

数字信号处理

Digital Signal Processing

课程教学组：

郑南宁教授、张元林副教授、杨勔副教授、王芳芳工程师

数字信号处理课程的教学组织与安排

- **教学课时** 44学时课堂（含2次习题课），8学时实验
- **参考教材** 《数字信号处理简明教程》（西安交通大学出版社 2019年第2版）（郑南宁）
- **集中答疑** 每周五9:00-12:00，科学馆343室（张元林）、202室（杨勐）
- **课程网站** 发布教学课件、作业、习题参考答案
<http://gr.xjtu.edu.cn/web/mengyang/2>

（在课堂教学中PPT与板书结合，一些重要的数学推导和例子讨论不会出现在PPT的讲义中）

数字信号处理课程的教学组织与安排

■ 课程实验

实验内容	语音识别系列实验 时域法（2学时）、频域法（4学时）、说话人识别（2学时、选做）
组织形式	3-5人一组（自由组合）
时 间	第3-12周，第二周发放《实验手册》，并确定具体实验时间
考 核	以小组为单位，每个实验提交1份实验报告，每个班选1-2小组在课堂上报告和演示

数字信号处理课程的教学组织与安排

- **撰写综述报告** 围绕某一领域应用DSP的现状或发展趋势，查阅文献，独立撰写一篇综述报告
- **综述报告写作要求：**4000-6000字，要有题目、摘要（含300字左右的英文摘要）、关键词和参考文献
- **课程成绩构成** 期末考试60%+实验10%+作业15%+考勤5%+综述报告10%

课程大纲

绪 论 数字信号处理概述

第一章 傅里叶分析与采样信号

第二章 离散时间信号与系统

第三章 Z 变换

第四章 离散傅里叶变换

第五章 快速傅里叶变换FFT

第六章 数字滤波器的基本原理与特性

第七章 有限长单位脉冲响应数字滤波器 (FIR) 的设计

第八章 无限长单位脉冲响应数字滤波器 (IIR) 的设计

第九章 离散随机信号的统计分析基础

第十章 数字信号处理的误差分析

(红色字体标出的章节是需要掌握的重点内容)

- 1、什么是数字信号处理？
- 2、数字信号处理是如何实现的？

1、什么是数字信号处理？

数字信号处理 (DSP, Digital Signal Processing), 意味着信号处理采用离散数字的方式进行

□ **定义** DSP是利用数字计算机或专用数字硬件, 以数值计算的方法对信号进行的一切变换, 或按预定规则进行的一切加工处理运算

例如: 用数字的方式对信号进行滤波、变换、调制解调、检测、压缩、识别、频谱分析等

□ **广义的理解**-数字信号处理 (基本理论、方法和实现技术)

□ **狭义的理解**-数字信号处理器 (实现数字信号处理的器件或专用芯片)

本课程讨论广义的数字信号处理

信息 (information)、消息 (message)、信号 (signal) 三者的区别

- **信息**：一个抽象的概念，但可以定量描述；信息、物质、能量是构成一切系统的三个基本要素；信息是系统传输、存储和处理的对象；信息包含在消息之中
- **消息**：一个具体的概念，用数字信息表达的消息不仅仅是物理的形式，如文字、语言、图像；消息中载荷有信息
- **信号**：一切自然或人工系统所携带或产生的各类信息表现的一种基本形式；信号通常是可以测量的物理量，如电压、电流、声波等

信号处理的目的

■ 信号的解析

对信号发生源的性质进行研究分析（评价、评断，给出结果）。

■ 信号的变换

对信号进行算术运算、滤波等，通常用传递函数表示这类系统。

■ 信号的合成

不直接对信号处理，应当在信号分析的基础上进行。

信号处理的基本手段

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau$$
$$y(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)h(\tau - t)dt$$

广义信号处理中的三种基本运算：

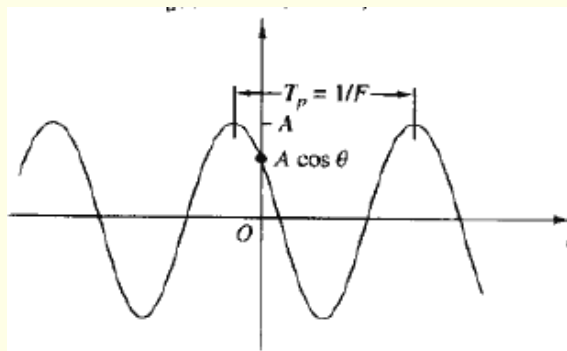
和、积、卷积

$x(\tau)$ 与 $h(t - \tau)$ 的卷积运算—求和、乘积回路，
还需要有记忆参考信号 $h(t)$ 的记忆元件和能在一定时间内延迟信号的延迟元件。

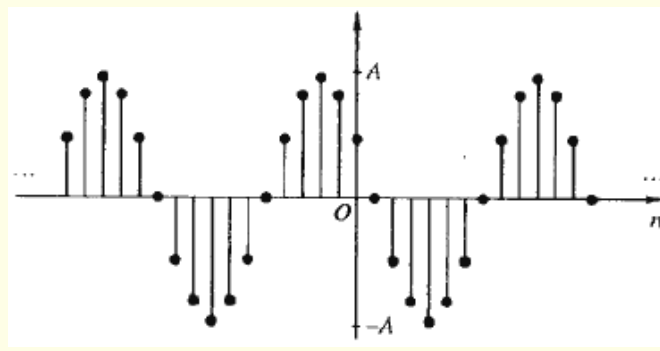
信号分类（按信号的时间、幅值的特征）

- **模拟信号** 指时间和幅度上都是连续的信号
- **连续时间信号** 指随时间连续变化的信号，幅度可以是连续变化的值，也有可能不是
- **离散时间信号** 只在离散时间点上有着确定的值，通常通过对连续信号采样得到
- **数字信号** 时间和幅度上都是离散的信号

举例：



模拟信号：模拟正弦信号



数字信号：离散正弦信号

信号分类（按信号的数学描述方式）

- **确定性信号** 信号的值可以用带有有限个参量的显示数学表达式、或定义好的规则来唯一地描述

例如：直流信号： 仅用一个参量可以描述

阶跃信号： 可用幅度和时间两个参量描述

正弦波信号： 可用幅度、频率和相位三个参量来描述

- **随机信号** 不能用有限的参量加以描述， 只能通过统计学的方法来描述(如用概率密度函数来描述)

例如：许多自然现象所发生的信号，如语音信号、图象信号、振动噪声、脑电信号、地震波都是随机信号，它们具有幅度(能量)随机性、或具有发生时间上的随机性或二者兼有。

“数字信号处理” 已成为许多学科重要的理论基础与创新能力的基本支撑

- 数字信号处理在语音、图像、视频、文本等多媒体信号处理、各种智能终端、最优控制、通信技术、机械故障诊断、地球物理勘探、生物医电等扮演着重要的角色
- 成为推动人工智能、模式识别、神经网络、数字通信等新兴学科发展的重要基础技术支撑之一

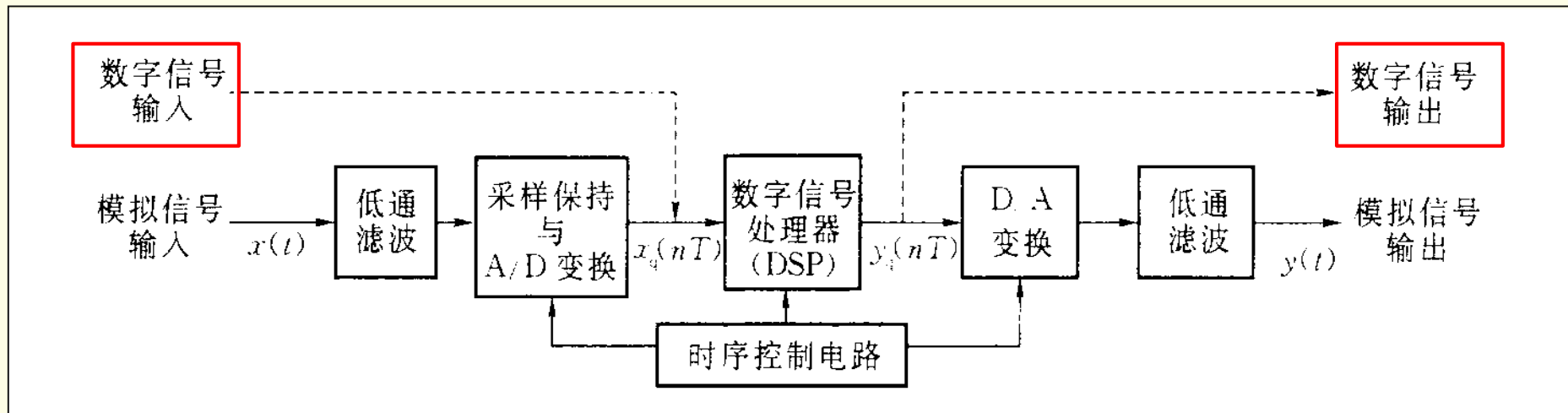
2、如何实现数字信号处理

■ 实现的形态

- 1、在各类计算机上运行算法或构成系统
- 2、采用单片机
- 3、利用通用DSP芯片
- 4、面向特殊用途的DSP芯片
- 5、采用CPU、DSP或GPU构成的嵌入式系统
- 6、分布、互联、云存储

2、如何实现数字信号处理

■ 数字信号处理系统的基本结构

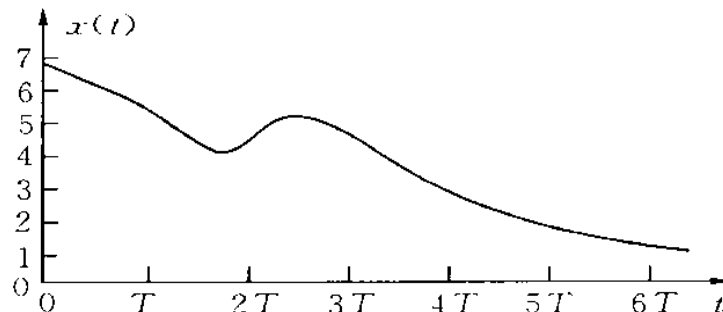


■ 主要模块

- 1、模拟、数字信号转换：采样、A/D、D/A
- 2、前置滤波：滤除高频杂波，采样定理
- 3、时序控制系统：时序同步
- 4、**数字信号处理器：本课程的主要内容**

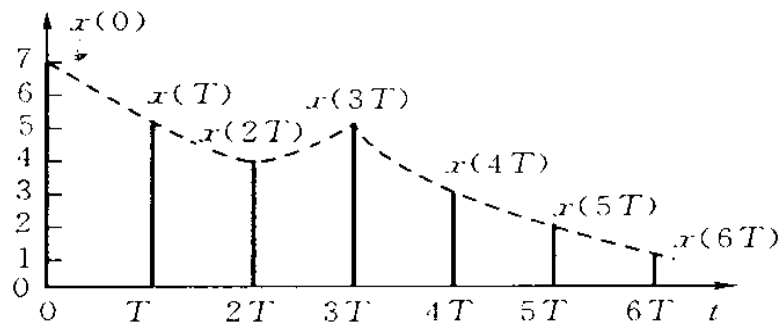
■ 模拟信号与数字信号的转换过程

a、模拟信号



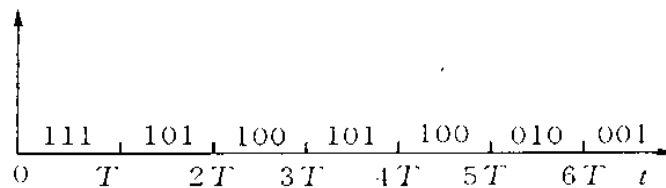
(a) 模拟信号 $x(t)$

b、对模拟信号采样



(b) 对 $x(t)$ 进行离散采样得到的时间序列 $x(nT)$

c、对时间序列进行幅度量化、编码



(c) 对时间序列 $x(nT)$ 进行幅度量化的二进制编码序列 $x_q(nT)$

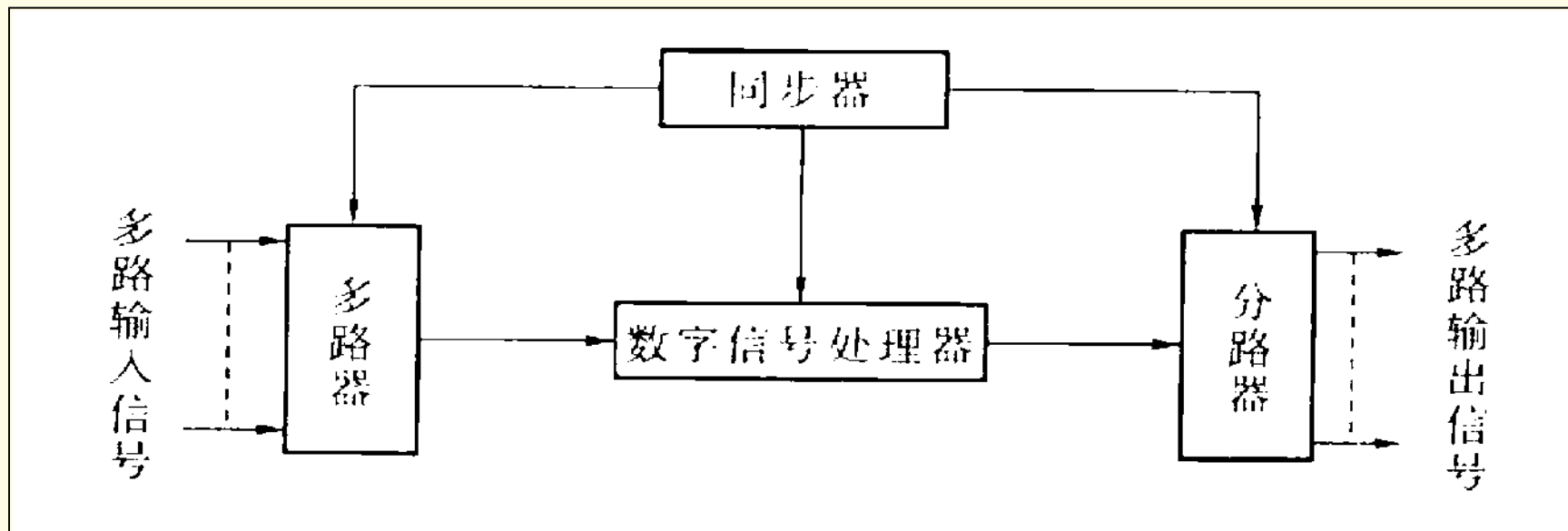
■ 前置滤波

功能：1、数字信号系统难以处理高频杂波，预先滤除高频杂波
2、为采样做准备，保证信号不失真（采样定理）

■ 时序控制系统

功能：保持A/D、数字信号处理器、D/A等模块同步

举例：时分、频分多路数字信号处理系统



数字信号处理技术的特点

■ 精度高

模拟系统：由元器件精度确定

数字系统：由字长确定（32位、64位系统）

■ 灵活性高、容易集成

模拟系统：重新设计硬件系统

数字系统：更改程序参数（乘法器的系数等）决定，规范性高

■ 可靠性高

只有“0”和“1”两个电平，受温度噪声影响小

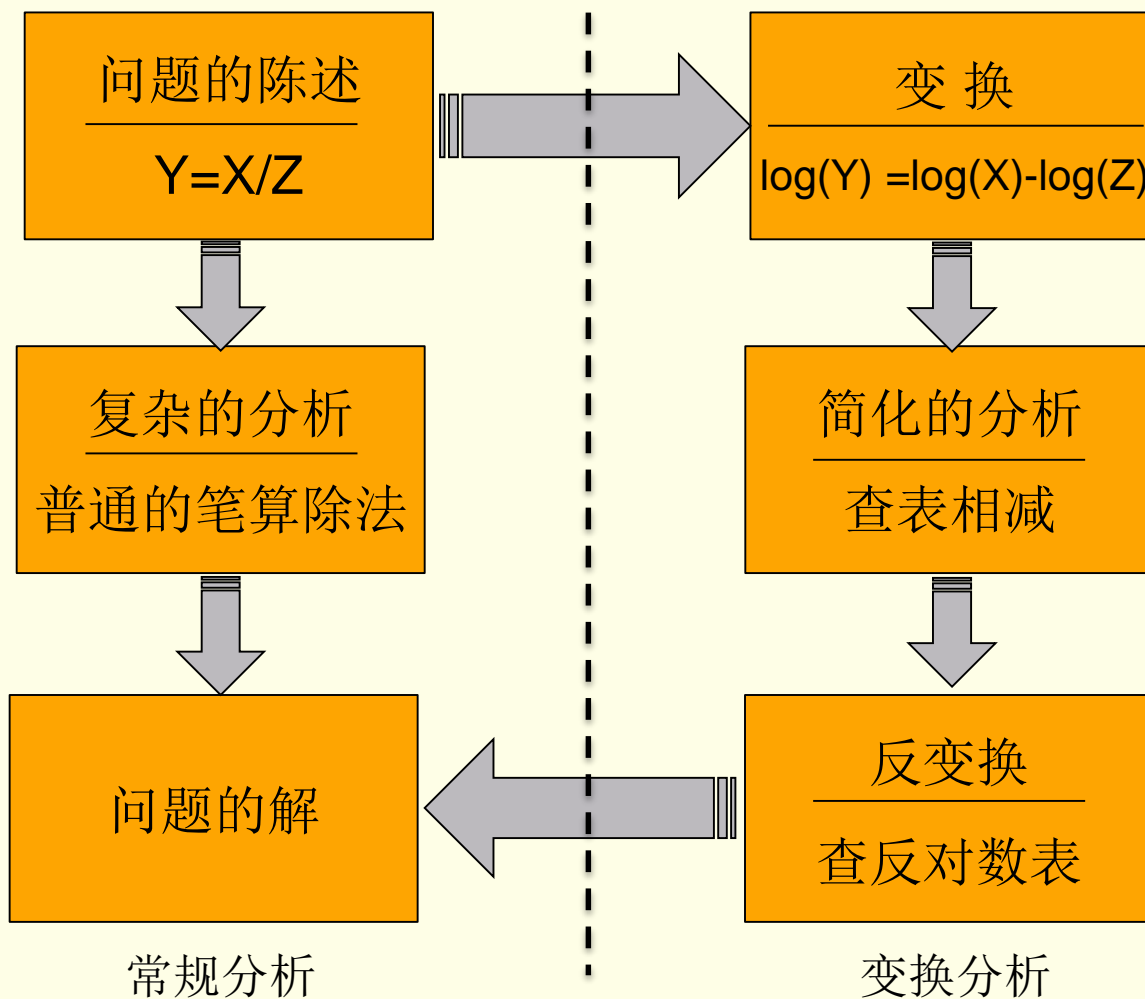
■ 数字信号处理的基本方法——“变换”分析

可以把信号的“处理”视作某种“变换”

- 1、将某个空间的复杂问题“变换”到易于问题的理解、分析和计算的另一个（易于求解的空间）
- 2、“变换”是一种求解问题的基本方法

举例：模拟信号的采样变换，离散系统分析的 z 变换和傅里叶变换，数字滤波器的设计，实质上都是建立在“变换”分析的基本概念上。

常规分析与变换分析的比较（用对数确定商 $Y=X/Z$ ）



小结

- 什么是数字信号处理
- 信号的基本分类，信号、信息、消息的关系
- 数字信号处理的一般原理
- 数字信号处理的基本方法——“变换”分析
- 数字信号处理的基本特点
- 确定性信号与随机信号的区别

理解和掌握好数字信号处理的基本原理与方法，能启发我们在遇到实际问题时去寻找新的理论与技术，也能使我们利用一种熟悉的工具进入到一个生疏的研究领域。