

绪 论



内容:

信号定义

信号分类

典型信号

信号处理

DSP的优点

DSP的应用

本课程概要

- 信号和系统概念
- 什么是DSP?
- DSP的理论、实现、应用
- 关于本课的教学



一、数字信号处理的基本概念

DSP(Digital Signal Processing)是近几十年发展起来的一门新兴学科。

DSP是利用计算机或专用设备，以数值计算的方法对信号进行采集、变换、综合、估值、识别等加工处理，以达到提取有用信息、便于应用的目的。

DSP应理解为对信号进行数字处理，而不应理解为只对数字信号进行处理。



1. 信号概述

信号: 信号是一个或多个独立变量的函数, 该函数含有物理系统的信息或表示物理系统状态或行为。

(e.g.: $i(t), v(t), g(x, y)$).

独立变量: 时间、距离、速度、位置、温度和压力等

信号分类 (1) 按独立变量 (自变量) 分;

(2) 按信号取值定义值域 (因变量) 分。

按独立变量个数可分成: 1-dimensional (1-D) , 2-D, to M-D.

按独立变量定义域和信号值域可分成: 连续时间信号、模拟信号、离散时间信号和数字信号—— CTS、AS、DTS和DS

(Continuous-Time Signals → Analog Signals;
Discrete-Time Signals → Digital Signals) .

信号类型



——按独立变量个数分：

1-D 信号：单个独立变量的一维函数，e.g. 语音信号。

2-D 信号：两个独立变量的二维函数，e.g. 图象信号。

M-D 信号：多个独立变量的多维函数，e.g. 彩色视频信号(RGB)。

波形：信号幅度随独立变量变化的函数，通常**1-D**信号的独立变量为时间。

——周期信号与非周期信号

如果 $x(t) = x(t+kT)$, k 为整数

或者 $x(n) = x(n+kN)$, N 为正整数， $n+kN$ 为任意整数，则 $x(t)$ 和 $x(n)$ 都为周期信号，周期是 T 和 N ，否则是非周期信号

——确定信号与非确定信号

若信号在任意时刻的取值能精确确定，则称之为确定信号，如果信号在任意时刻的取值不能精确确定，或者说取值是随机的，则称为随机信号。

——能量信号和功率信号

若信号能量 E 有限，则称为能量信号；若信号功率 P 有限，则称为功率信号

信号类型



——按独立变量连续性分：

连续时间信号 (CTS)：独立时间变量连续有定义 (e.g., $x(t)$), 信号幅值可以为连续也可以为离散的。

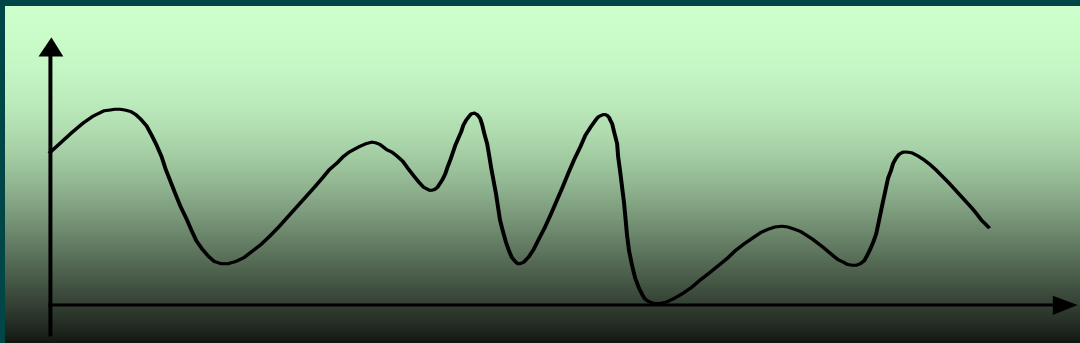
离散时间信号 (DTS)：独立时间变量在离散时间点有定义 $\{x(nT)\}$, 幅值是连续的。

模拟信号 (AS)：独立时间变量连续有定义，且信号幅值连续有定义，是CTS的一个特例。

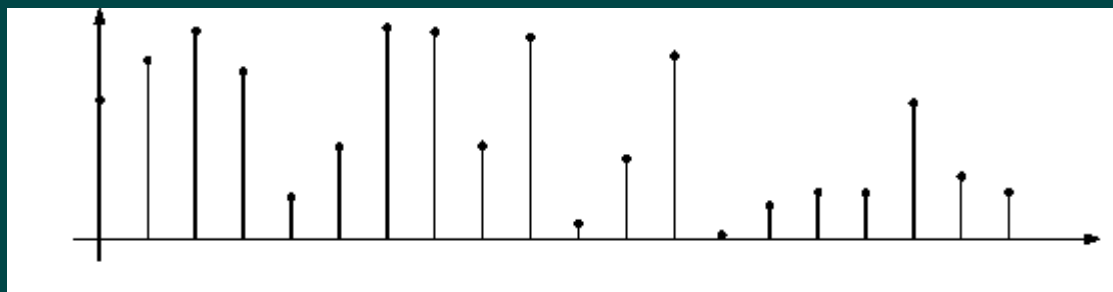
数字信号 (DS)：独立时间变量在离散时间点有定义、信号幅值仅取离散值，且通常用二进制编码表示。

信号举例

1. 连续时间信号：CTS(Continuous Time Signal/Analog Signal)— $x(t)$



2. 离散时间信号：DTS (Discrete Time Signal/Sequence)— $x[n]$



(在离散时间点上取值)

系统



系统定义为处理（或者变换）信号的设备，或者进一步说，凡是能将信号加以变换达到人们要求的各种设备都统称为系统。

按所处理的信号种类的不同可将系统分为四类：

(1)模拟系统：处理模拟信号，系统输入、输出均为连续时间连续幅度的模拟信号。

(2)连续时间系统：处理连续时间信号.系统输入、输出均为连续时间信号。

(3)离散时间系统：处理离散时间信号序列.系统输入、输出均为离散时间信号。

(4)数字系统：处理数字信号，系统输入输出均为数字信号。

系统可以是线性的或非线性的，时（移）不变或时（移）变的。



2. 数字信号处理的学科概貌 (研究内容)

1. 信号的采集

实现信号的数字化，包括取样、量化。

2. 信号的分析

信号描述与运算，各种变换，时、频域分析。

3. 系统分析

线性系统与非~，时变系统与非~，线性时（移）不变系统，因果系统与非~，线性时（移）不变因果系统。

4. 快速算法

FFT，快速卷积、相关算法。

5. 数字滤波技术

- (1) IIR数字滤波器的分析与设计；
- (2) FIR数字滤波器的分析与设计。



2. 数字信号处理的学科概貌 (研究内容)

6. 信号的频谱分析与估值

确定信号：谱分析；

随机信号：相关计算、谱估计。

7. 特殊算法

反卷积，信号重构（小波变换、压缩感知）。

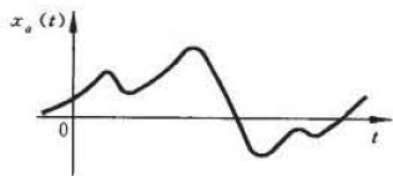
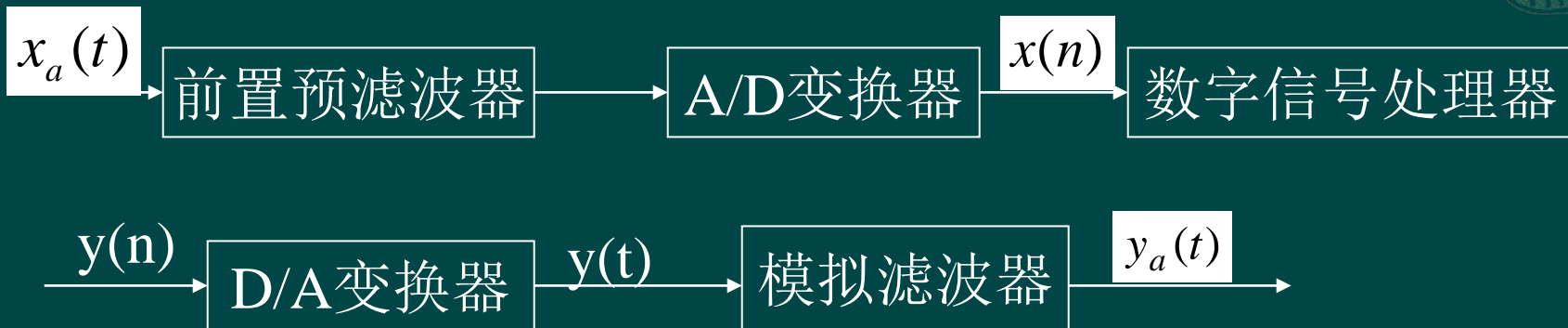
8. 数字信号处理的实现

(1) 在通用微机上，用软件实现；

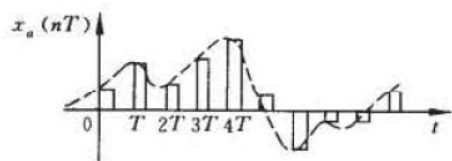
(2) 用单片机实现；

(3) 专用数字信号处理芯片DSP（TI, Xilinx 等）。

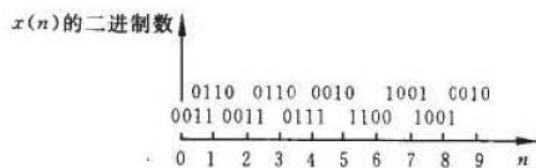
3. 数字信号处理系统的基本组成



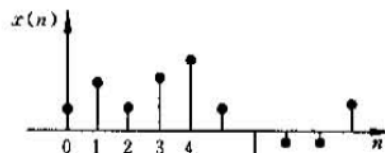
(a)



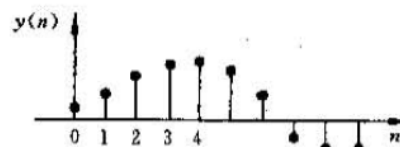
(b)



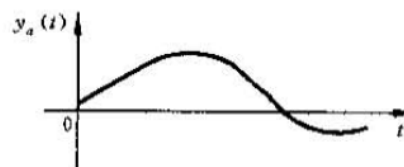
(c)



(d)



(e)



(f)

DSP实现方法:

- 软件实现法
- 硬件实现法
- DSP芯片法



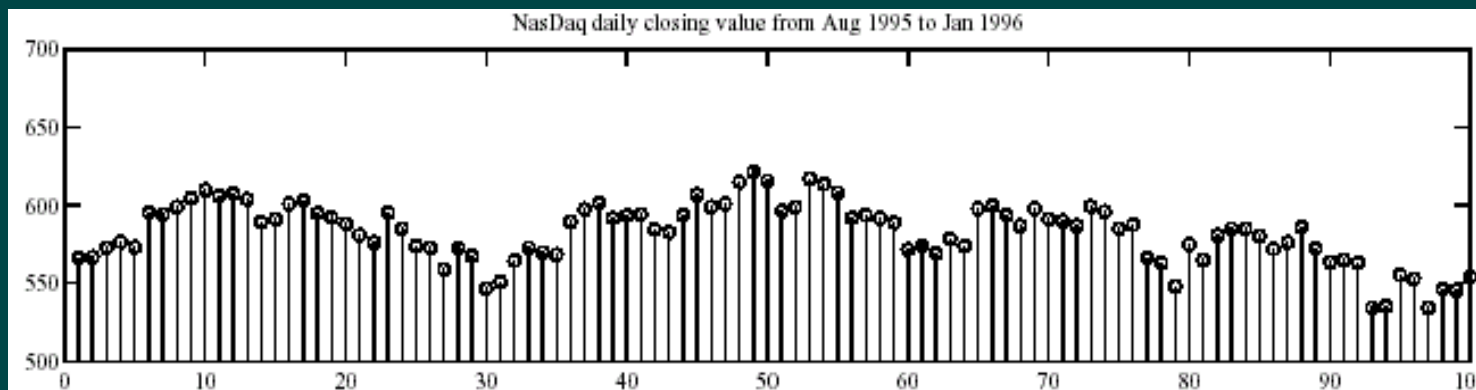
二、实际应用中的DTS信号

实例：

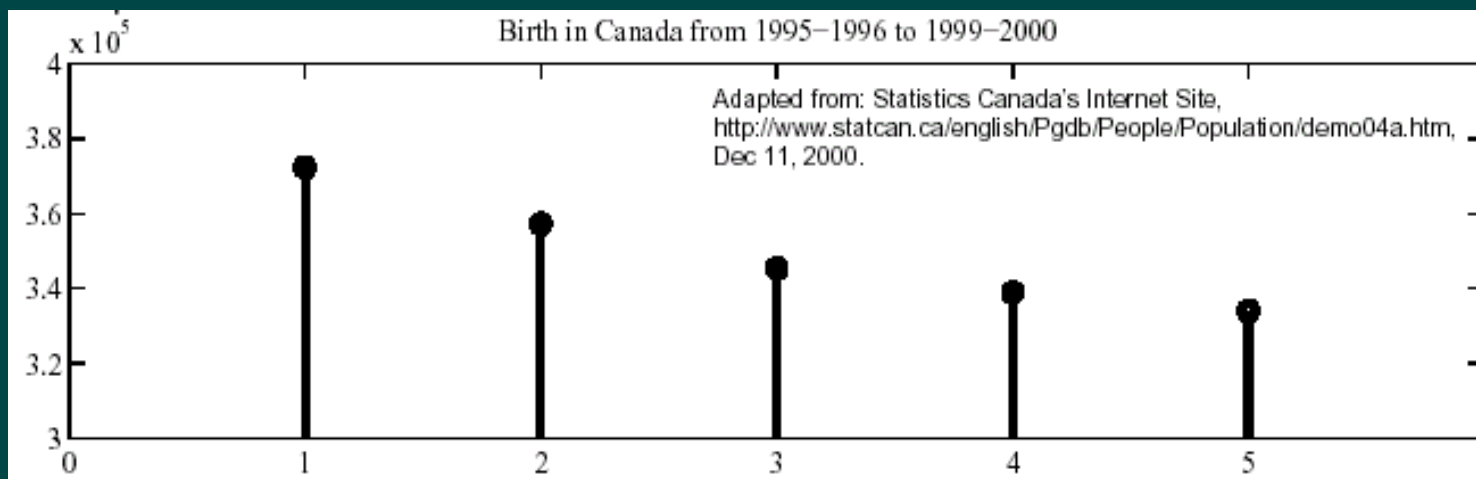
- 时间序列 (stock indices, production, measurements)
- 连续时间采样信号 (Speech)
- ECG (Electrocardiograph 心电图) 和
EEG (Electroencephalo-graph 脑电图描记器) 信号 (1-D)
- 地质勘探信号 (3-D)
- 音乐信号 (1-D)
- 图像 (2-D, 3-D)

DTS 例子 (I)

股票指数:

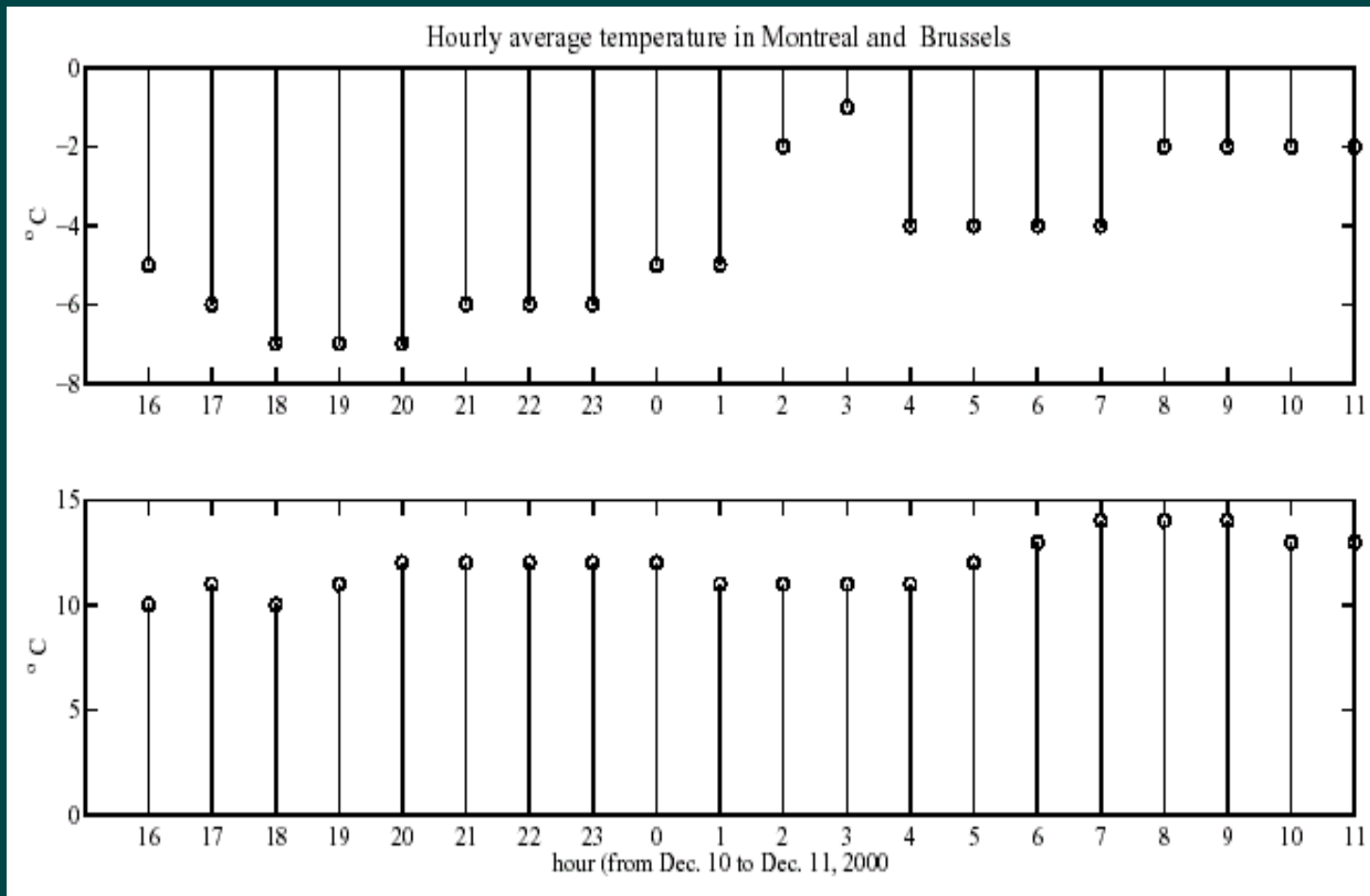


人口统计:



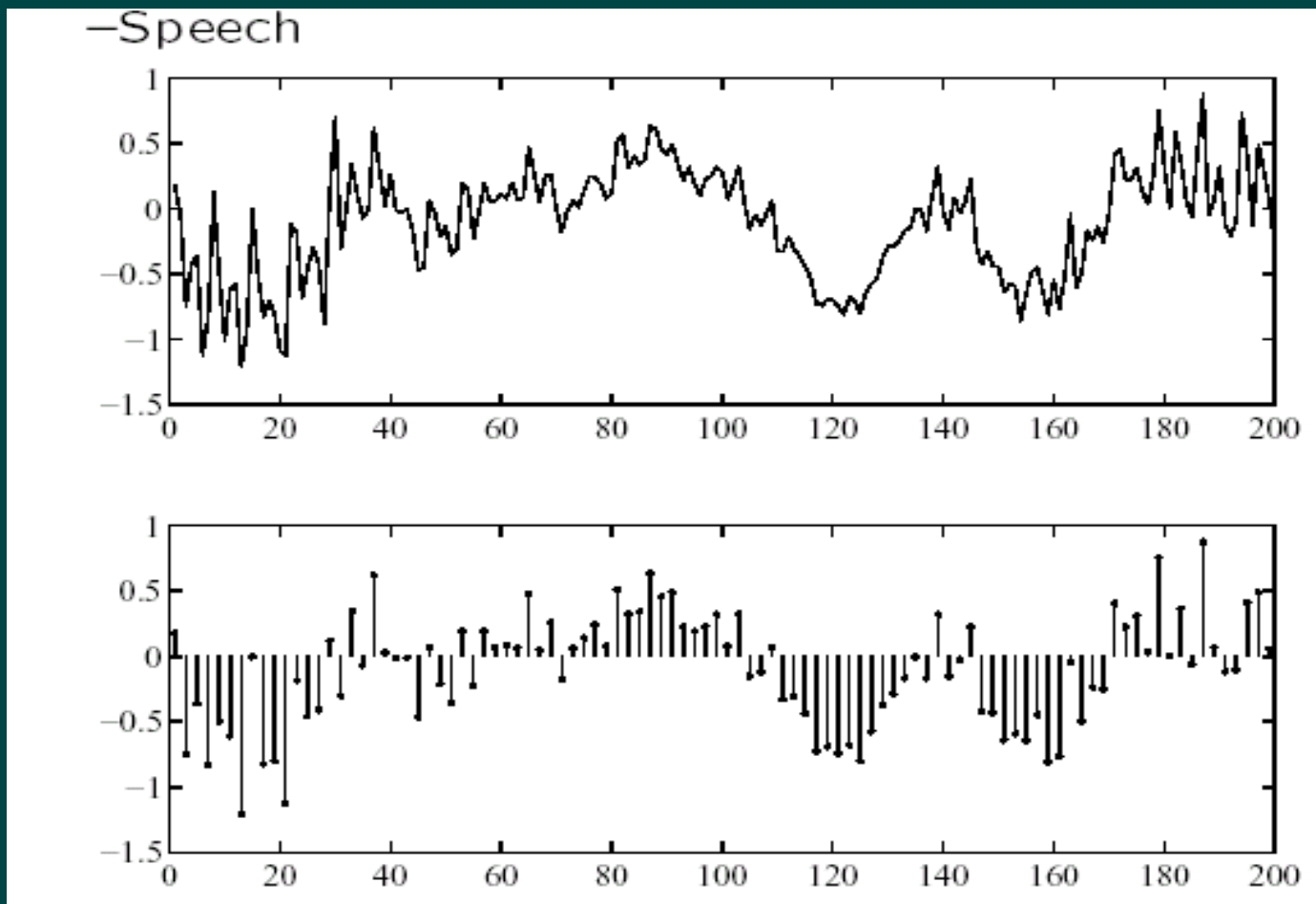
DTS 例子(II)

温度测量:



DTS 例子(III)

连续信号的离散化:



三、信号处理



信号处理是研究用系统对含有信息的信号进行处理(变换), 以获得人们所希望的信号, 从而达到提取信息、便于利用的一门学科。

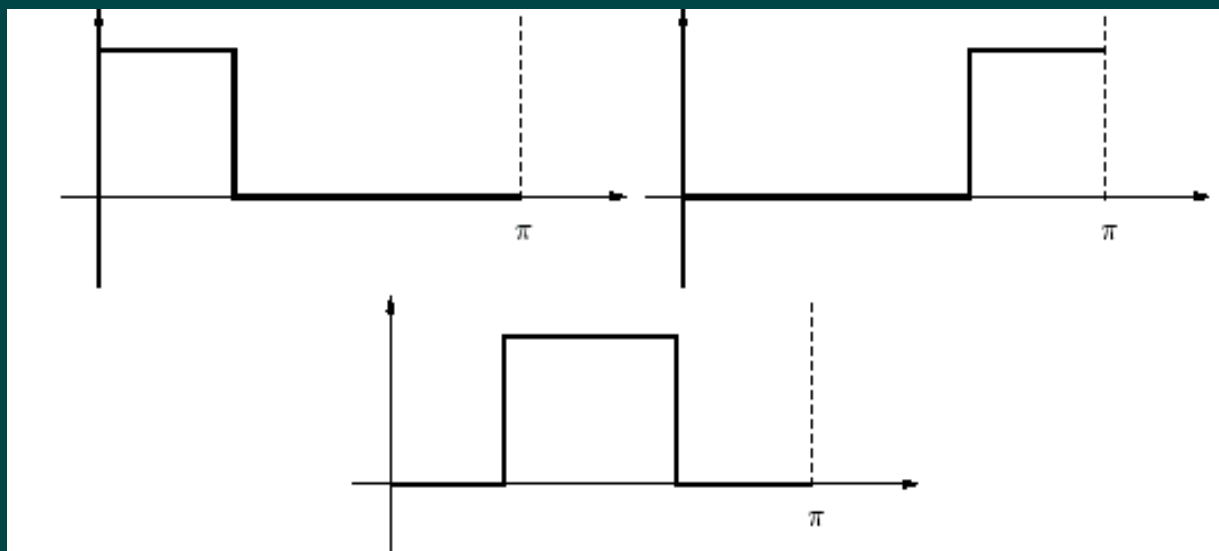
信号号处理的内容包括滤波、变换、检测、谱分析、估计、压缩、扩展、增强、复原、分析、综合、识别等一系列的加工处理。

- 信号表示: 时域和频域表示;
- 信号变换: 离散时间Fourier变换 (DTFT)、离散Fourier变换 (DFT) 和 z 变换, 以及变换的快速算法 (FFT) 。
- 信号处理: 滤波、压缩、调制及解调和信号分析。
- 信号运算: 延迟、加、减、乘和卷积。

信号处理 (II)



典型的DT滤波系统的理想特性:



Low-Pass Filter 低通滤波器

High-Pass Filter 高通滤波器

Band-Pass Filter 带通滤波器



四、DSP的优越性

优点:

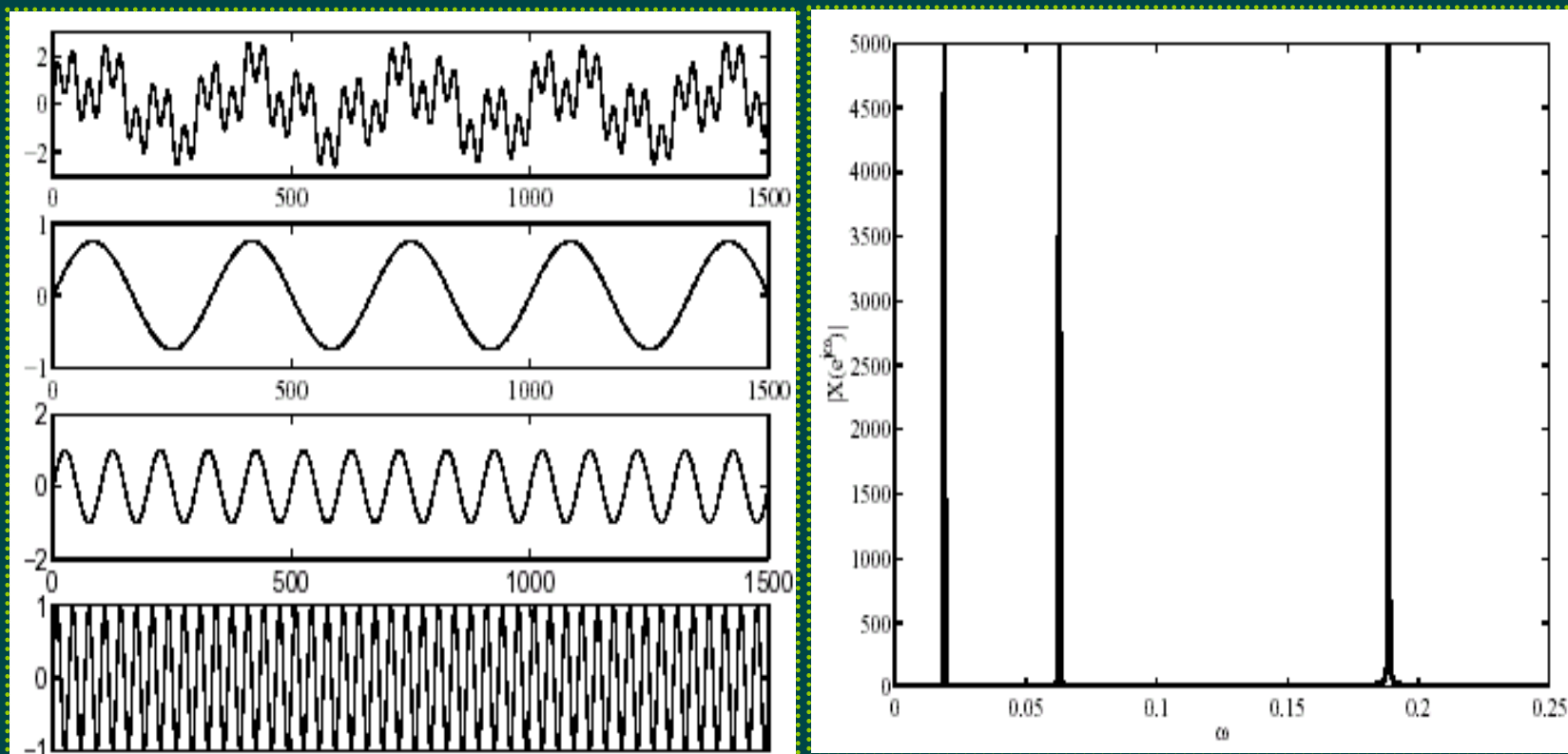
- (1) 精度高
- (2) 灵活性高
- (3) 可靠性强
- (4) 容易大规模集成
- (5) 时分复用
- (6) 可获得高性能指标
- (7) 可以进行二维或者多维处理

缺点:

- (1) 增加复杂性 (e. g. : A/D和D/A) ;
- (2) 工作频率受限。

五、DSP的应用

滤波——选频滤波 e.g.:多正弦信号:

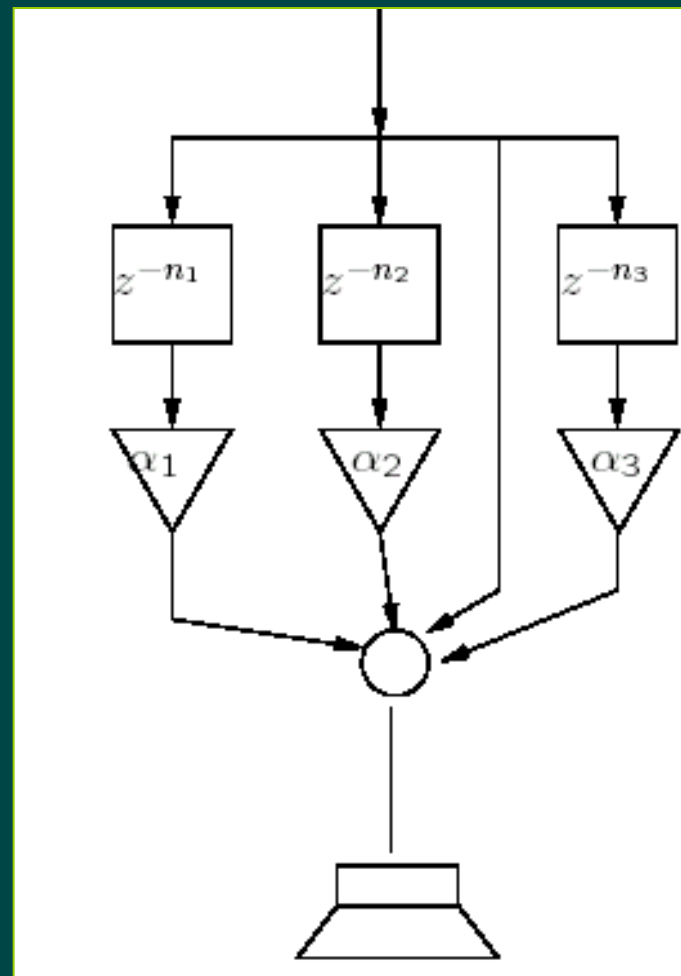


应用：语音处理

❖均衡;

❖编码与压缩

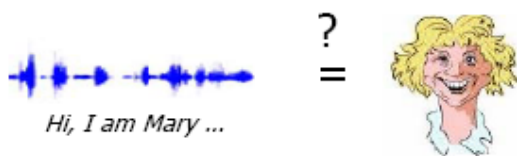
❖多声道模拟、混响效果



应用：说话人识别

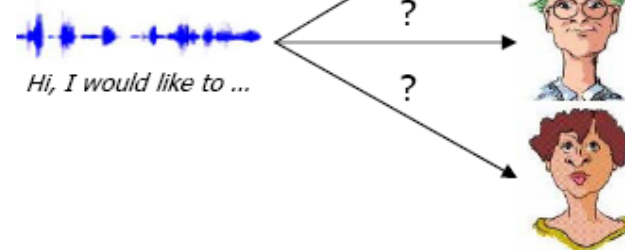
Speaker Verification

Is this Mary's voice?

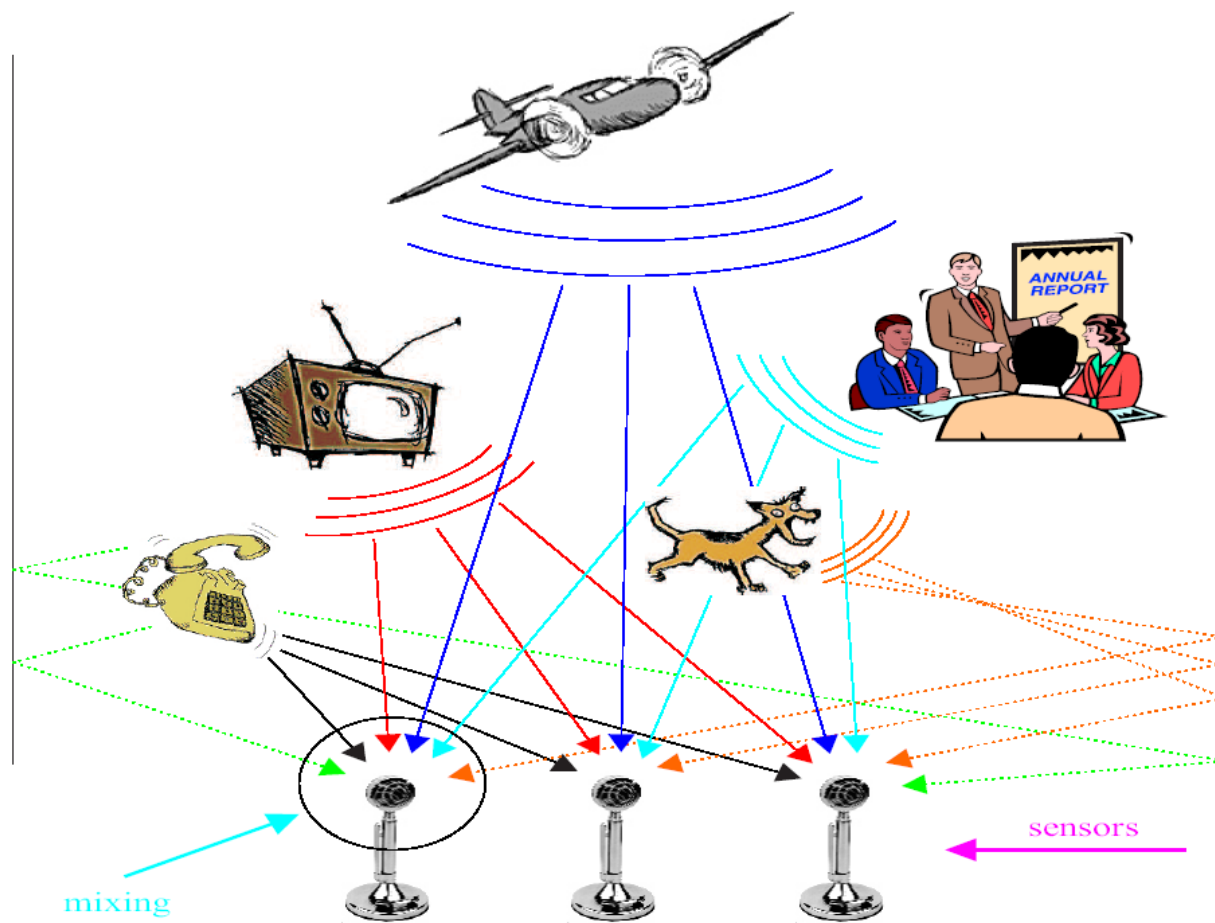


Speaker Identification

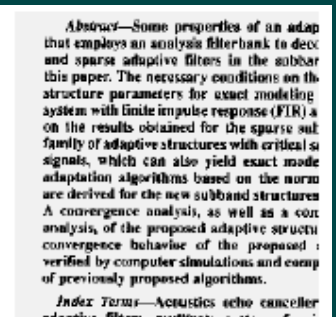
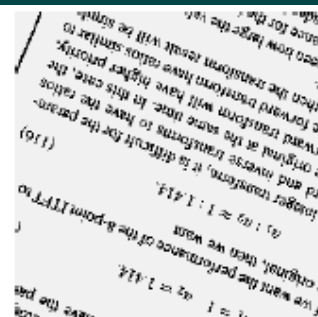
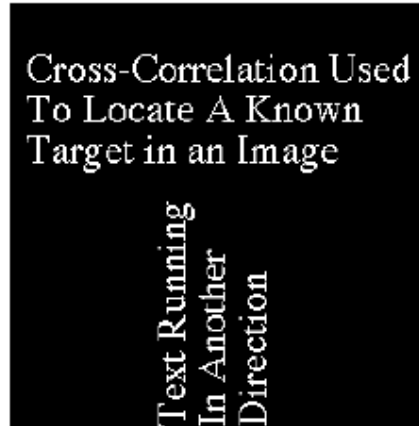
Whose voice is this?



应用：盲源分离



应用：盲源分离

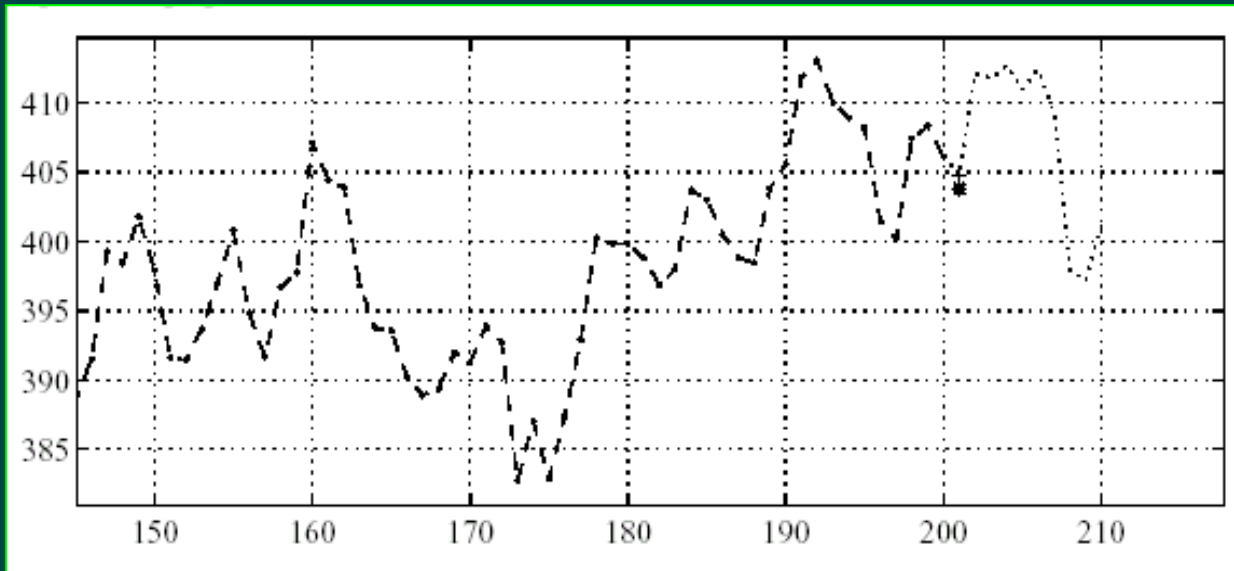


应用：人机对话交互

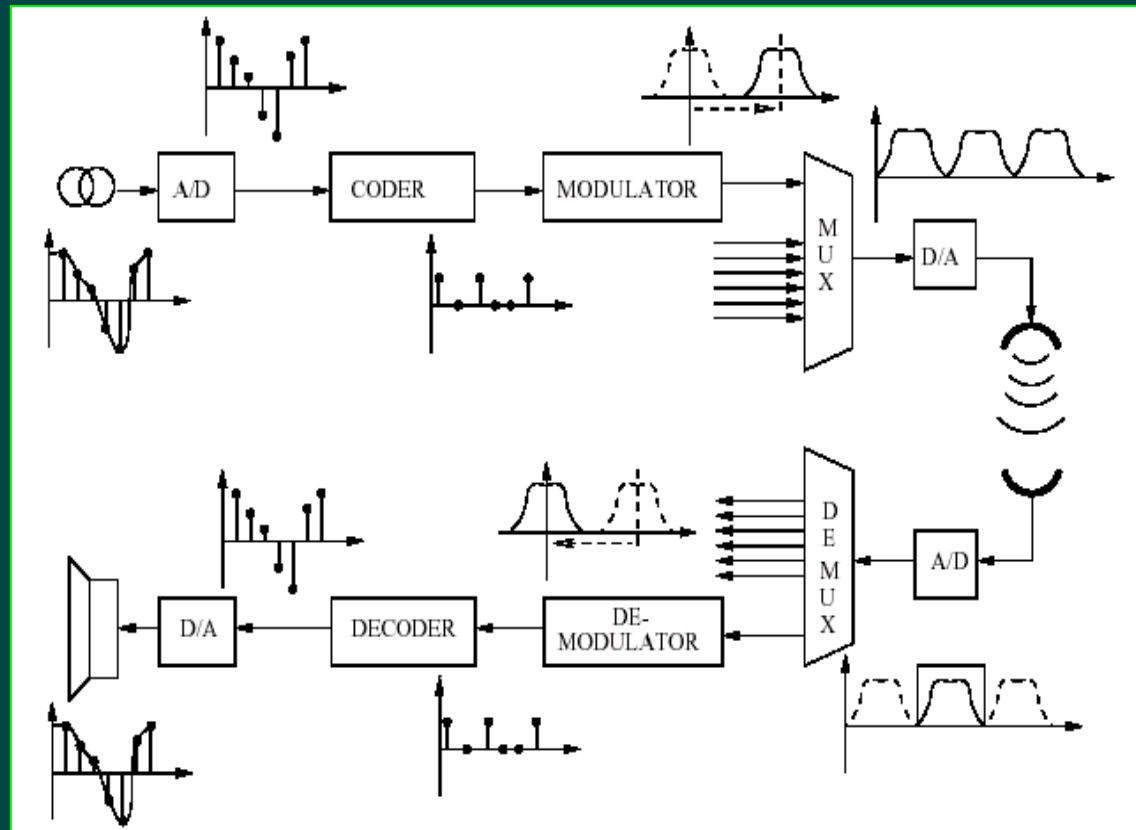


应用：信号预测

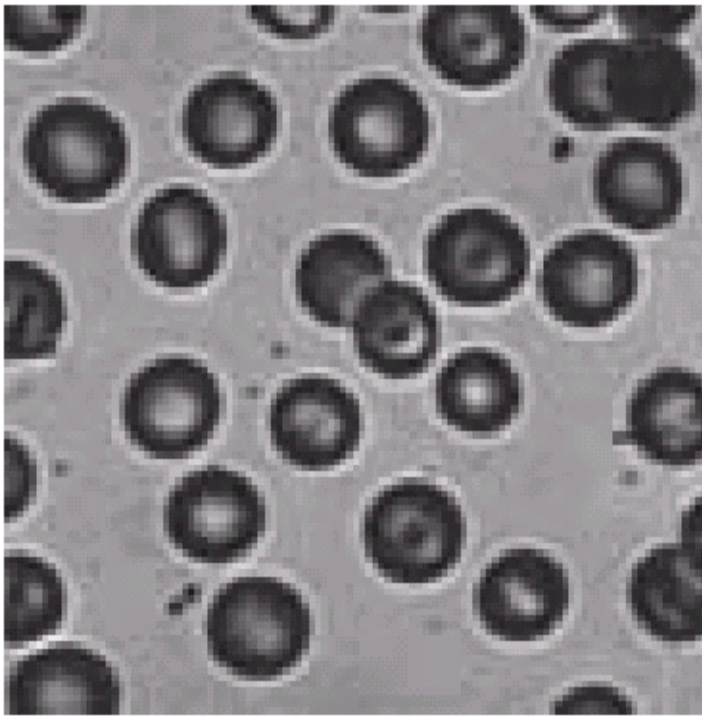
从 $x[0], x[1], \dots, x[n]$ 预测 $\hat{x}[n+1]$ 的值



应用：语音传输



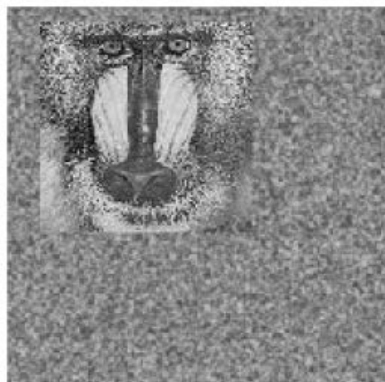
应用：图象处理（I）边沿检测



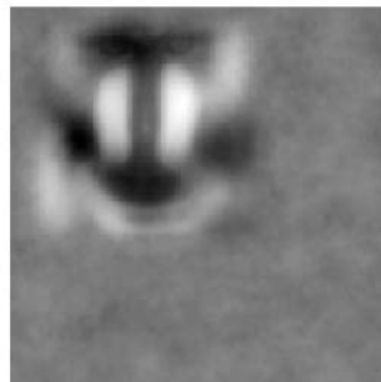
应用：图象处理（II） 图像复原



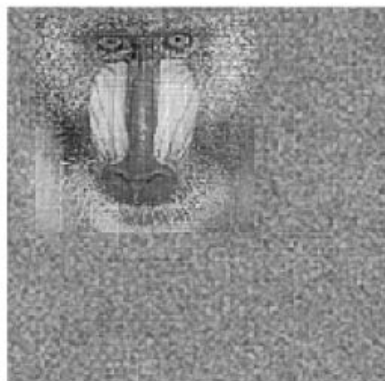
(a)



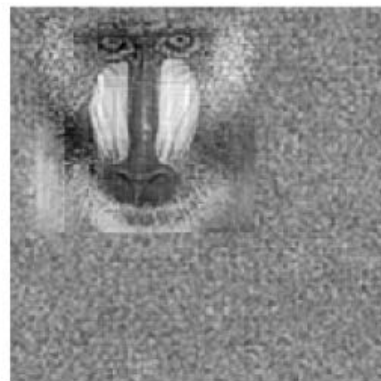
(b)



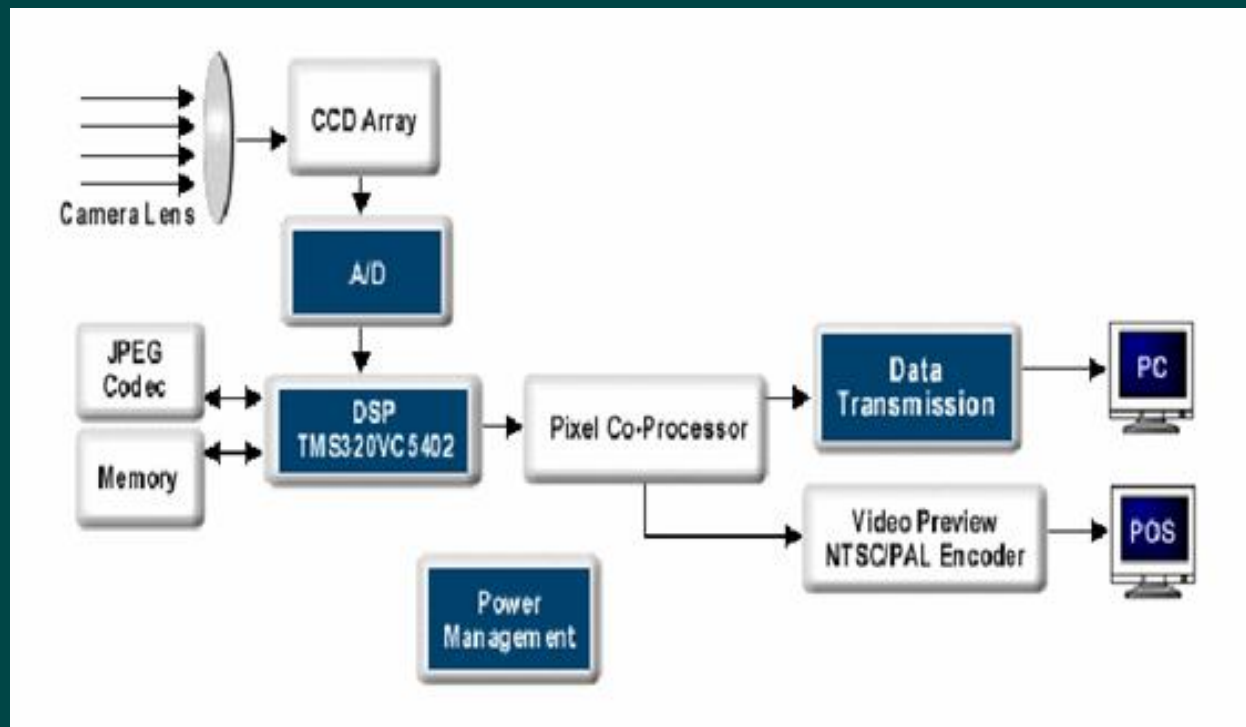
(c)



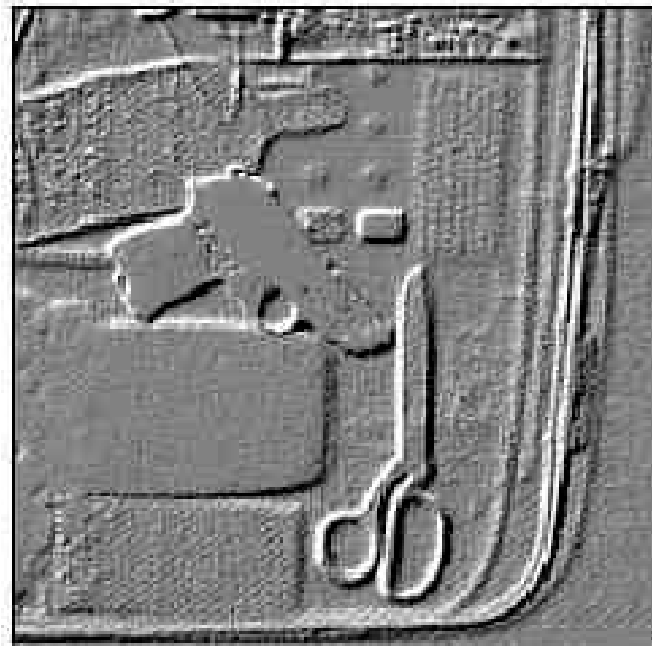
(d)



应用：Digital Camera



应用：模式识别



应用：Fingerprint distinguish



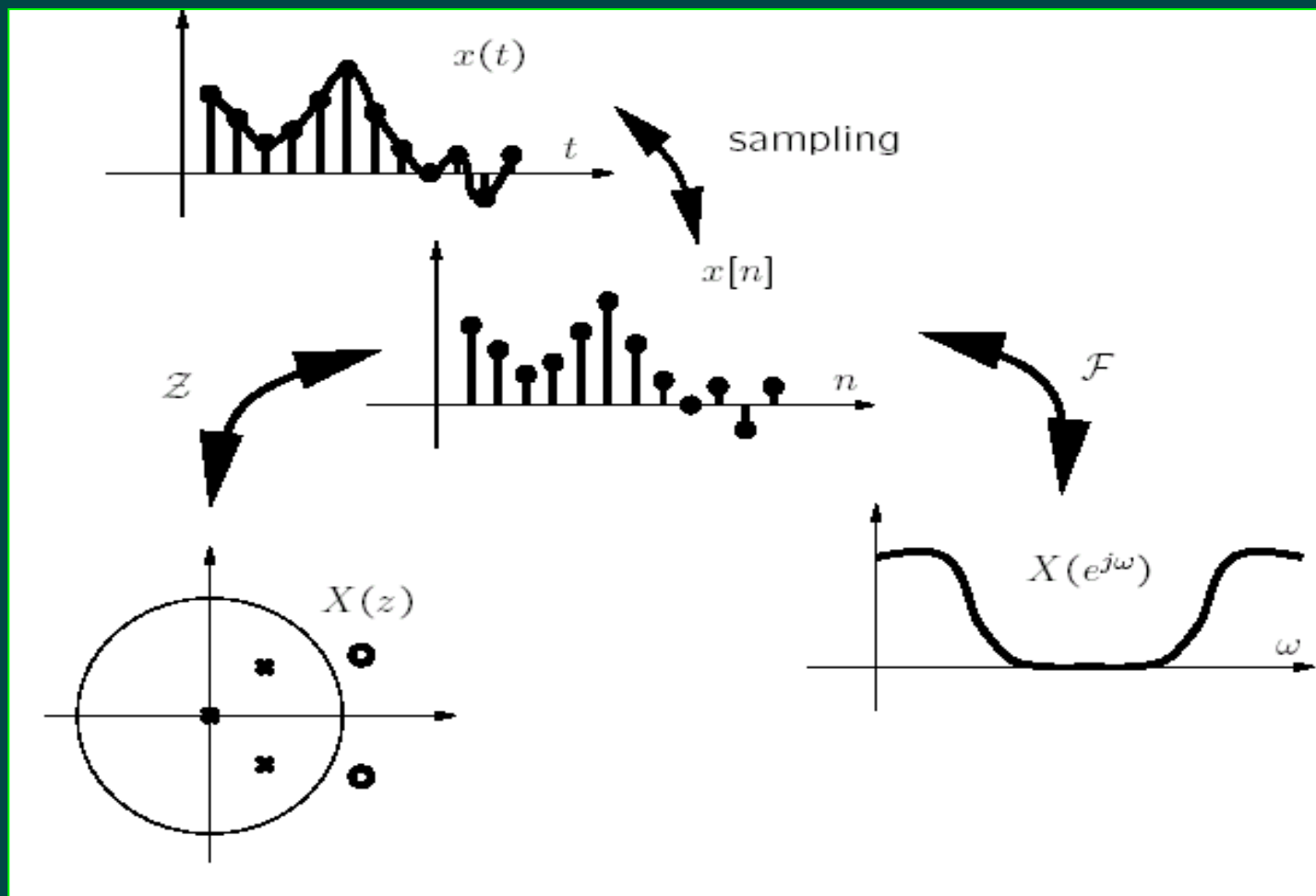
a. Original fingerprint



b. Skeletonized fingerprint



六、信号分析基本方法



离散时间信号处理									
离散时间信号					离散时间系统				
产生		表示			表示			结构	
采样		时域	频域		时域		频域	FIR	IIR
Nyq.定理		DFS	DFT	FFT	h(n)		H(k)	滤波器设计	
离散随机信号处理、自适应信号处理、离散系统的 Kalman 滤波									