

数字信号处理

Digital Signal Processing

主讲教师：郑南宁教授、杨劭副教授

实验指导：王芳芳工程师、张璇工程师

课程助教：邓晓东博士生、朱子瑜博士生

课时安排与教材

- **教学课时** 课堂教学48学时，实验教学8学时
- **参考教材** 《数字信号处理简明教程》（第2版，郑南宁 编著）、
《数字信号处理简明教程习题解析》（第2版，郑南宁等 编）
- **前置课程** 《复变函数》、《积分变换》
- **集中答疑** 周五14:00-18:00，科学馆202
- **课程网站** <http://gr.xjtu.edu.cn/web/mengyang/2>

（课堂教学PPT讲义与板书结合，一些数学推导和例子讨论不会出现在PPT讲义中）

课程实验与组织

- **课程实验** **语音识别系列实验** 基于时域特征的语音识别（2学时）、基于频域特征的语音识别（4学时）、说话人识别（2学时）
- **组织形式** **5人一组（按学号组合）**
- **时 间** 第8-15周，第7周发放《实验手册》，并讲解实验内容会和具体实验安排
- **考 核** 以小组为单位，每个实验提交1份实验报告，**选6个小组在课堂上报告和演示**

课程报告与考核

■ 课程报告

课程结束两周内，每位同学须围绕某一领域应用DSP的现状或发展趋势，查阅文献，独立撰写一篇综述报告

■ 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15%+作业15%+课堂出勤5%+综述报告5%

课程章节

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)

一、什么是数字信号处理

二、数字信号处理的一般原理

一、什么是数字信号处理

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

- 凡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加工处理变换，即按数字运算规则或确定算法对信号进行处理

如对信号进行滤波、变换、参数提取、检测、压缩、识别、频谱分析等

- **对于DSP，广义的理解**是数字信号处理的基本理论、方法和实现技术；**狭义的理解**是指实现数字信号处理的器件或专用芯片

本课程主要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，但它可以定量地描述；信息、物质、能量被认为是构成一切系统的三个基本要素；信息是系统中传输或存储和处理的对象；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

信号处理的最基本的目的：就是从复杂的环境或系统中提取有用的信号

一、什么是数字信号处理

2.1 数字信号处理的基本内容

- 信号的**解析**

对信号产生的性质进行分析（评价、评断，给出结果）

- 信号的**变换**

对信号进行各种算术运算、滤波等，通常用传递函数或系统函数表示这类变换

- 信号的**合成**

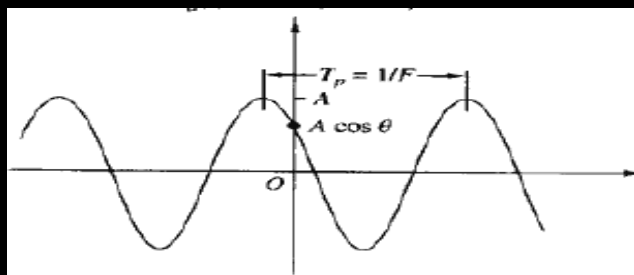
不直接对信号处理，是在信号分析的基础上进行

一、什么是数字信号处理

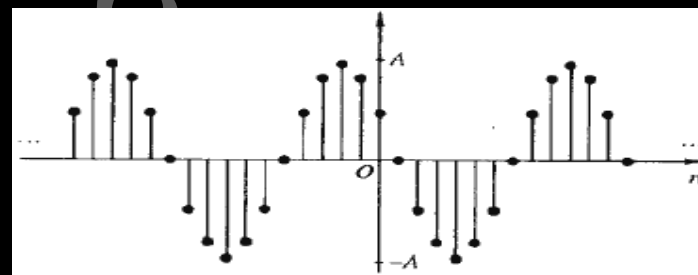
2.2 信号分类（按信号的时间、幅值的特征）

- **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

例：



模拟信号：模拟正弦信号



数字信号：离散正弦信号

一、什么是数字信号处理

2.2 信号分类（按信号的数学描述方式）

- **确定性信号** 信号的每一个值可以用有限个参量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。

一、什么是数字信号处理

2.3 信号处理的基本手段

信号处理中的三种基本运算：

和、积、卷积

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

$x(\tau)$ 与 $h(t - \tau)$ 的卷积运算—求和、乘积回路、记忆参考信号 $h(t)$ 的**记忆元件**，以及能在一定时间内对信号进行时间移位的**延迟元件**

一、什么是数字信号处理

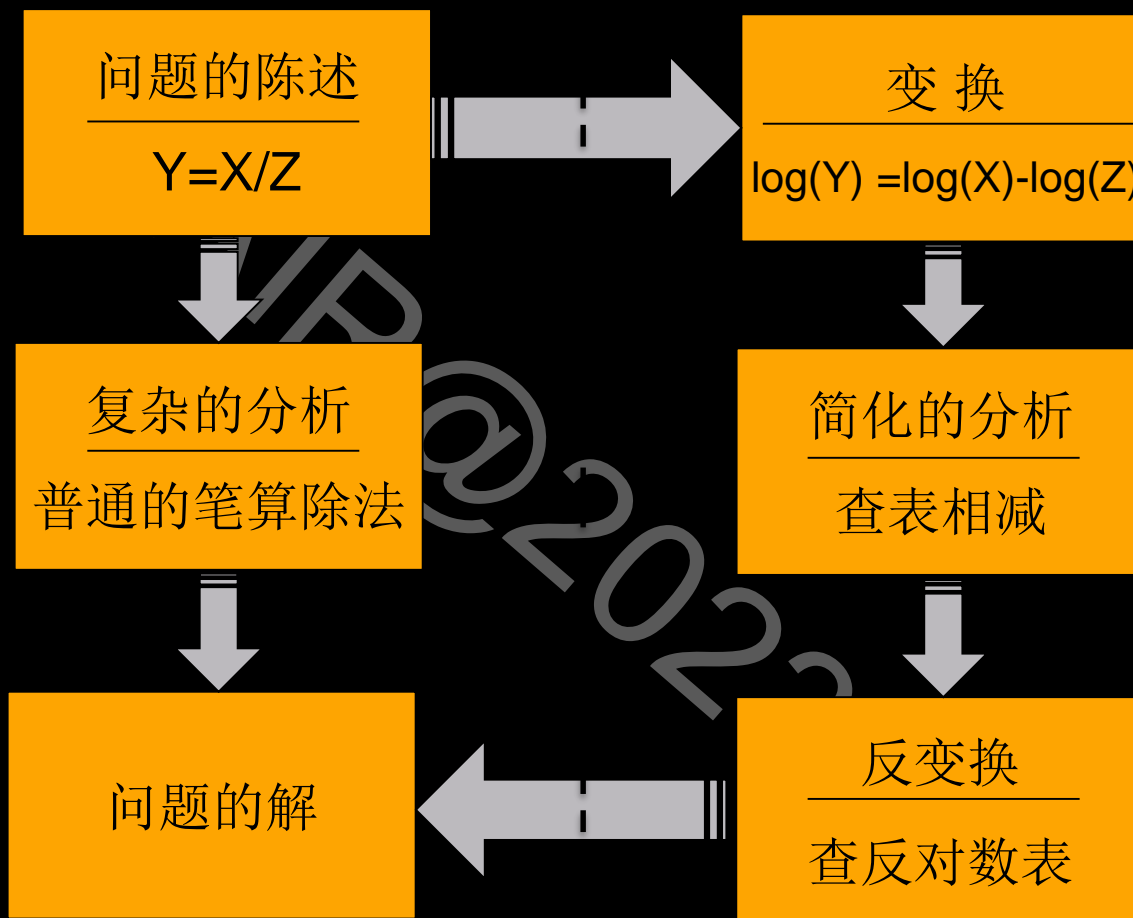
2.4 数字信号处理的基本方法

■ “变换” 分析

可以把信号的“处理”视作某种“变换”，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）

举例：模拟信号的采样变换和拉普拉斯变换，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 $Y=X/Z$)



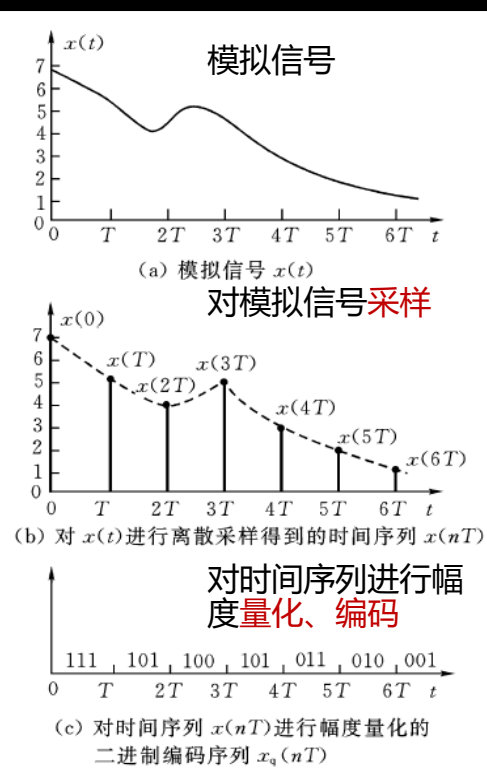
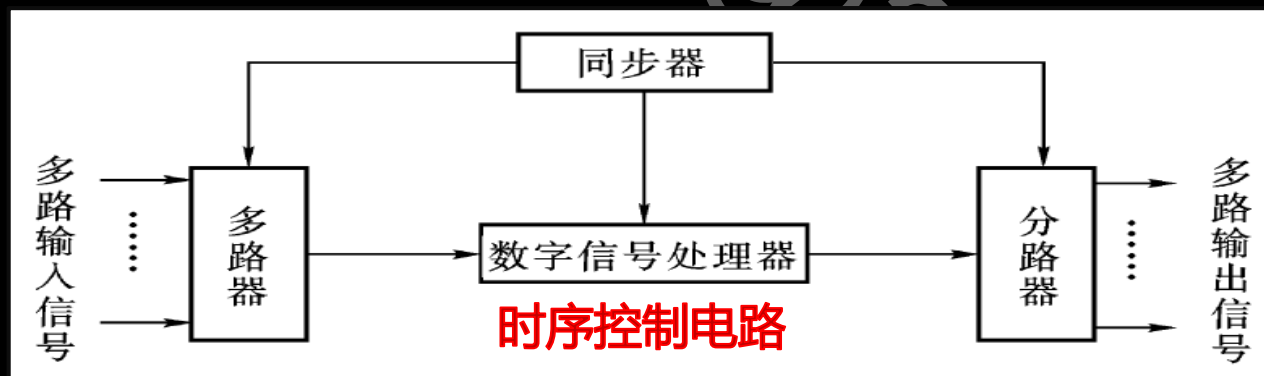
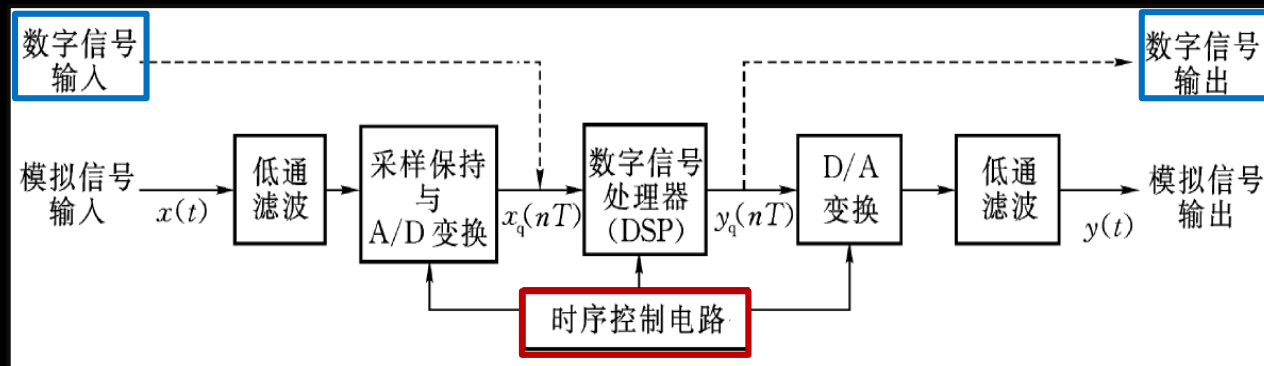
二、数字信号处理的一般原理

3.1 数字信号处理的实现形态

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

二、数字信号处理的一般原理

3.2 数字信号处理的基本模块



模拟信号与数字信号的转换过程

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

二、数字信号处理的一般原理

3.3 数字信号处理技术的特点

■ 精度高

数字系统：由字长确定（32位、64位系统）

模拟系统：由元器件精度确定

■ 灵活性高、容易集成

数字系统：更改程序参数（乘法器的系数等）决定，规范性高

模拟系统：重新设计硬件系统

■ 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” 已成为许多学科重要的理论基础与 创新技术的基本支撑

- 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、控制、通信、机械故障诊断、地球物理勘探、生物医学等领域扮演着重要的角色
- 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支撑技术之一

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，使我们能利用一种熟悉的工具进入到一个生疏的研究领域