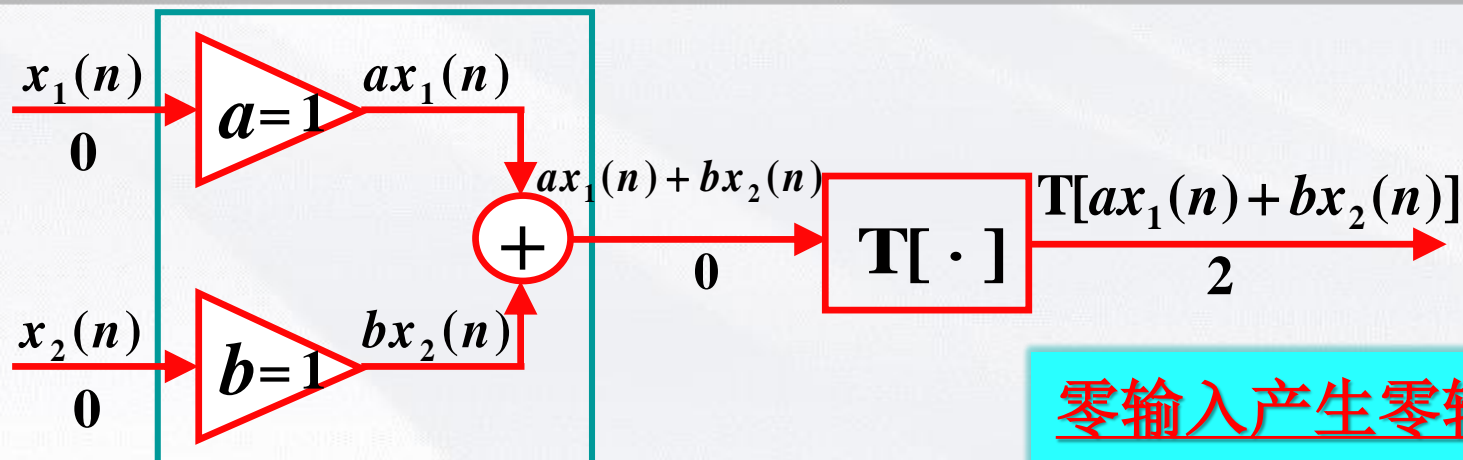
线性系统

$$T\left[\sum_{i=1}^N a_i x_i(n)\right] = \sum_{i=1}^N a_i y_i(n)$$



线性系统必满足零输入产生零输出 ✓

线性系统: $T[ax_1(n) + bx_2(n)] = ay_1(n) + by_2(n)$



零输入产生零输出必是线性系统? ✗

例：验证下面的系统是否为线性系统： $y(n) = x^2(n)$ (零输入产生零输出)

$$\begin{aligned} \mathbf{T}[ax_1(n) + bx_2(n)] &= [ax_1(n) + bx_2(n)]^2 \\ &= a^2 \underline{x_1^2(n)} + b^2 \underline{x_2^2(n)} + 2abx_1(n)x_2(n) \\ &= a^2 \underline{y_1(n)} + b^2 \underline{y_2(n)} + 2abx_1(n)x_2(n) \\ &\neq ay_1(n) + by_2(n) \end{aligned}$$

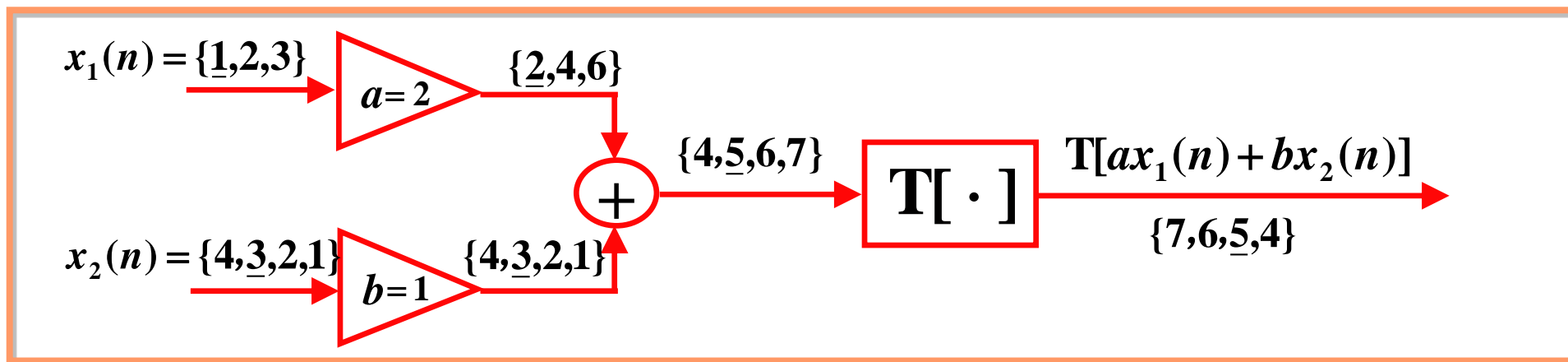
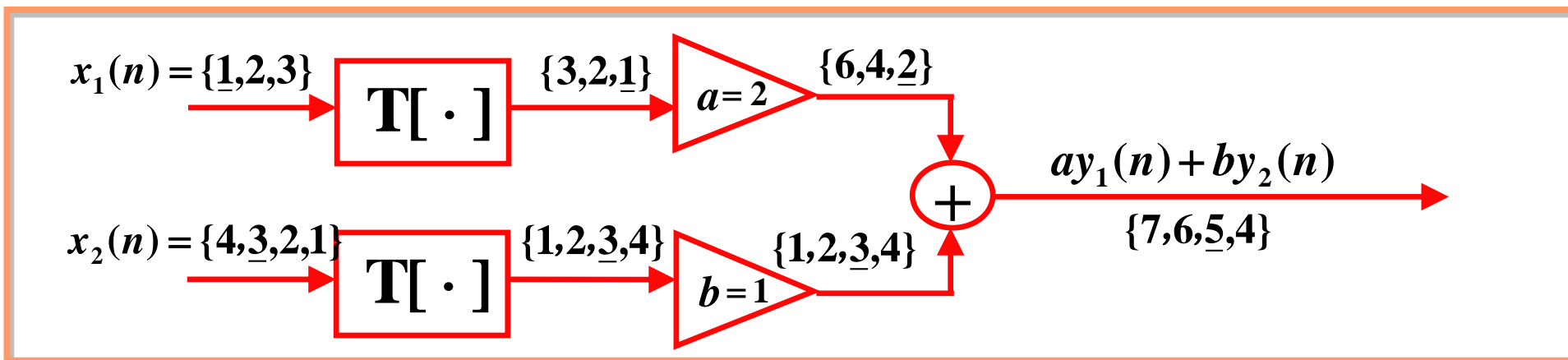


结论：系统 $y(n) = x^2(n)$ 为 非线性系统。

零输入产生零输出的
不一定是线性系统

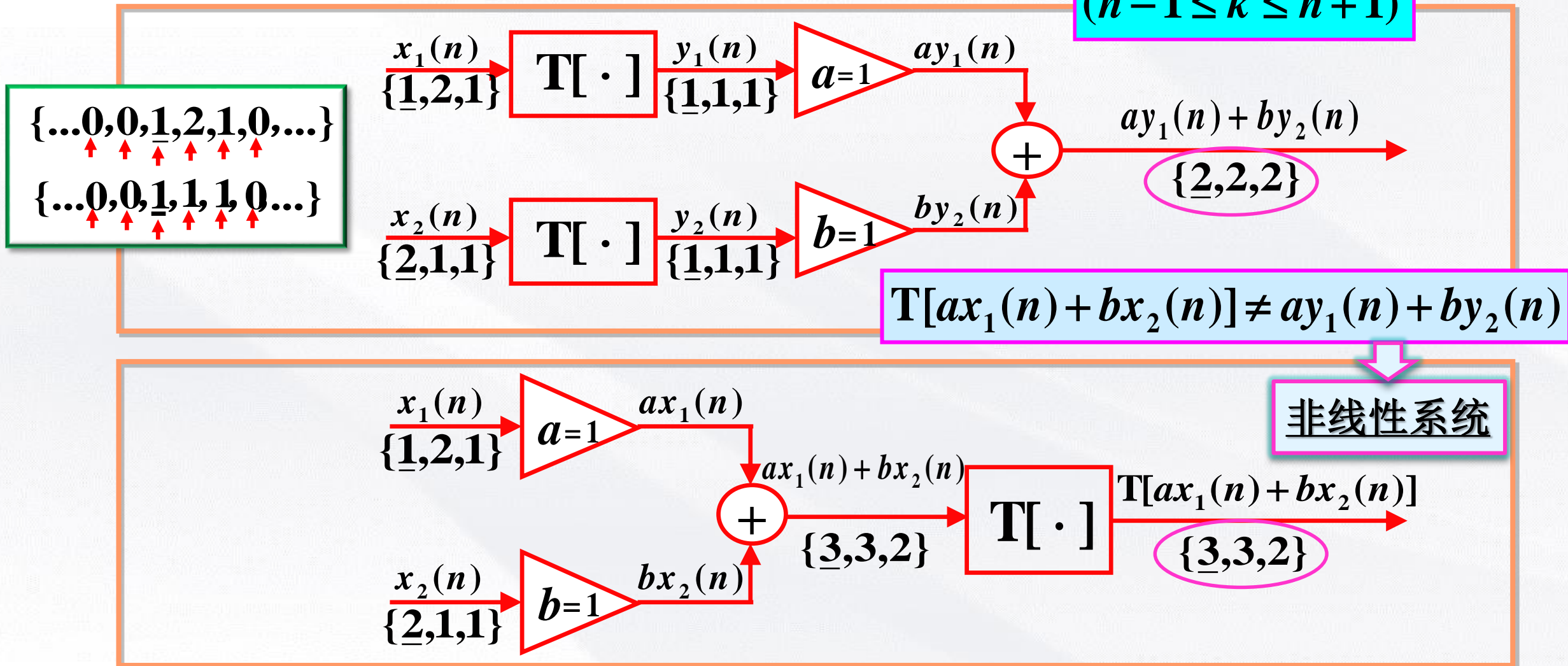
例：验证下面的系统是否为线性系统： $y(n] = x(-n)$ 是线性系统

$$T[ax_1(n) + bx_2(n)] = ax_1(-n) + bx_2(-n) = ay_1(n) + by_2(n)$$

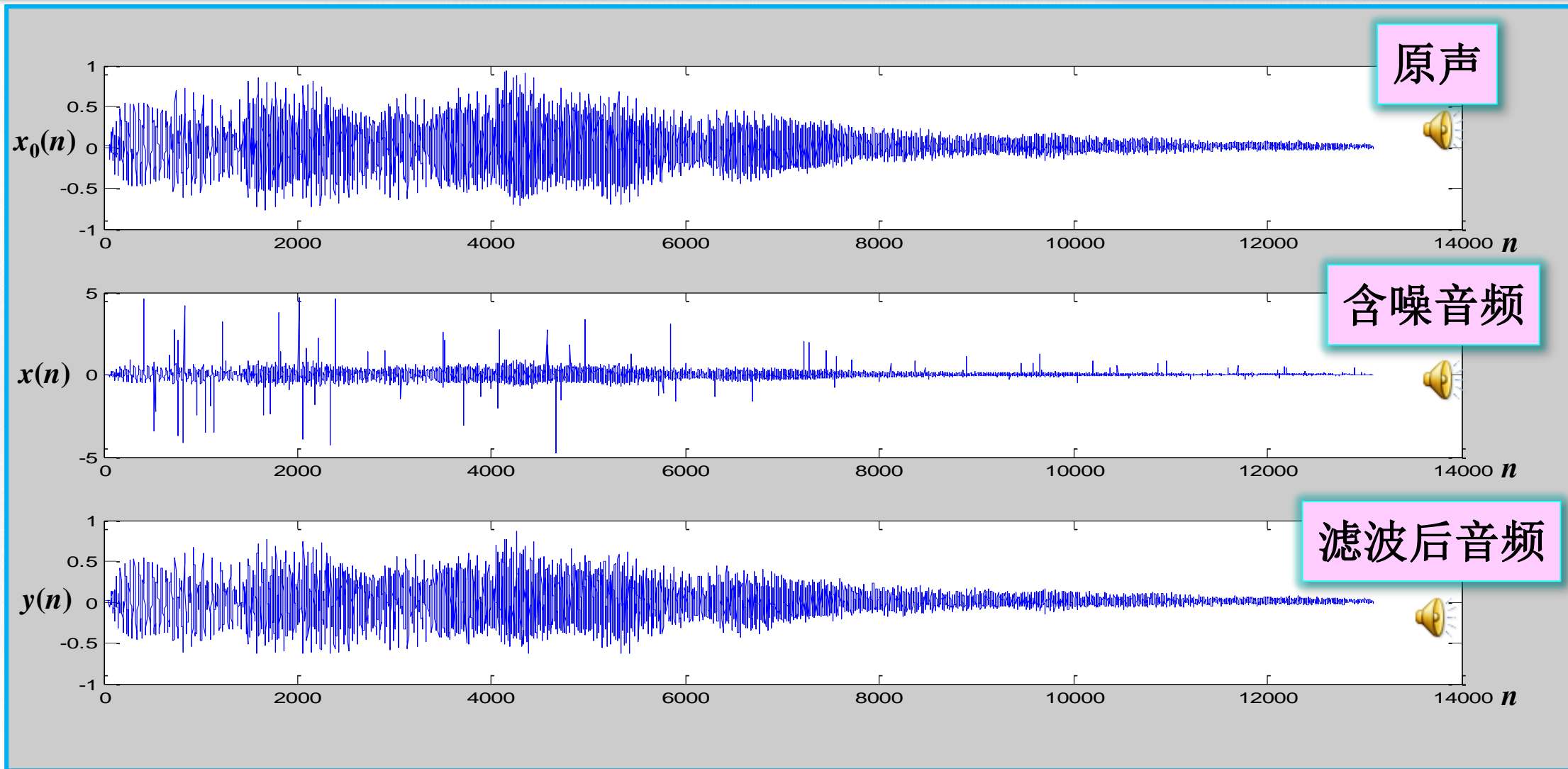


例：验证下面的3点中值滤波器是否是线性系统：

$$y(n) = \text{Mid}[x(k)] \\ (n-1 \leq k \leq n+1)$$



◆ 仿真实验: 3点中值滤波器的滤波效果





第一章 离散时间信号与系统

Discrete-time signals and systems

1.2 离散时间系统

离散时间系统的线性性质

华东理工大学信息科学与工程学院 万永菁

