A decorative header at the top of the slide featuring a green grassy ground line. On the left, there is a small brown brick with a red flag on top and a small blue character with a green hat. On the right, there is a small red flag on a pole.

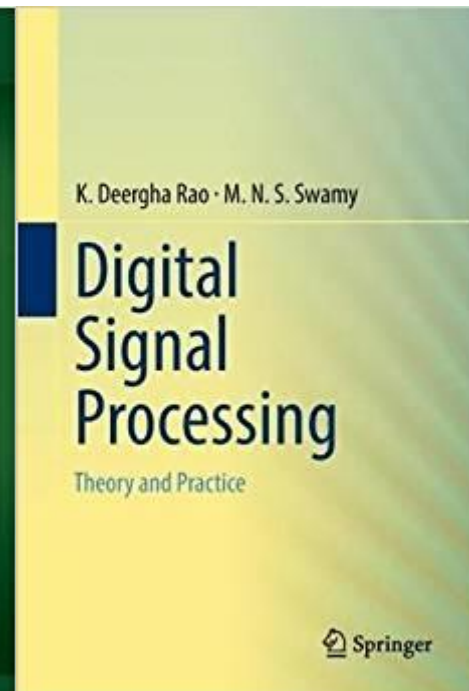
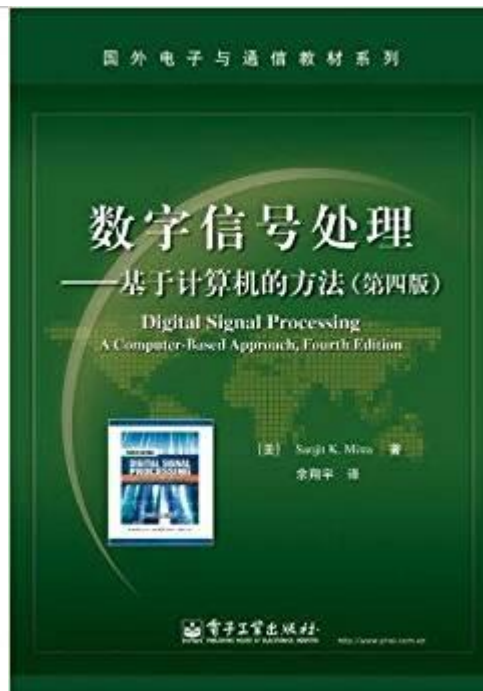
数字信号处理

任课教师：许录平 余航

单位：空间科学与技术学院

Email: hyu@xidian.edu.cn

参考书籍：



- 数字信号处理（第四版）
- 数字信号处理——原理、算法与应用（第四版）
- 数字信号处理——基于计算机的方法（第四版）
- Digital Signal Processing- Theory and Practice



在线资源:

■ 洛桑联邦理工学院

<https://www.coursera.org/learn/dsp1/home/welcome>

■ 西安电子科技大学

<https://www.icourse163.org/course/XDU-1002200002?tid=1002762006>

■ 中国大学MOOC

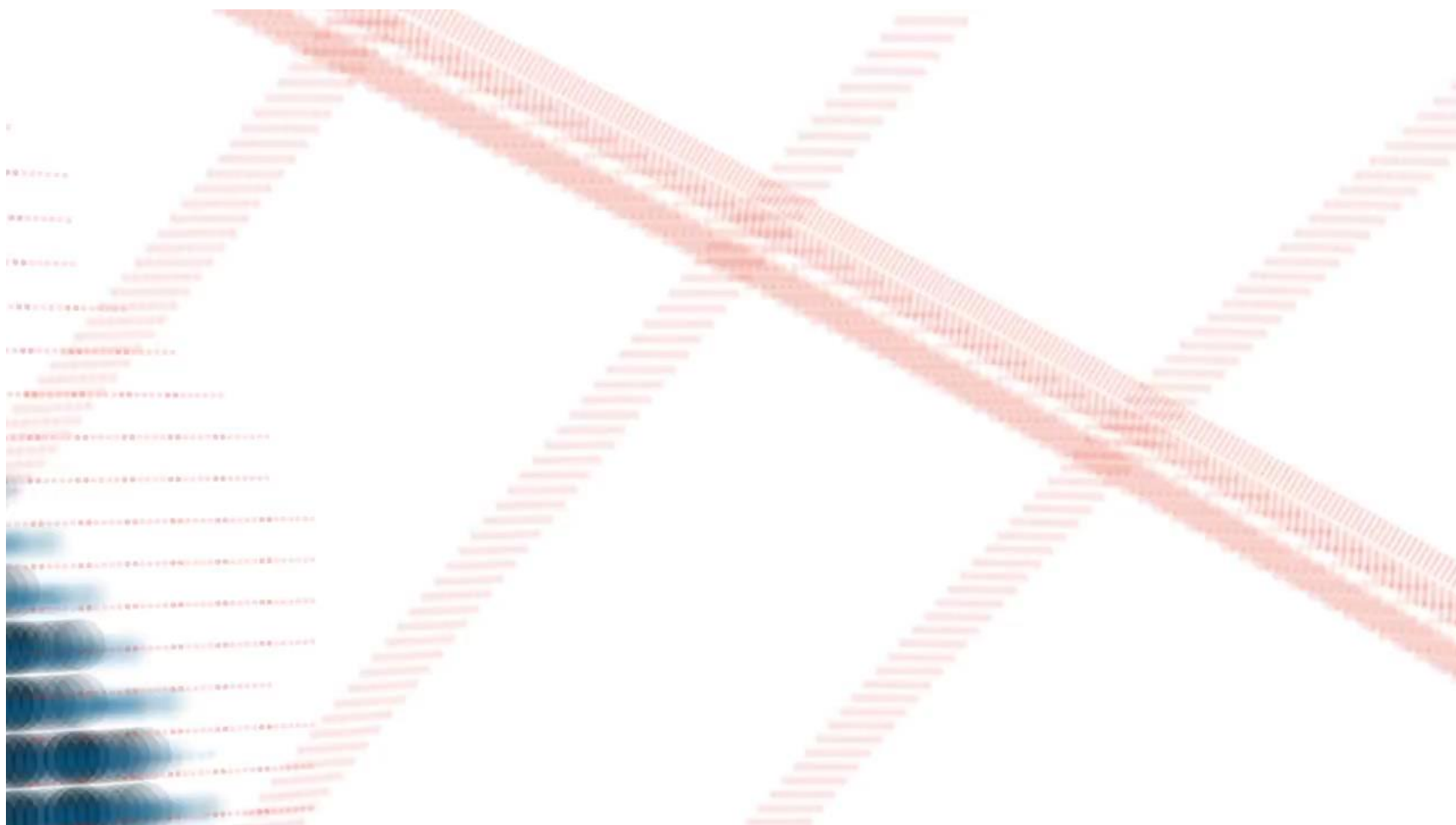
<https://www.icourse163.org/>



关于课程

考核内容及成绩评价方式

- 平时上课及作业成绩：30%。主要考核对每堂课知识点的复习、理解和掌握程度。
- 期末成绩：70%。主要考核基本概念、基本分析计算方法的掌握程度。





第一章 绪论

- 信号处理
- 信号分类
- 数字信号处理系统
- 课程内容

第一章 绪论

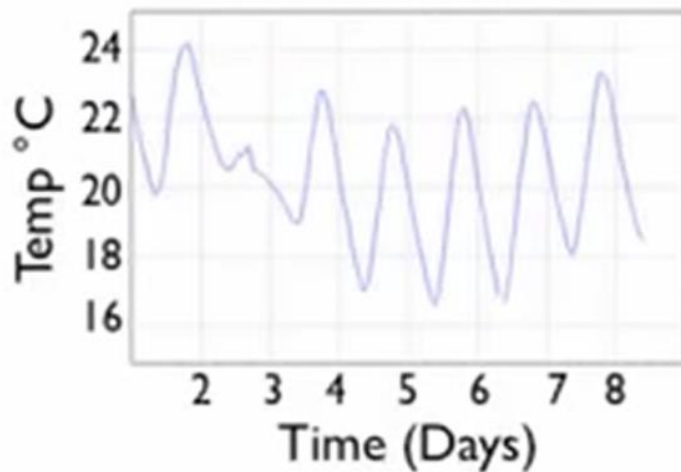
信号

- 信号：信号是信息的载体，是随时间、空间或其他自变量而变化的物理量。
- 表现形式：电、磁、机械、热、光、声...

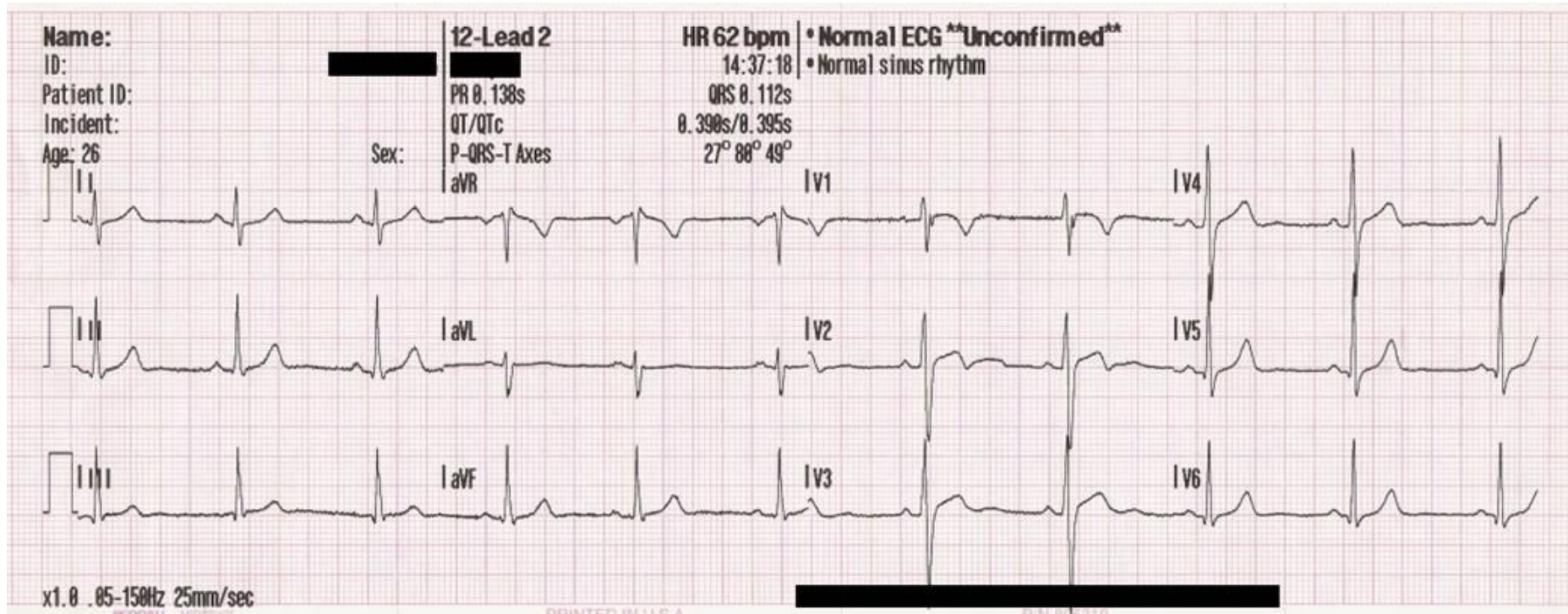
Alpine Lake Image



River Temperature



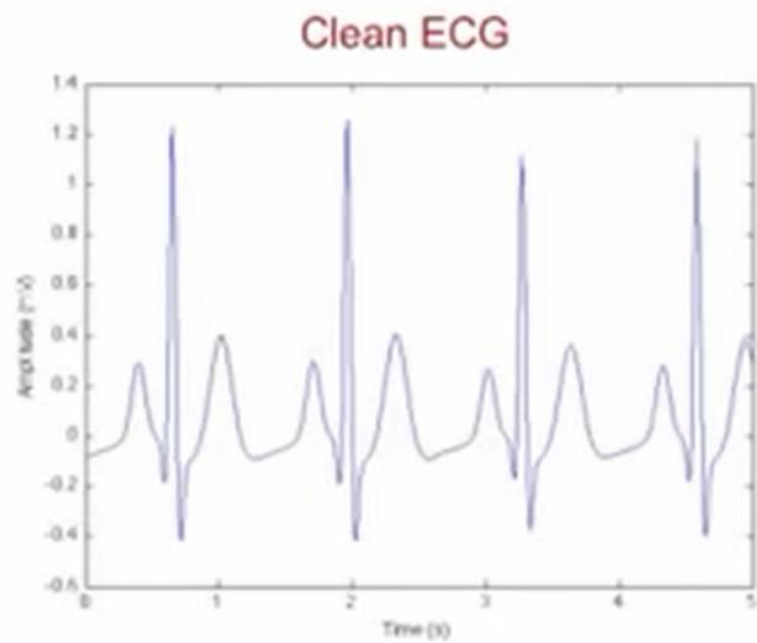
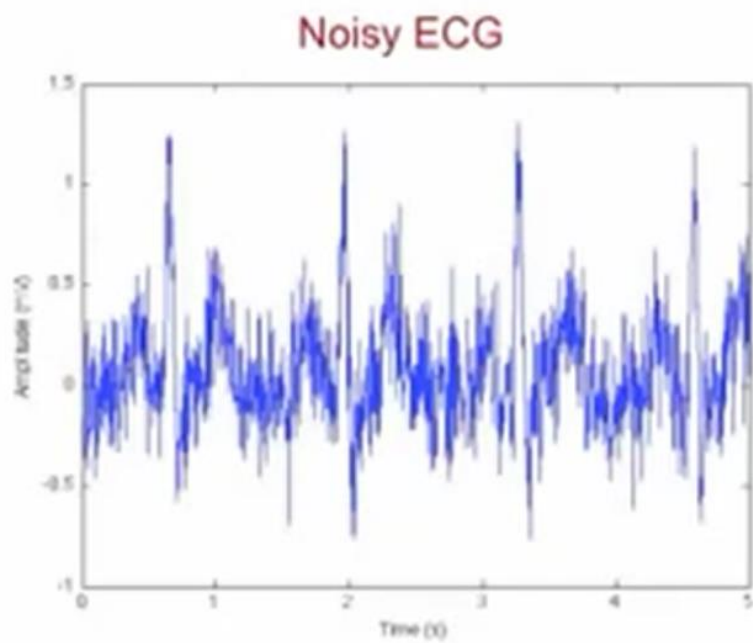
➤ 心电图(ECG)



Electrocardiography (ECG)

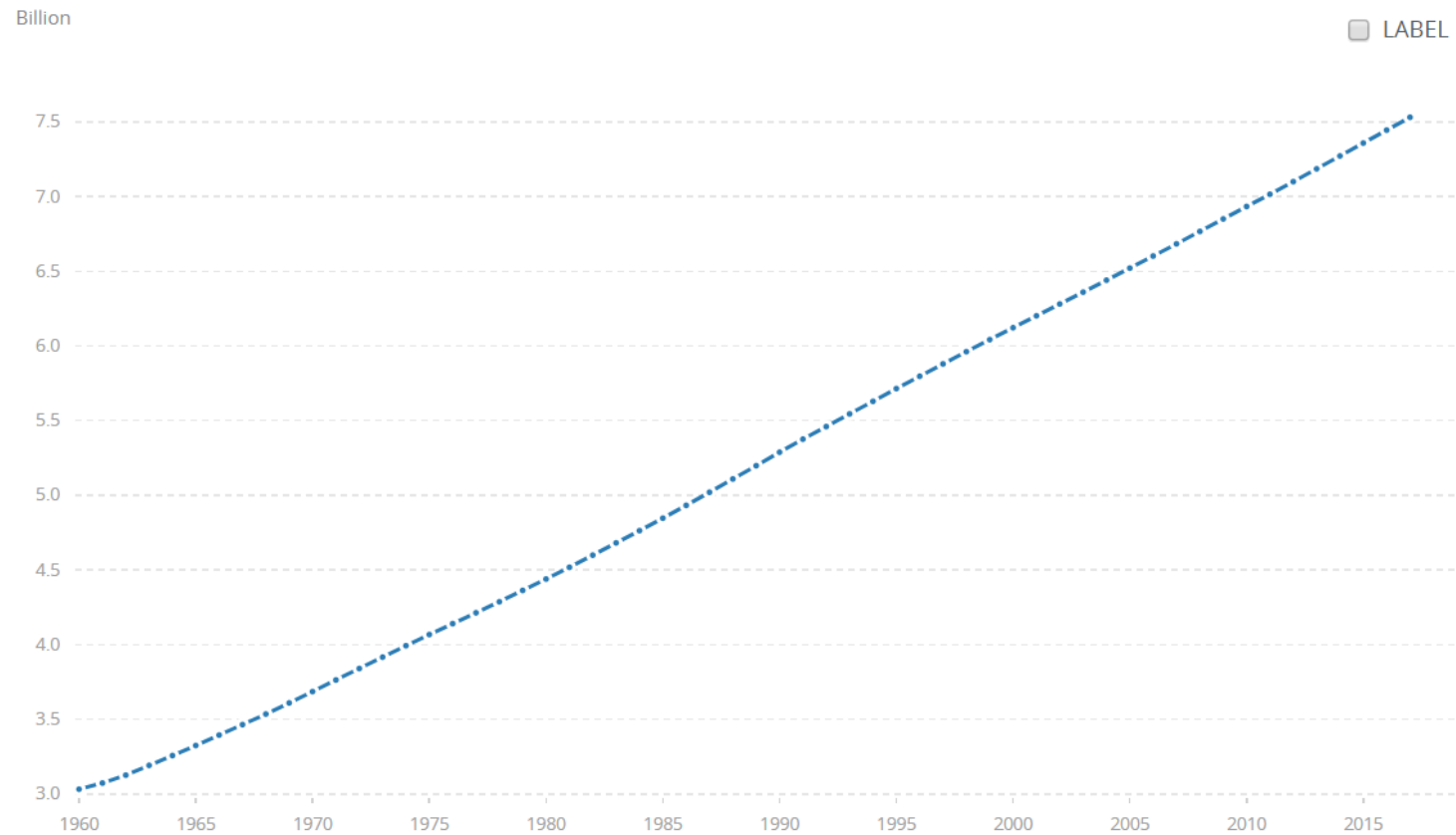


➤ 心电图



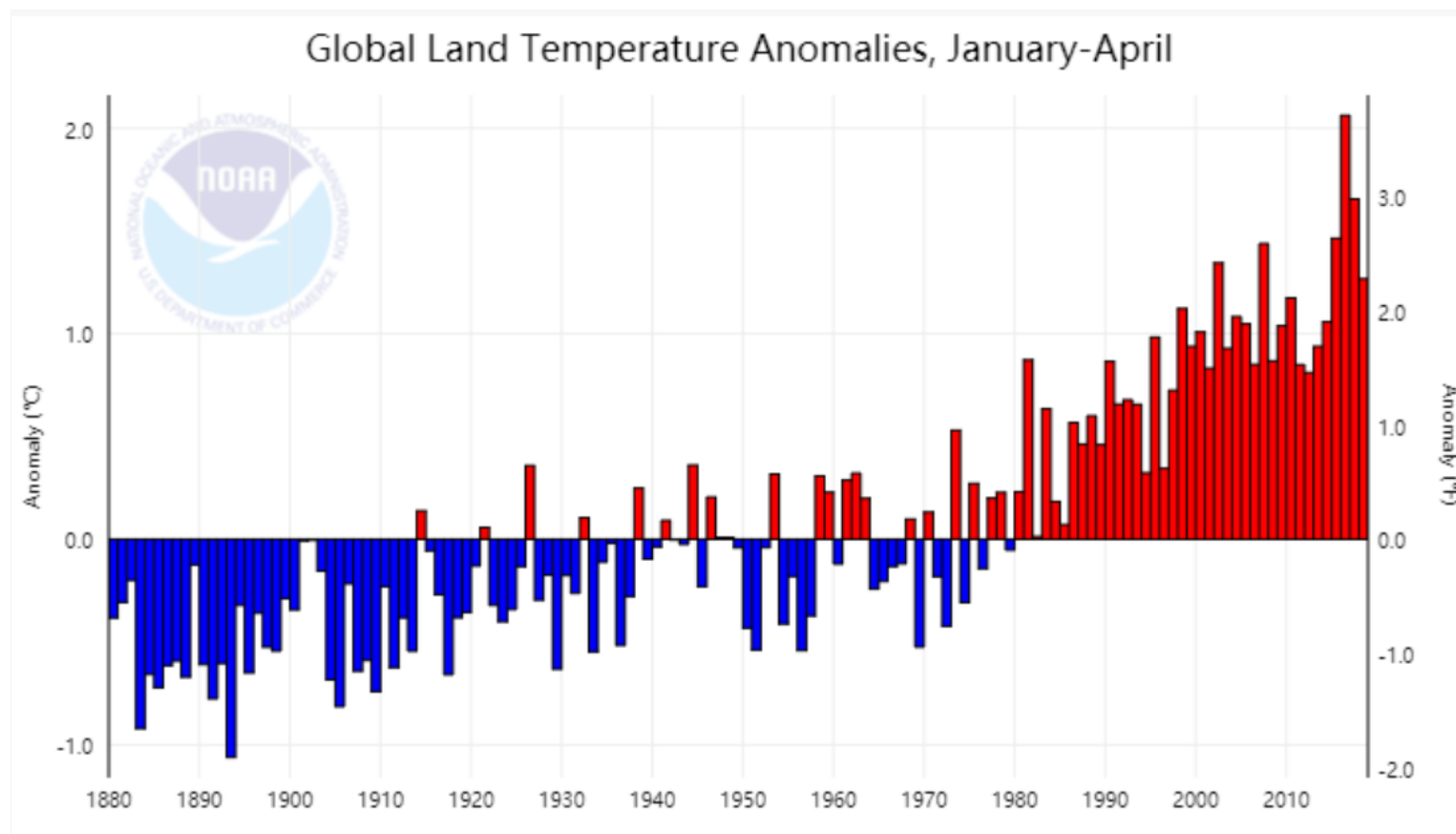


➤ 世界人口数量



世界人口数据（1960-2017）

➤ 地表温度



世界地表温度异常（1880-2018）

股票



上证综合指数变化情况

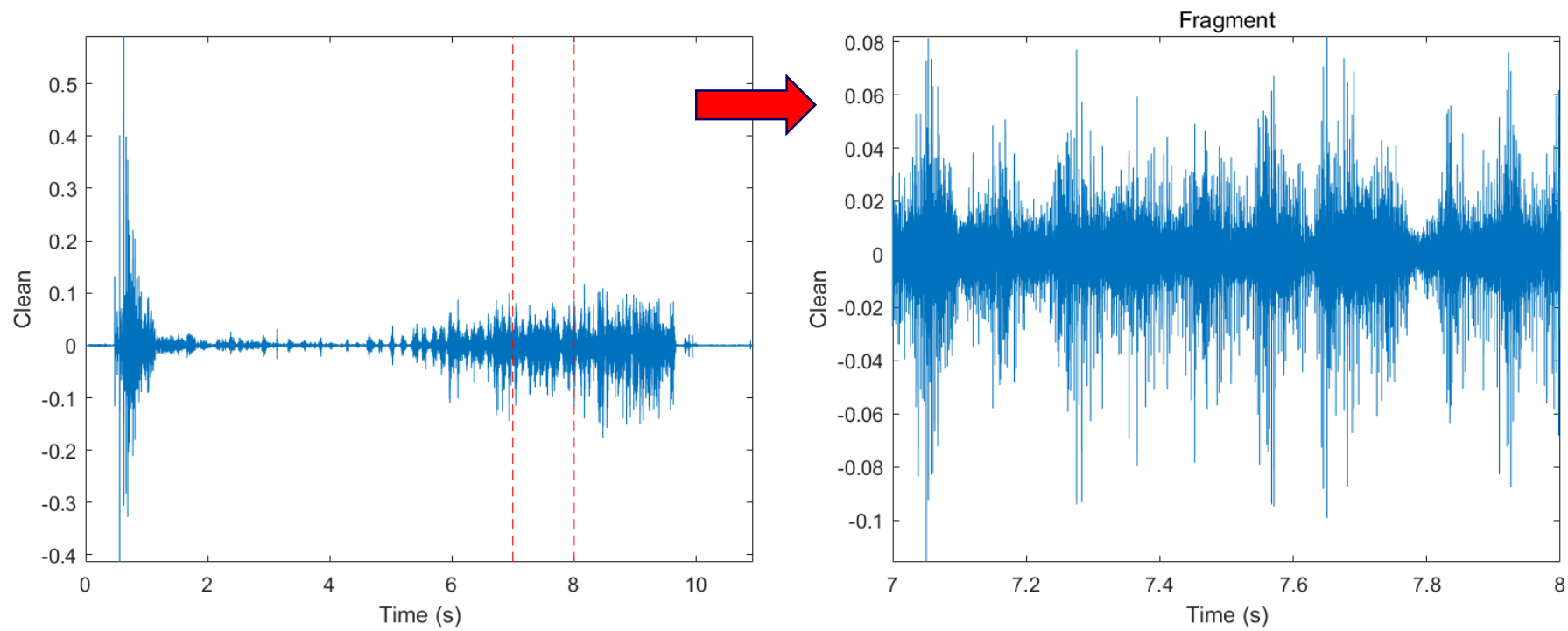


➤ 脉冲星信号



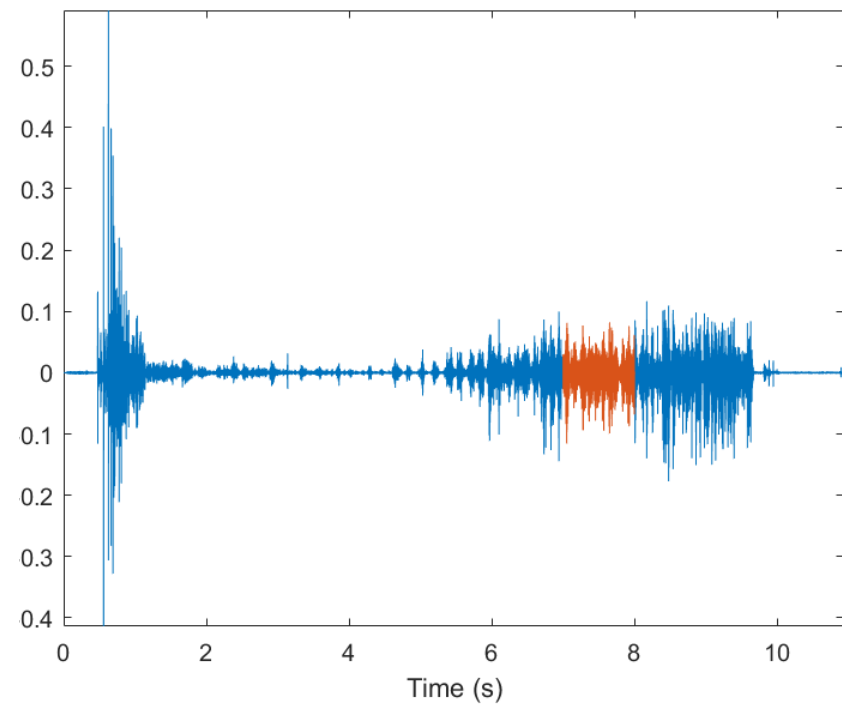
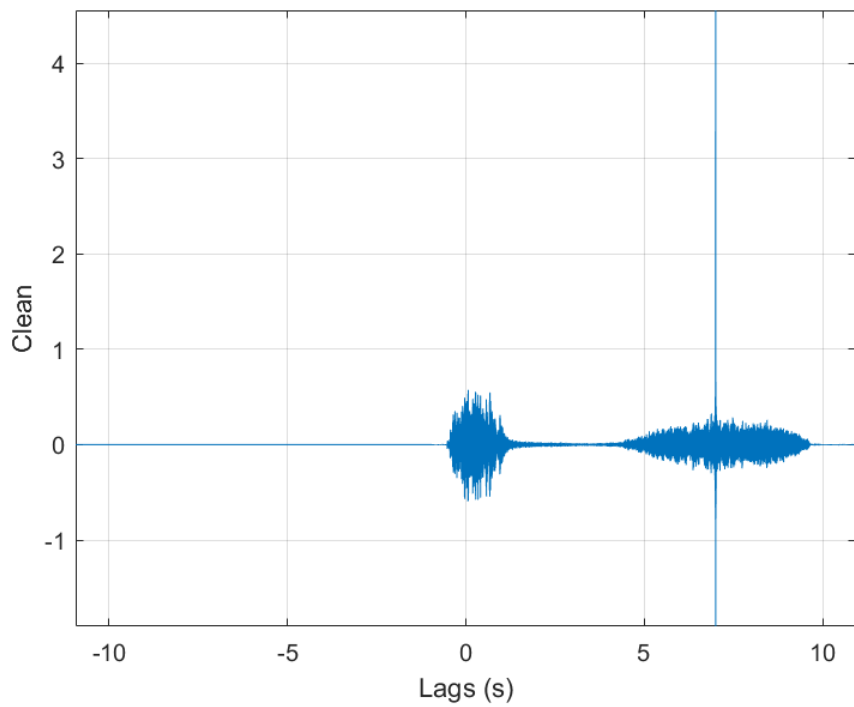


■ 语音信号处理



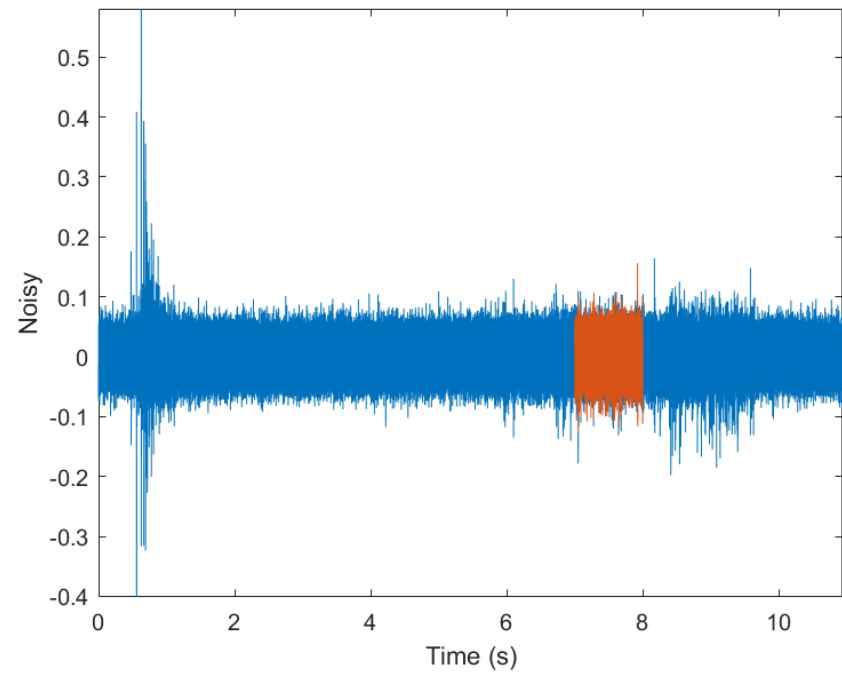
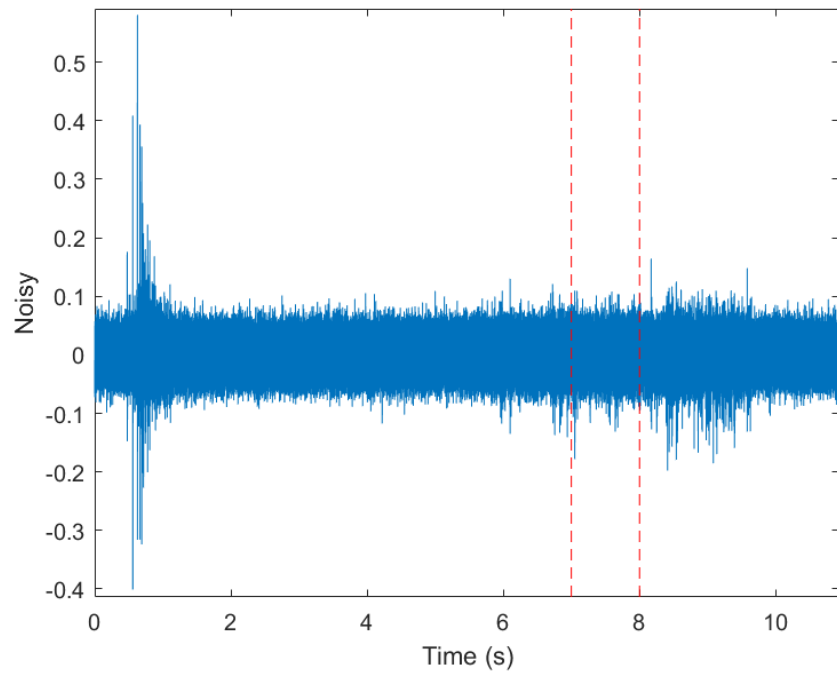


■ 语音信号处理



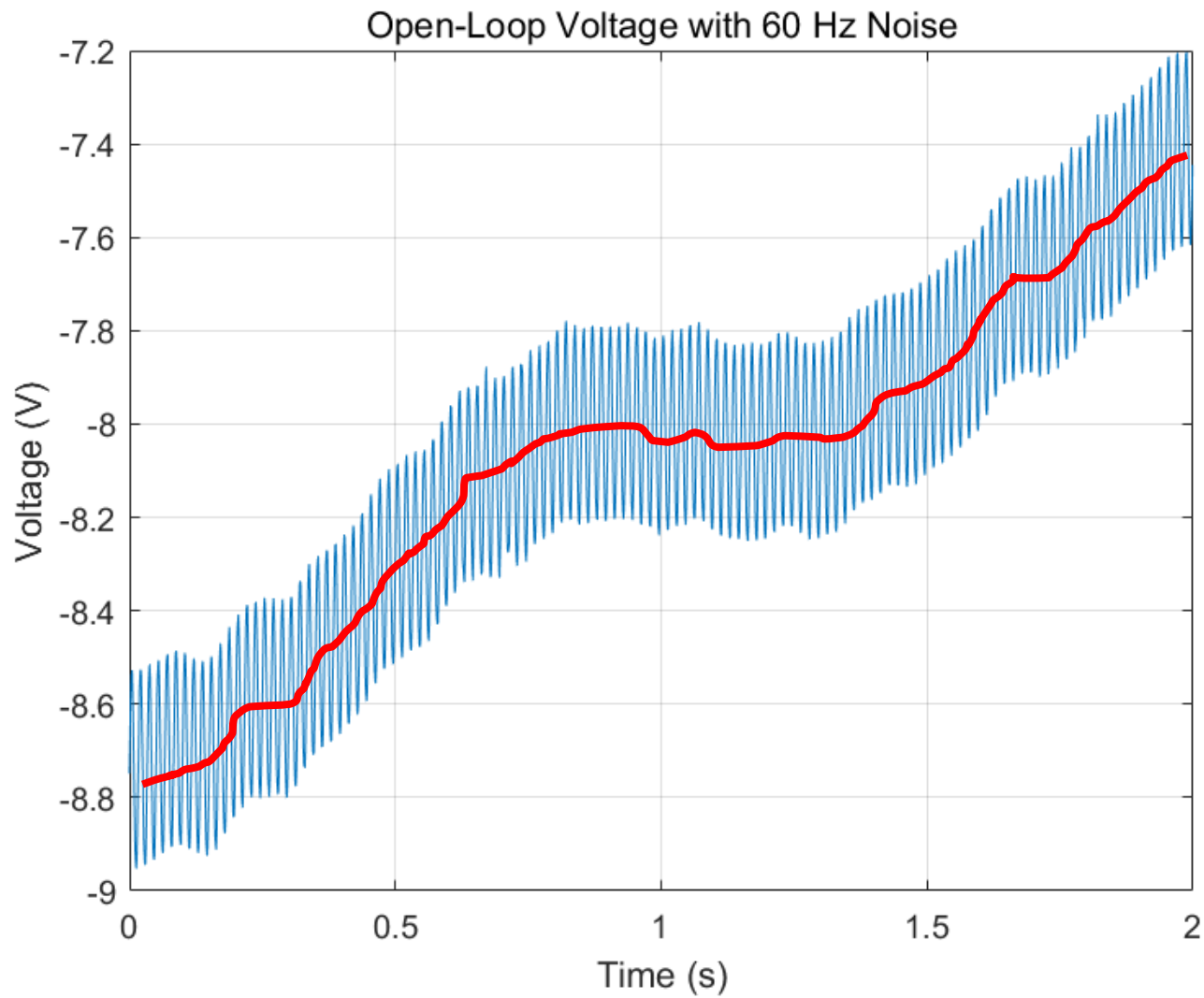


■ 语音信号处理



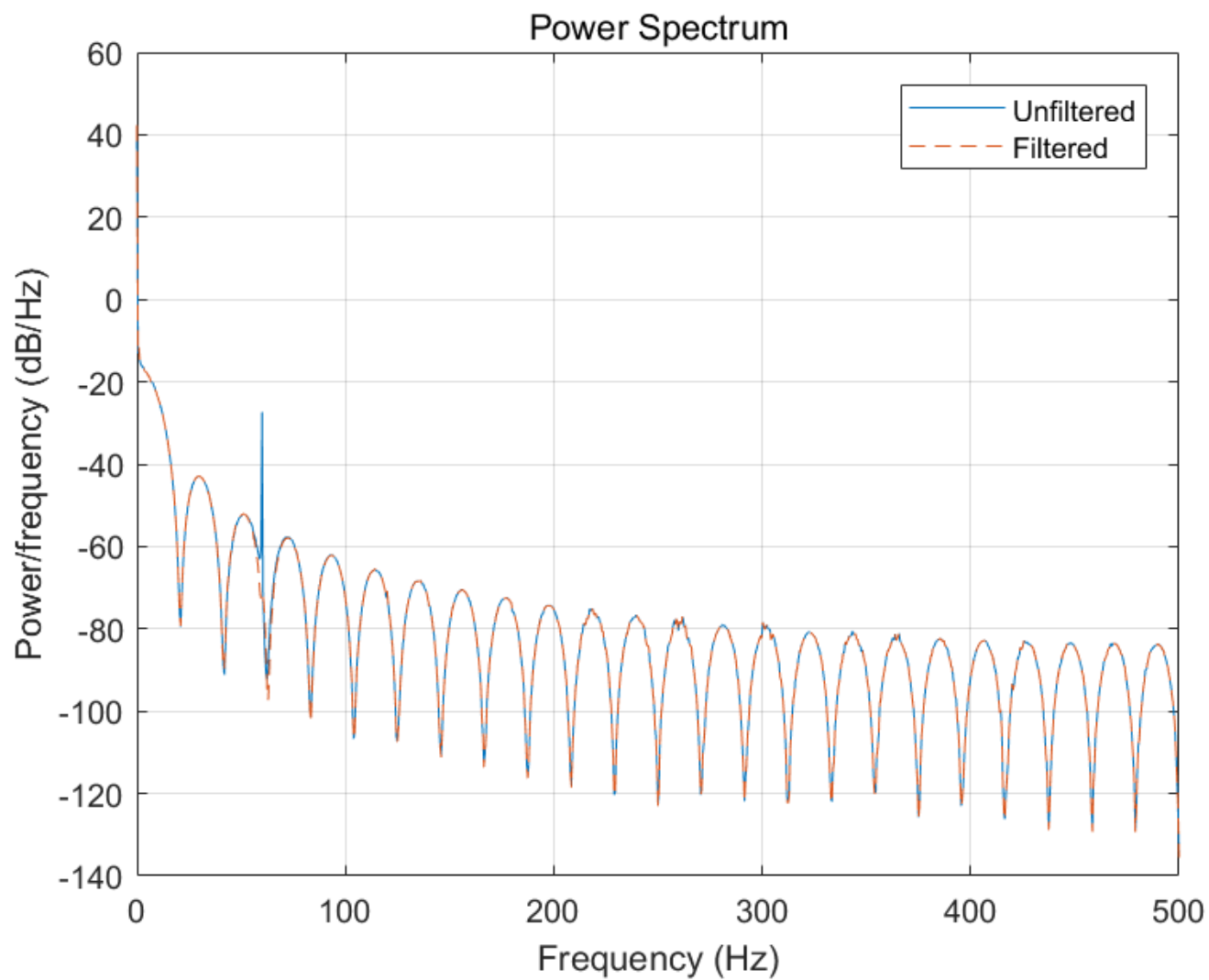


■ 电压信号处理



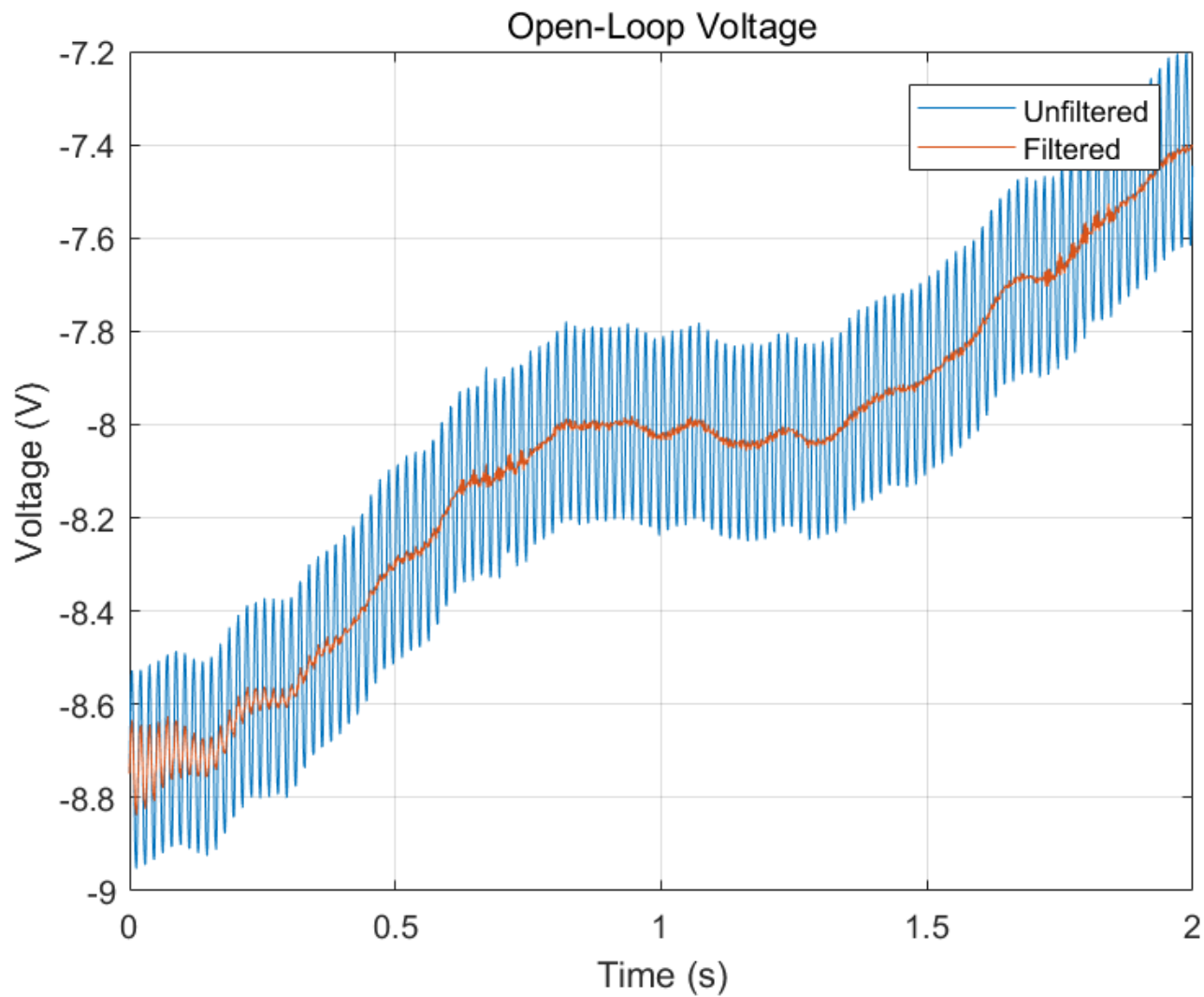


■ 电压信号处理



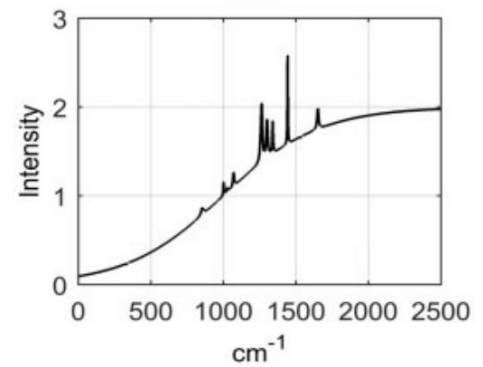
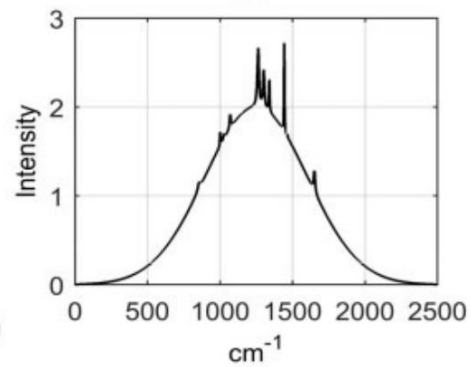
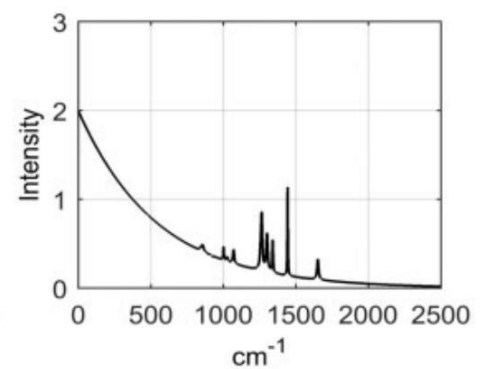
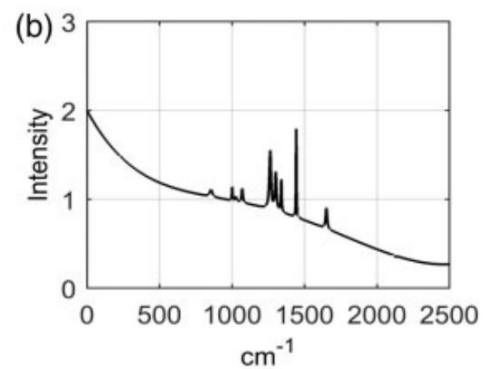
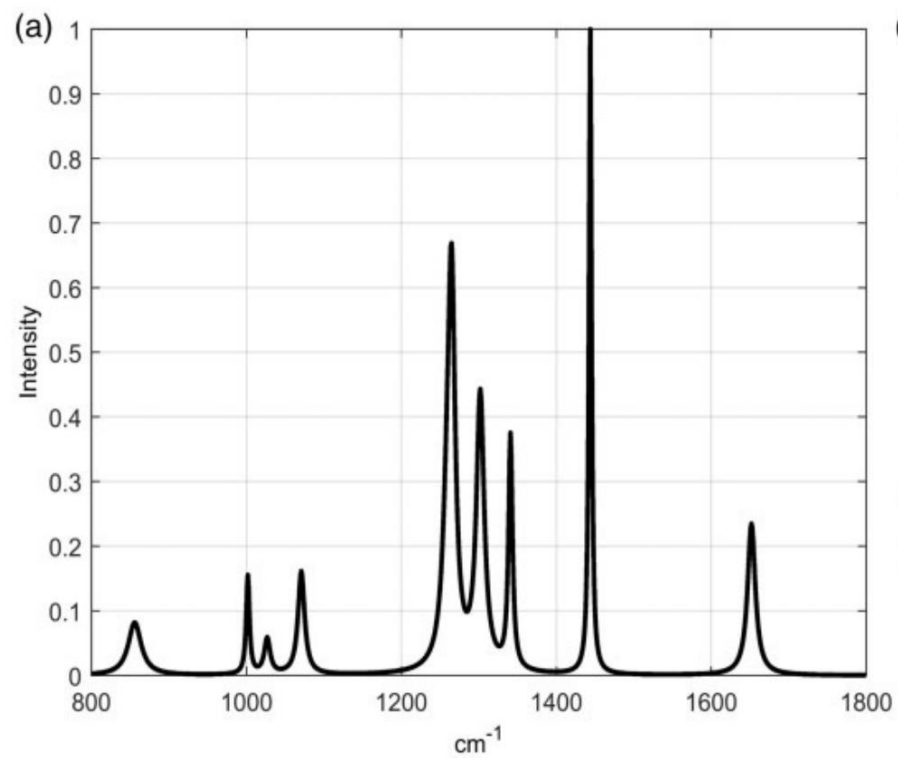


■ 电压信号处理





■ 光谱信号处理



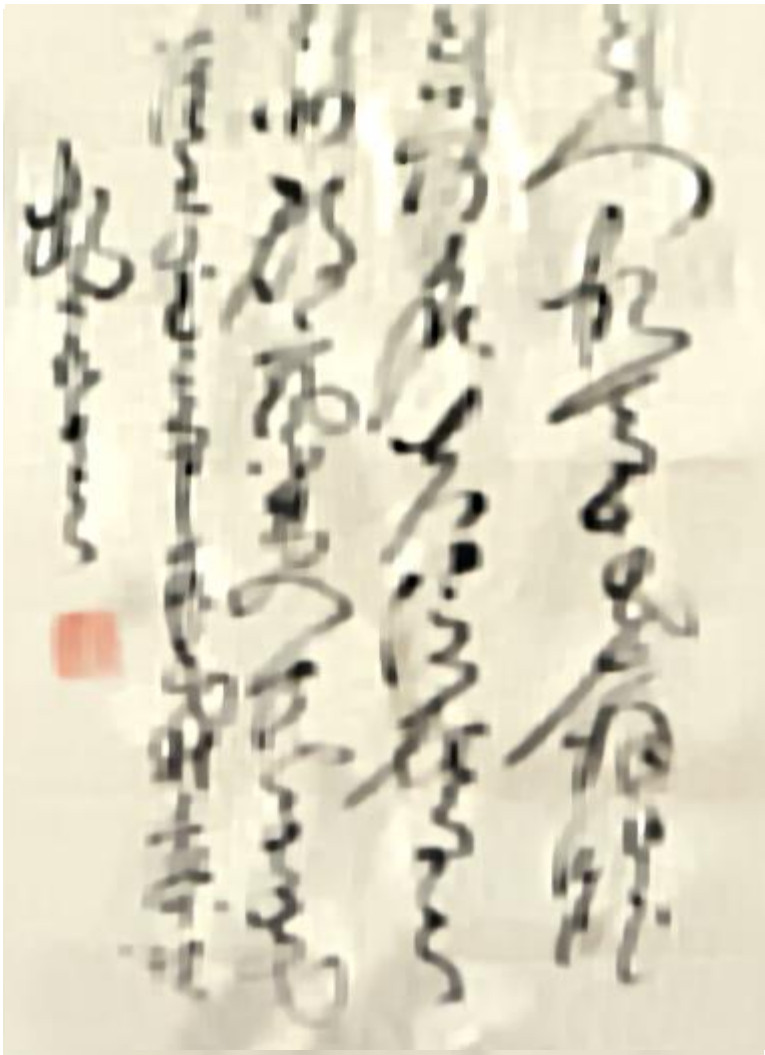


■ 图像处理——去噪





■ 图像处理——去模糊





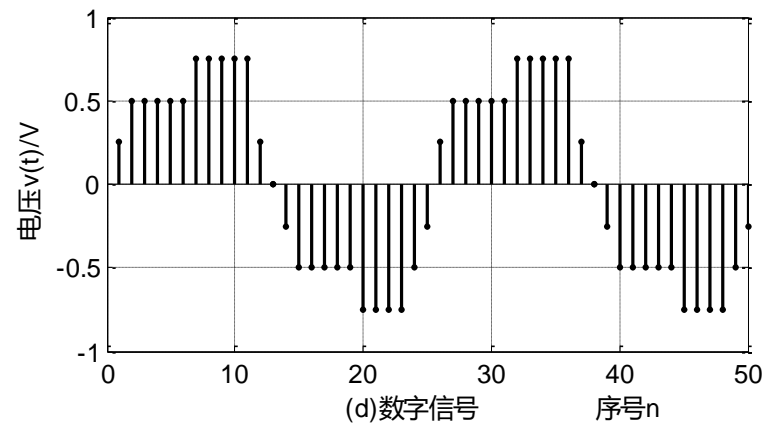
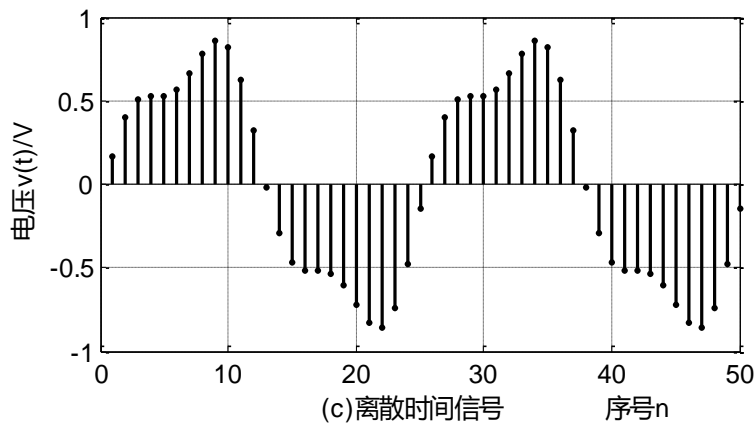
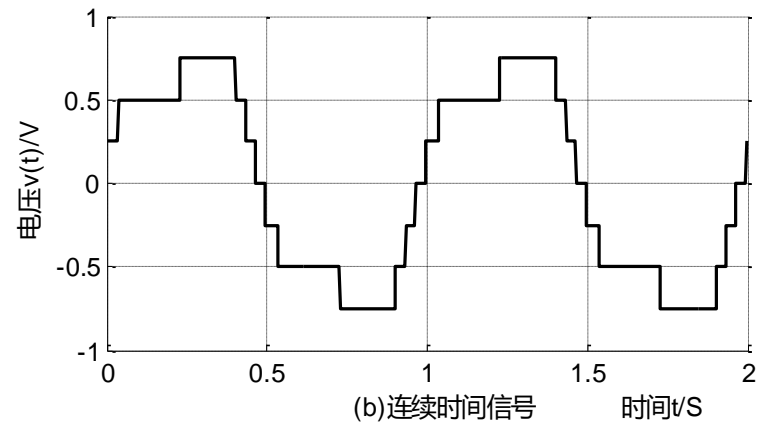
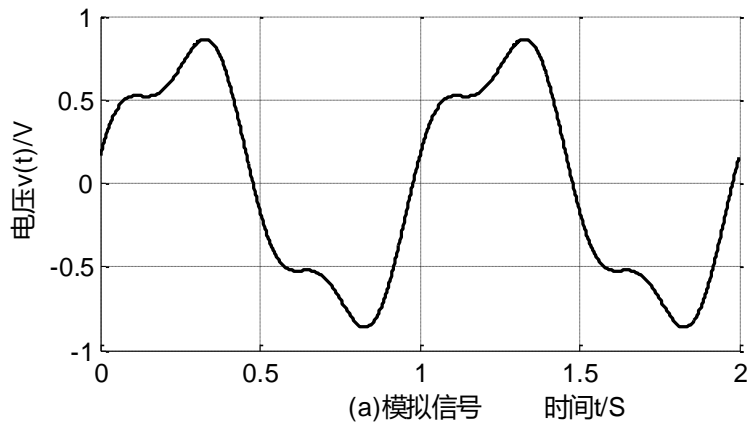
第一章 绪论

- 信号处理
- 信号分类
- 数字信号处理系统
- 课程内容



信号分类

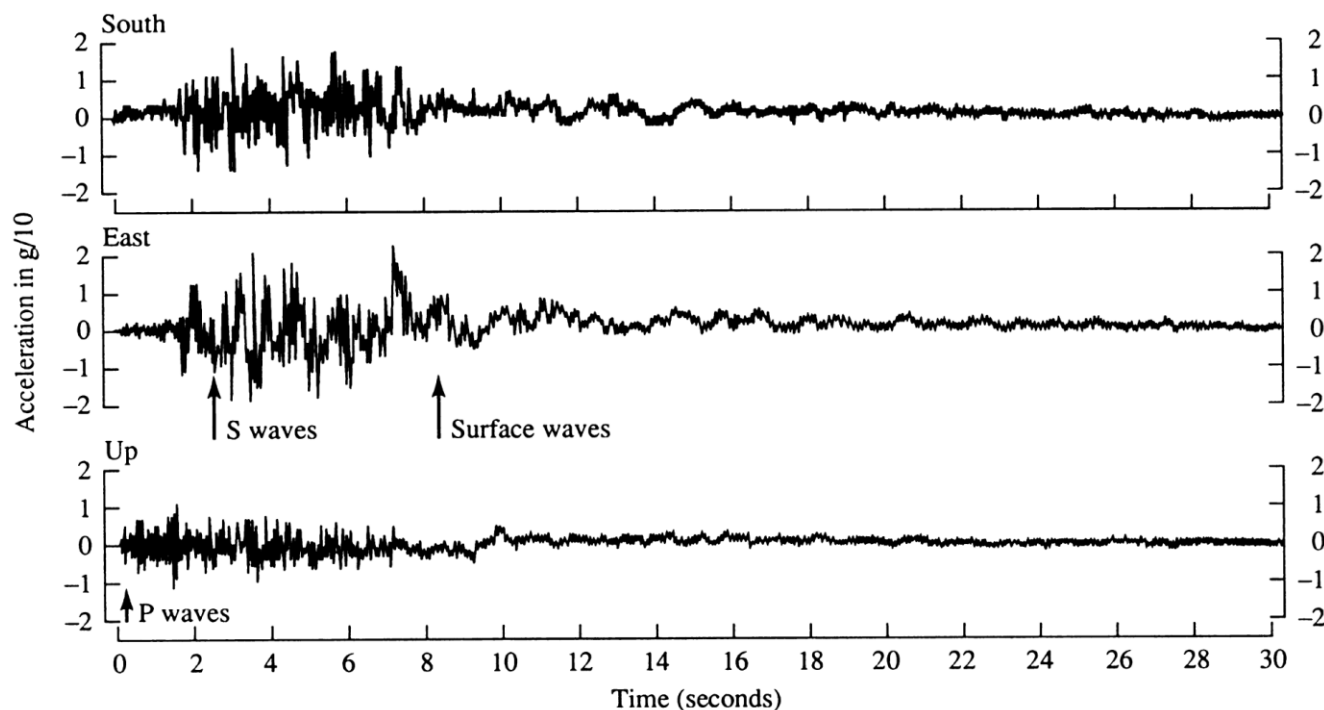
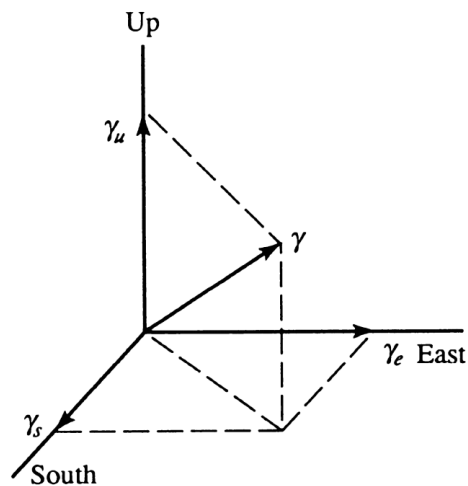
◆ 连续时间信号与离散时间信号



信号分类

◆ 多通道信号与多维信号

$$S(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ s_3(t) \end{bmatrix}$$



地震中测量的加速度的三个成分

信号分类

◆ 多通道信号与多维信号

$$S(t) = \begin{bmatrix} s_1(t) \\ s_2(t) \\ s_3(t) \end{bmatrix}$$

R分量



G分量



B分量



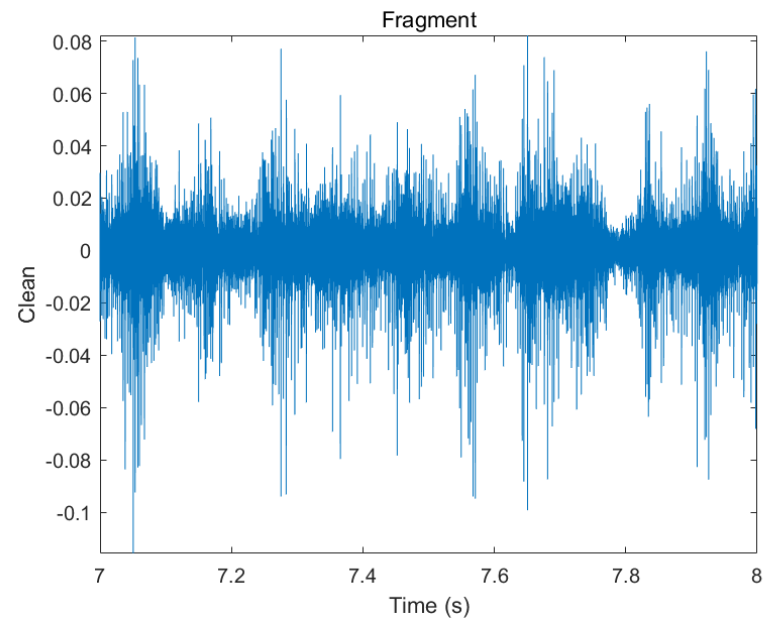
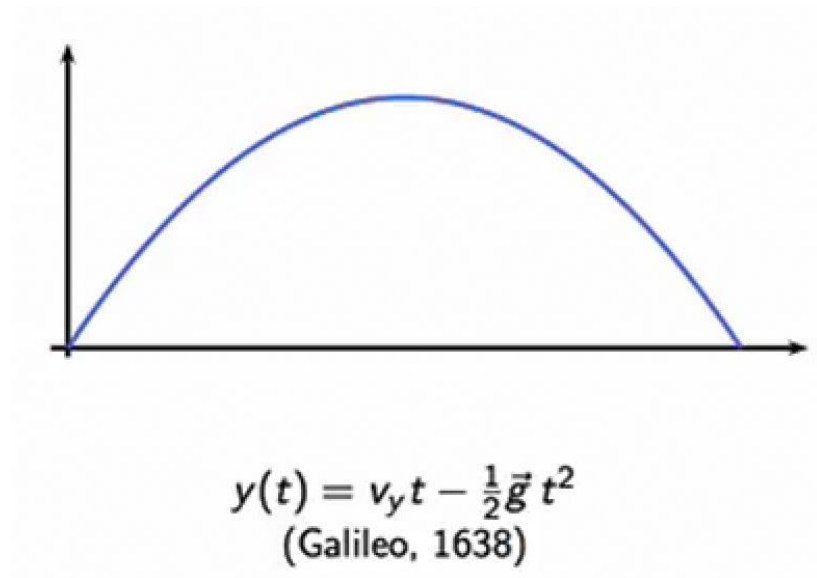
RGB





信号分类

◆ 确定性信号与随机信号





2. 数字信号处理的方式（优缺点）

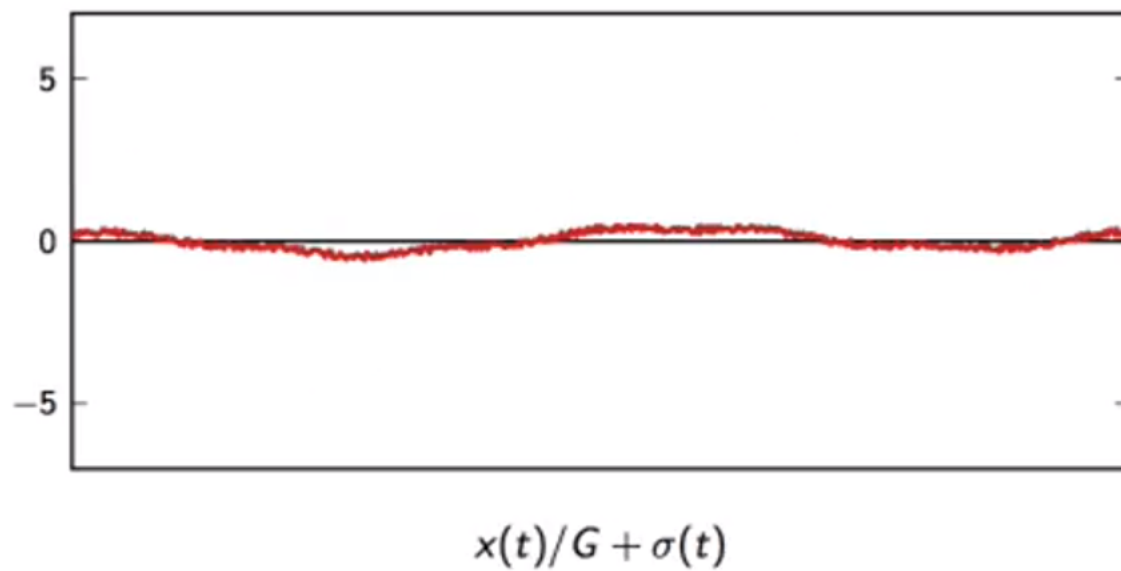
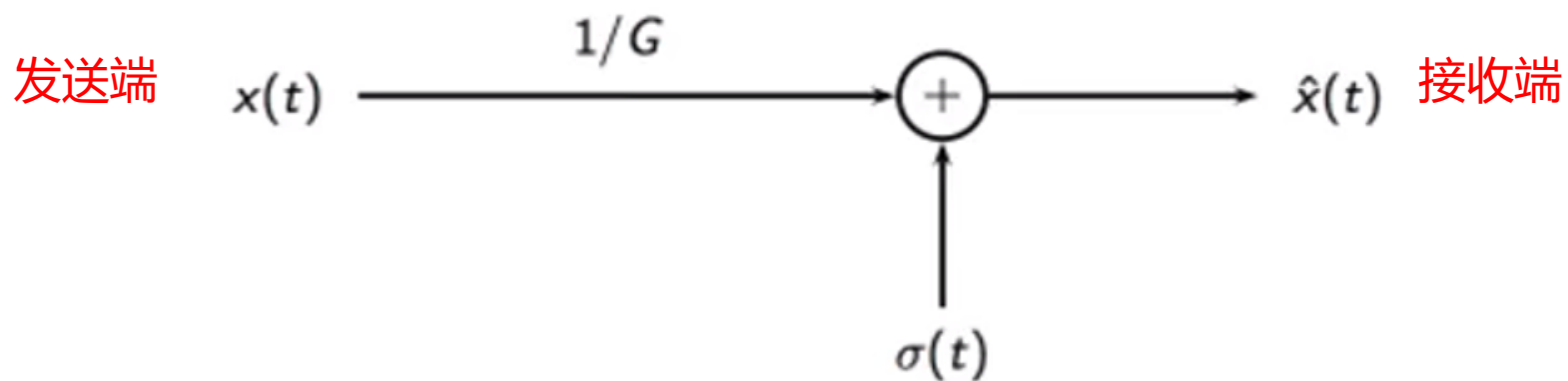
- 处理方式：模拟—模拟器件
 数字—数值计算
- 实现方式
 - 软件：按原理和算法，编程
 - 硬件：硬件结构图，加法器、乘法器、控制、存储...
 - 软硬结合： DSP芯片



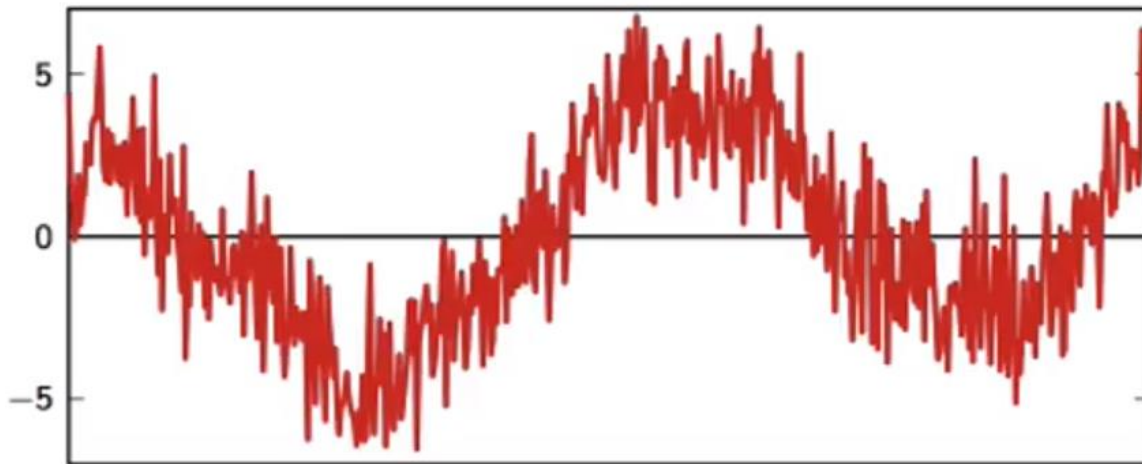
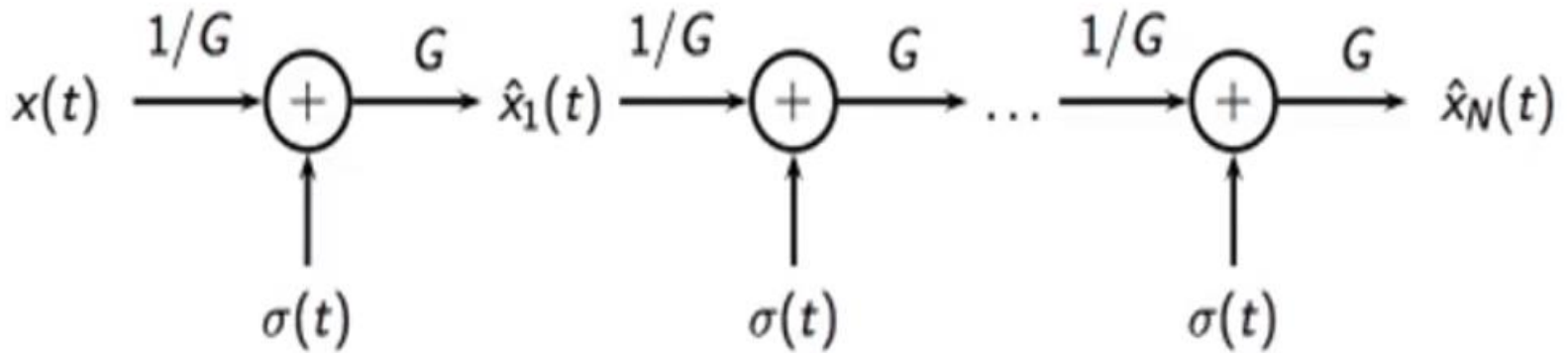
第一章 绪论

- 信号处理
- 信号分类
- 数字信号处理系统
- 课程内容

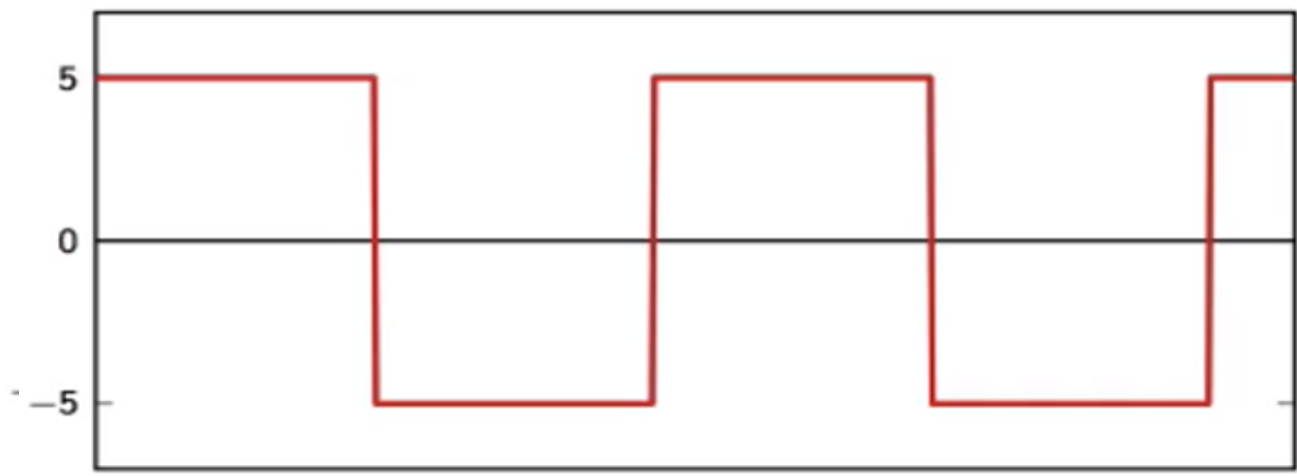
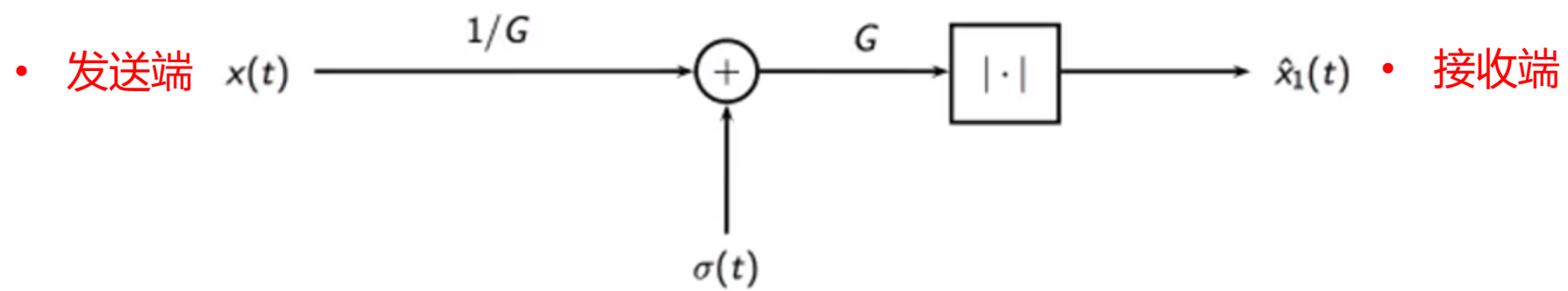
模拟信号处理系统



模拟信号处理系统

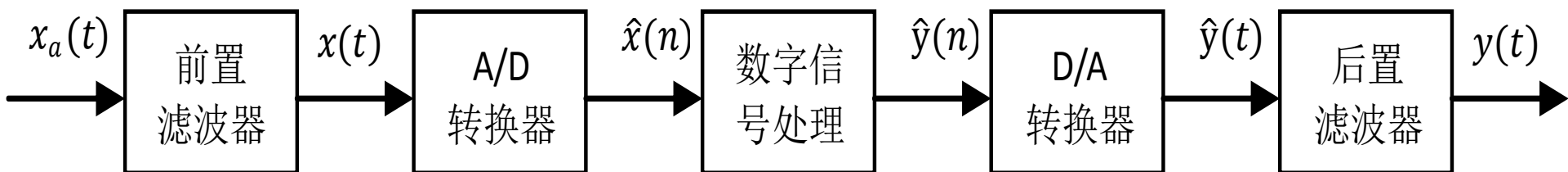


数字信号处理系统



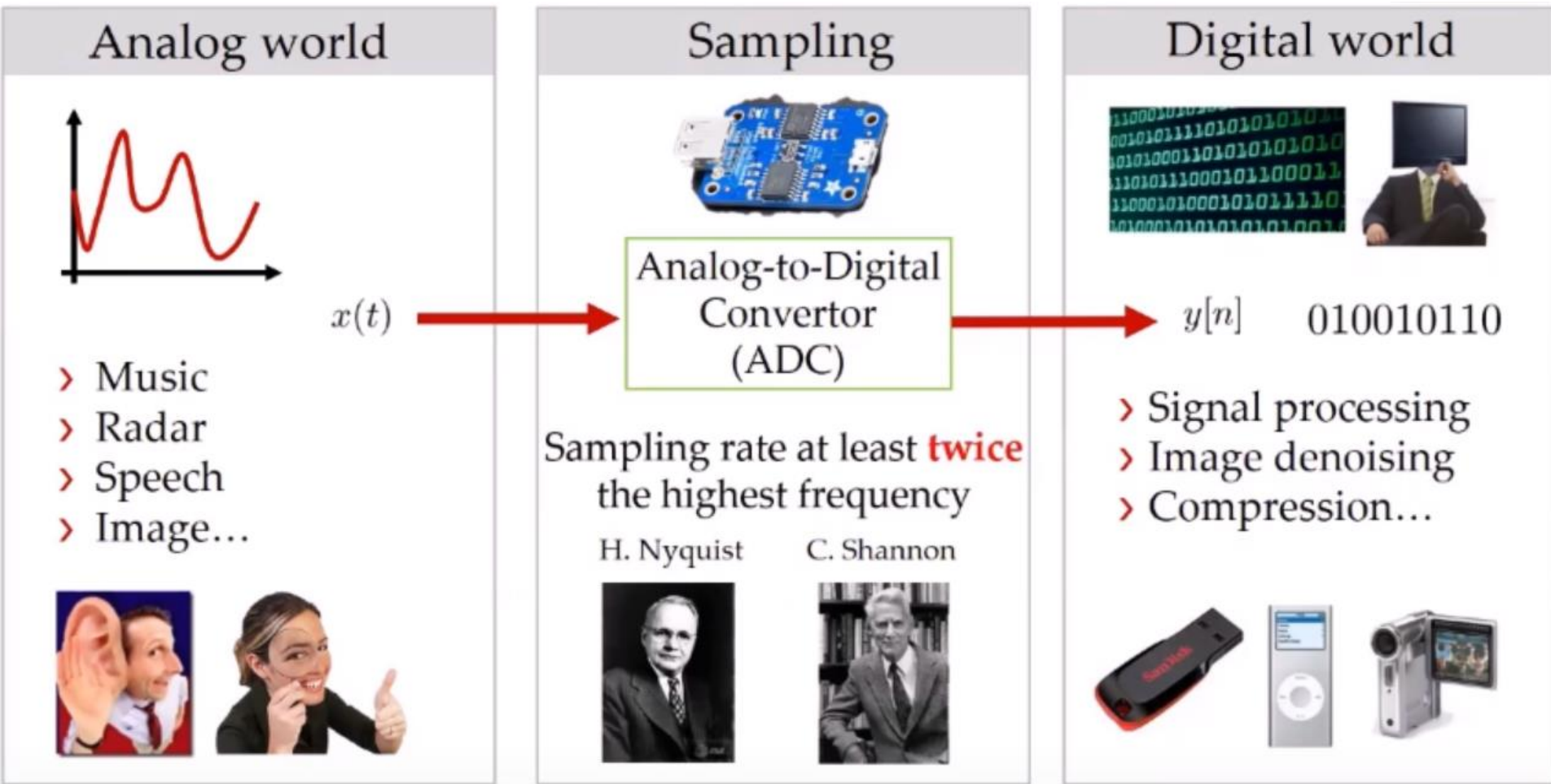


数字信号系统组成



- 模数转换器（Analog-to-Digital Converter, A/DC）：将信号从模拟域转换到数字域；
- 数字信号处理器的数字输出通常已模拟形式提交给用户的，需要数模转换器（Digital-to-Analog Converter, D/AC）实现。

数字信号系统组成

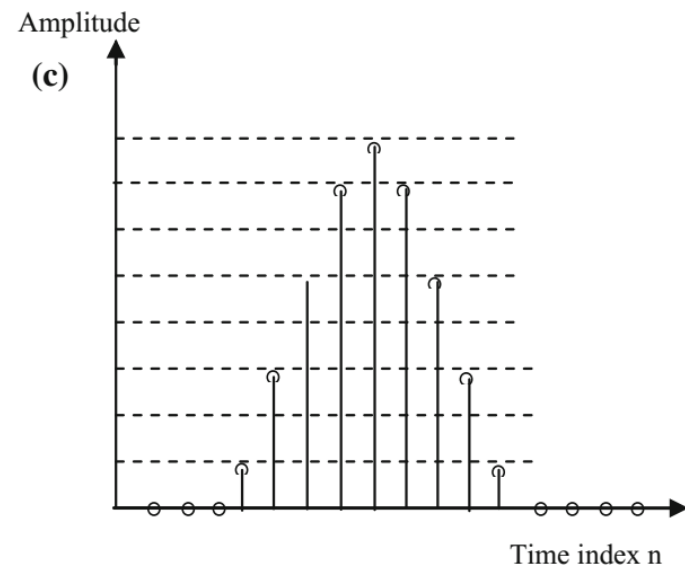
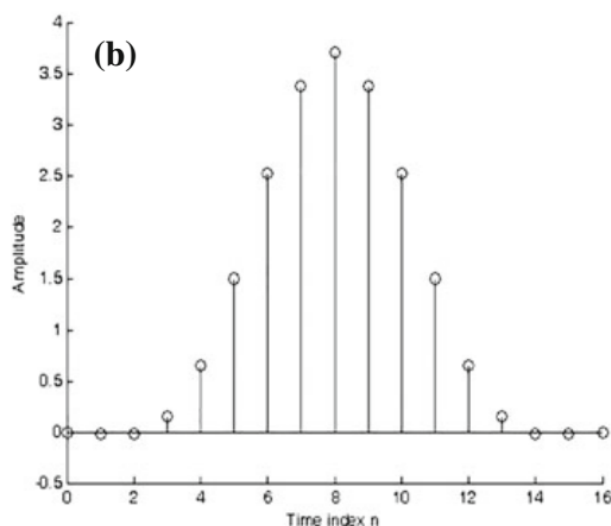
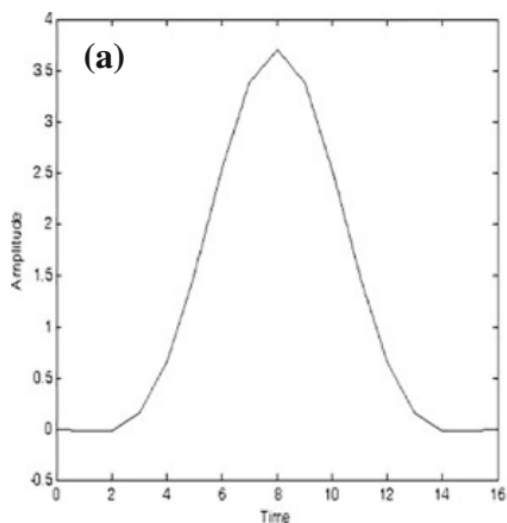


模/数转换

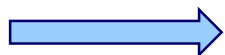
数字信号:

➤ 离散时间

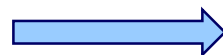
➤ 离散幅值



模拟信号

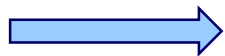


采样

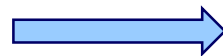


量化

连续信号



离散时间信号



数字信号



数字信号处理

- 数字信号处理是将信号以数字方式进行表示和处理的理论和技术
- 目的在于对真实世界的连续模拟信号进行测量、滤波、变换、增强、压缩、估计或识别
- 数字信号处理的算法需要计算机或专用设备如数字信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 和现场可编程门阵列（Field-Programmable Gate Array, FPGA）等来实现



数字信号处理的特点

- 高可靠性、高精度且高稳定性
- 可时分复用
- 改变功能灵活、方便
- 可获得高性能指标
- 多维处理
- 功能强大
- 学习和研制的门槛高
- 系统复杂程度增加，不经济
- 处理速度受限制
- 硬件系统功率消耗大



数字信号处理的发展简史

- 数字信号处理的学科体系是在20世纪40-50年代建立起来的，真正意义上的数字信号处理的研究开始于20世纪50年代末期至60年代初
- 20世纪60年代中期以后, 数字信号处理的理论和技术开始呈现大发展的局面，标志是快速傅里叶变换算法的提出和数字滤波器设计方法的完善
- 20世纪70年代，数字信号处理已经发展成为一门独立的学科
- 20世纪80年代以后，数字信号处理的理论和技术更加成熟，并渗透到各个重要学科领域，与语音、图像、通信等信息产业紧密结合，不断地在理论上有所突破，在技术上有所创新，开辟着一个个新的学科分支



数字信号处理的发展趋势

■ 由简单的运算走向复杂的运算

目前几十位乘几十位的全并行乘法器可以在几纳秒的时间内完成一次浮点乘法运算，在运算速度和运算精度上为复杂数字信号处理算法的使用提供了先决条件

■ 由低频走向高频

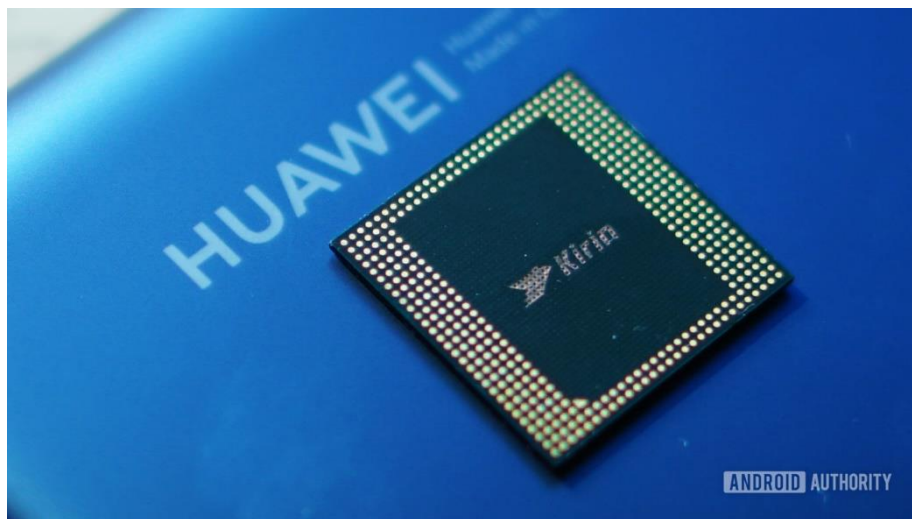
模/数转换器的采样频率已高达数百兆赫兹，可以将高频率的信号数字化后送入计算机处理

■ 由一维走向多维

随着计算机存储能力的增加，高清晰度电视、雷达、石油勘探等多维信号处理的应用领域已与数字信号处理密切相关

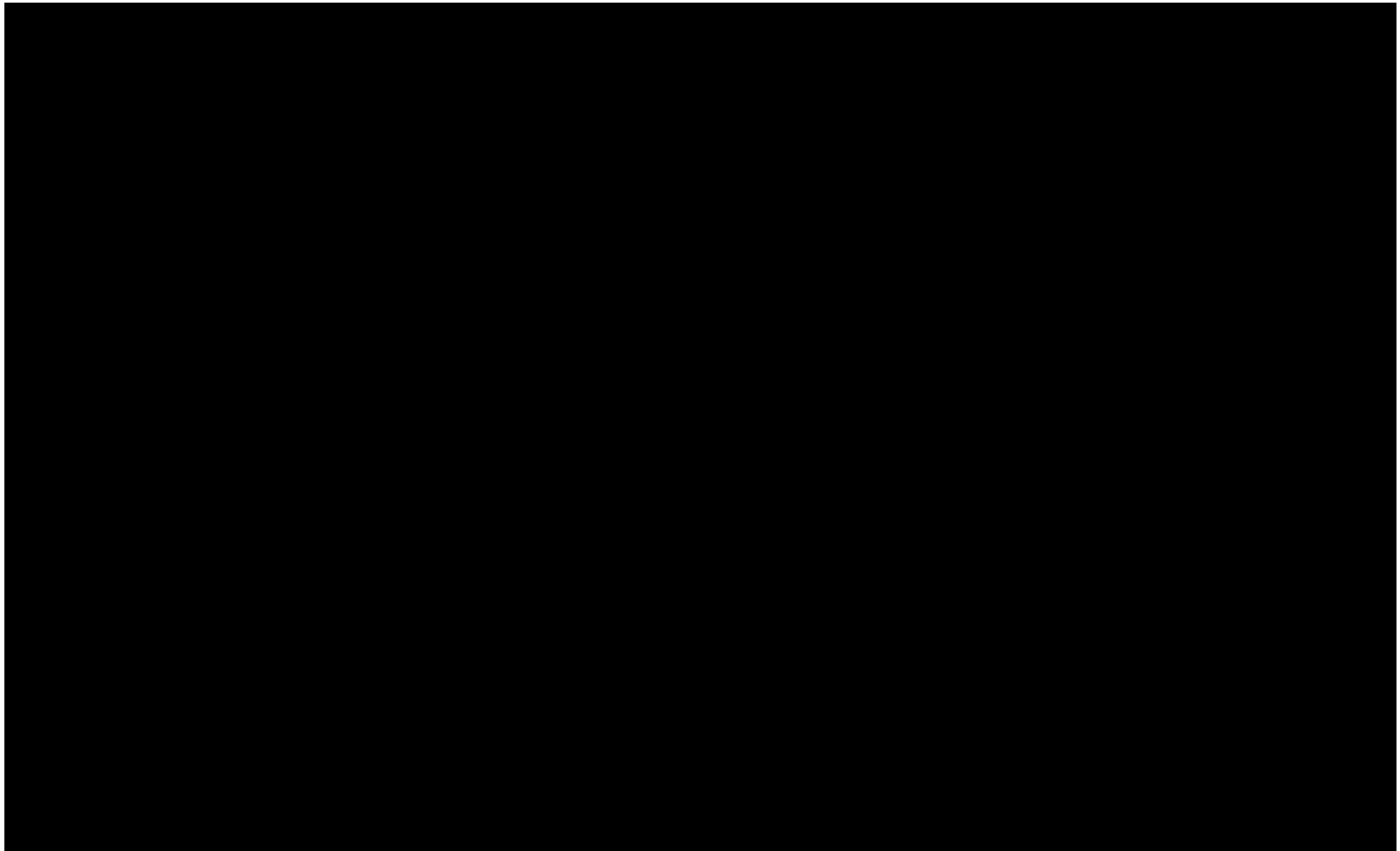
◆ 华为海思

海思半导体（Hisilicon），中国大陆芯片设计公司，属于华为集团，于2004年4月创建，总部位于中国大陆广东省深圳，现为中国大陆最大的无晶圆厂芯片设计公司。主要产品为无线通信芯片，包括拥有WCDMA、LTE等功能的手机系统单片机。海思半导体的前身为创建于1991年的华为集成电路设计中心。2020年第一季度，华为海思的智能手机处理器出货量首次在中国大陆市场超过高通，位居第一。





◆ 华为市场份额





第一章 绪论

- 信号处理
- 信号分类
- 数字信号处理系统
- 课程内容



教学主要内容及难点

(一) 绪论

掌握数字信号处理的基本特点和用数字方法处理信号的基本概念。

(二) 时域离散信号和时域离散系统

时域离散线性时不变系统的时域分析理论，包括线性时不变系统的定义、输入/输出关系、因果稳定性的判断。

(三) 时域离散信号和系统的变换域分析

重点：序列的傅里叶变换、Z变换和时域离散线性时不变系统的变换域分析方法。

难点：信号频谱的概念，傅里叶变换的共轭对称性及其应用，逆Z变换的计算。



(四) 离散傅里叶变换(DFT)及其快速算法(FFT)

重点：DFT及其性质和应用，频域采样理论，“基2-FFT算法”思想。

难点：频域采样理论，用DFT对连续信号谱分析的公式推导和谱分析误差概念。

(五) 时域离散系统的基本网络结构

时域离散系统网络结构的基本概念与分类；IIR数字滤波器网络结构(直接型，级联型，并联型)；FIR数字滤波器网络结构(直接型、线性相位型、级联型、频率采样型、快速卷积型)。



(六) IIR数字滤波器设计

重点：数字滤波的基本概念、数字滤波器的技术指标、**巴特沃斯模拟低通滤波器的设计方法**和IIR数字低通滤波器的双线性变换设计方法。**难点：**建立数字滤波概念，理解滤波器的技术指标参数及其物理概念，**双线性变换法的设计性能分析**以及非线性频率失真和预畸变校正概念。

(七) FIR数字滤波器设计

重点：线性相位FIR滤波器的时域和频域特点，窗函数设计法。

难点：线性相位FIR滤波器对幅度响应的约束条件，加窗效应分析与滤波器通带边界频率的控制原理(通过正确设置理想滤波器通带截止频率，使所设计的滤波器近似满足指标要求的通带边界频率)。