华中科技大学
电子信息与通信学院
School of Electronic Information and Communications

数 字 信 号 处 理
(Digital Signal Processing)

杨　灵

Tel:　027-87556674(Lab)
Email:lyang@hust.edu.cn

2020年09月

Digital Signal Processing

Chapter 1. Introduction
Chapter 2. Discrete-Time Signals and Systems
Chapter 3. Discrete Fourier Transform and FFT
Chapter 4. Digital Filters Design
Chapter 5. Discrete-Time Random Signals
Chapter 6. Finite-Word-Length Effects*
Chapter 7. Power Spectrum Estimation (Classical Methods)*

Chapter 1　绪　　论

一、为何要上数字信号处理?

在过去的数十年中，数字信号处理(DSP)的领域，无论理论上还是技术上都有非常重要的发展。由于工业上开发和利用廉价的硬件和软件，使不同领域的新工艺和新应用现在都想利用DSP算法，使它成为本科教学内容。

二、基本概念

数字信号处理——用数字的方式对数字形式的信号进行处理；

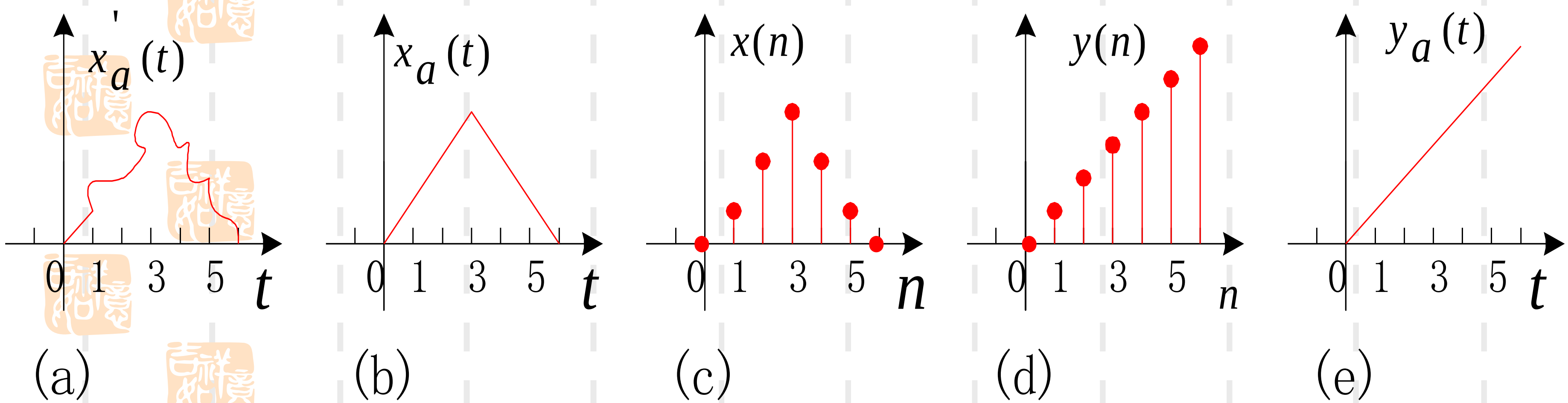
数字信号——用数字或符号的序列表示信号；

数字方式——在Computer或ASIC中用数字计算的方法对数字信号进行处理（如：滤波、检测、参数提取、频谱分析等）；

目的——将信号改变成某种需要的形式。

DSP——狭义理解可为数字信号处理器（Digital Signal Processor）；广义理解可为数字信号处理技术（Digital Signal Processing ）。本课程我们讨论的DSP的概念是指广义的理解。

三、DSP系统的基本组成



四、数字信号处理的实现方法

1. 采用大、中小型计算机和微机；
2. 用单片机；
3. 利用通用DSP芯片；
4. 利用特殊用途的DSP芯片。

五、DSP及DSP系统的特点

1. 精度高；
2. 可控性好，灵活性好；
3. 稳定性好，可靠性高；
4. 容易大规模集成；

5. 容易时分复用；
6. 可重复性好，容易获得高性能指标；
7. 可进行而维和多维处理。

六、DSP的发展历史和应用领域

发展历史：

1. 理论基础（经典数值计算or计算数学）：
   17th Century->18th Century 中叶发展起来；
2. DSP独立学科的形成：20th Century 40～50 Generations，
   迅速发展：60年代中期；

3. FFT对DSP迅速发展起了极大的推动作用：

1965年，J.W.Cooley & J.W.Tukey提出了FFT（Fast Fourier Transform），很快得到了推广应用；

4. 数字滤波器（Digital Filter）设计方法的研究是DSP迅速发展的另一个标志，40年代～60年代中期，形成了完整的理论基础（FIR & IIR）；

有限冲击响应（FIR-Finite Impulse Response）；

无限冲击响应(IIR-Infinite Impulse Response)。

5. 计算机技术和专用DSP芯片的快速发展反过来促进了DSP理论研究的迅速发展。

通用微处理器结构：冯.诺依曼结构；

DSP芯片：哈佛结构（指令并发、流水线技术）

代表产品：TI公司的TMS320XXX系列产品。

三个著名的DSP实验室：Bell实验室、IBM的Watson实验室、MIT的Lincoln实验室。

应用领域：

遍及日常生活及各专业领域（语音滤波效果实例）。

七、DSP技术的发展趋势

可用四个字“多快好省”来概括。

1. 多--DSP的型号越来越多；

2. 快--即运算的速度越来越快；

3. 好--主要是指性能价格比；

4. 省--功耗越来越低。

八、本课程的性质、主要内容和课程安排等

性质：专业基础课。

DSP仿真软件平台：MATLAB(Ver 2009b)。

讲授内容：（共五章：1-5、7章）

1. 绪论信号的表示方法
2. 离散时间信号和系统的表示方法
3. DFT及其快速算法（FFT）
4. 数字滤波器的结构及其设计方法
5. 离散时间随机信号的基本理论（随机信号通过线性非移变系统、功率谱）
6. 有限字长效应的基本概念
7. 功率谱估计的经典方法

课程目标：

1. 掌握DSP的基本概念、基本理论和基本方法；
2. 为以后学习DSP设计、数字通信和现代数字信号处理等相关课程打下良好的基础；
3. 希望对研究生入学考试有所帮助。

课程安排：

40+8学时/3学分；4学时/周；12周讲完。

考试：

全年级统一命题，统一考试。

考试方式:开卷。

作业：

第二章：2.14(3)～(10)，2.19，
2.31，2.33，2.35；

第三章：3.4，3.6(2)～(4)，3.8，3.10，
3.13，3.16，3.18，3.20；

第四章：4.3，4.4(1)，4.6(1)，4.7，
4.12，4.14，4.17，4.18；

第五章：5.2，5.4，5.12，5.14，5.19。

注意：每章讲完交一次作业。

九、本课程的前导课程

1. 高等数学；
2. 复变函数；
3. 信号与系统；
4. 随机过程。

十、参考书和教材

参考书:

1. 《数字滤波与傅里叶变换》，程佩青，清华大学出版社。

2.《数字信号处理》（第二版），丁玉美，高西全 编著，西安电子科技大学出版社；

3.《Digital Signal Processing》，

A.V.Oppenheim & R.W.Schaffer；Prentice-Hall,INC. 1975。

中译本：《数字信号处理》，A.V.奥本海姆，R.W.谢弗著；董士嘉，杨耀增 译，科学出版社，1980。

--习题解答：TN911/4A。

4.《离散时间信号处理》，奥本海姆、谢弗著，黄建国、刘树棠译，科学出版社，1998。

5. 《**Discrete-Time Signal Processing**》，**Alan V. Oppenheim** , **Ronald W. Schafer** , **John R. Buck** . **Prentice Hall; 2nd edition (February 15, 1999).**

6. 《Matlab教程-基于6.X版本》，张志涌，徐彦琴 等编著，北京航空航天大学出版社，2005年2月。

7. 《数字信号处理学习指导与题解》（第2版），姚天任编著，华中科技大学出版社，2005年。

教材：

《数字信号处理》（第3版），姚天任，江太辉，华中科技大学出版社，2007年。

附录：本课程常用的数学公式

$$e^{j\theta}=\cos\theta+j\sin\theta \qquad \sin\theta=\frac{e^{j\theta}-e^{-j\theta}}{2j} \qquad \cos\theta=\frac{e^{j\theta}+e^{-j\theta}}{2}$$

$$\sum_{n=0}^{+\infty}\alpha^n=\frac{1}{1-\alpha},|\alpha|<1 \qquad \sum_{n=0}^{N-1}\alpha^n=\begin{cases} N,\alpha=1 \\ \dfrac{1-\alpha^N}{1-\alpha},\alpha\neq 1\end{cases}$$

$$\sum_{n=n_0}^{N-1}\alpha^n=\frac{\alpha^{n_0}-\alpha^N}{1-\alpha} \qquad \sum_{n=n_0}^{N-1}=\sum_{n=0}^{N-1}-\sum_{n=0}^{n_0-1} \qquad n_0,N:\mathrm{int}$$

$$\sum_{n=1}^{N}n=\frac{N(N+1)}{2}$$

$$\cos(x \pm y) = \cos x \cos y \mp \sin x \sin y$$

$$\sin(x \pm y) = \sin x \cos y \pm \cos x \sin y$$

$$\cos 2x = \cos^2 x - \sin^2 x$$

$$\sin 2x = 2 \sin x \cos x$$

$$e^x = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{x^n}{n!}$$

$$\sum_{n=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi}{N}(k-r)n} = \begin{cases} N, k-r = mN \\ 0, k \neq r + mN \end{cases}, k, r, m, N : \text{int}$$

本章结束，谢谢！