

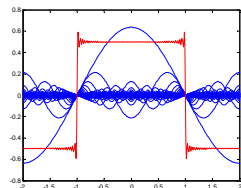
信息大类平台课：信号与线性系统

第一章 绪论

第1讲 课程导论与信号基础

郭红星

华中科技大学计算机学院



本讲内容

■ 《信号与系统》课程导论

- 信号与系统问题的由来
- 课程的作用和地位
- 教学内容与课时安排
- 学习方法与要求
- 教材及参考书目
- 成绩评定

■ 信号基础

- 信号的描述与分类
- 信号的简单处理

■ 学习目标

- ◆ 全面了解本课程的基本情况，激发学习兴趣与动力
- ◆ 掌握信号的描述及简单处理基础知识，增强学习信心

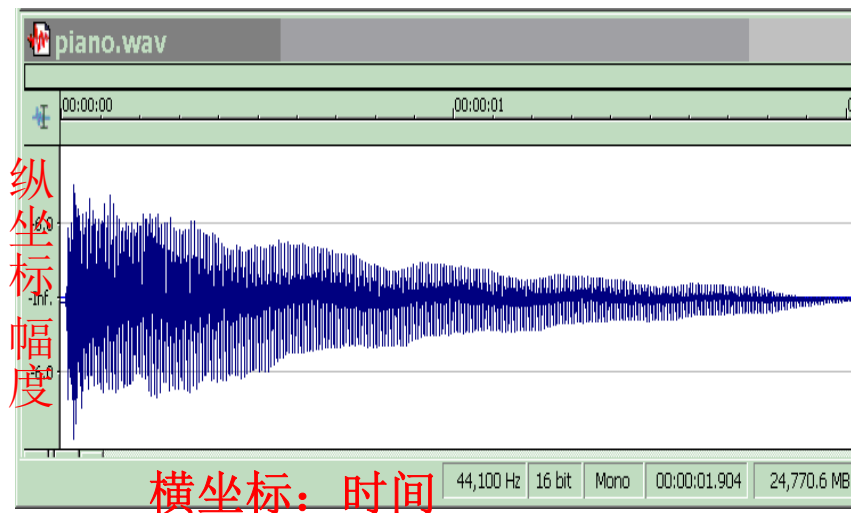
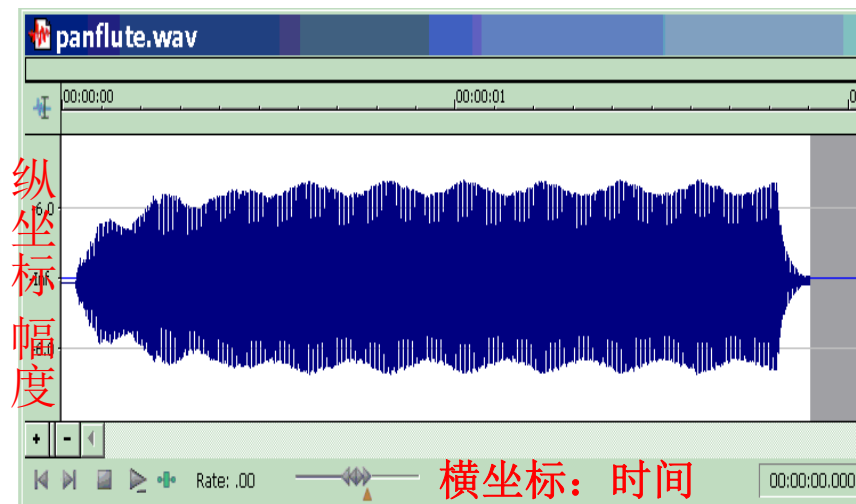
1.1 课程导论

信号的由来

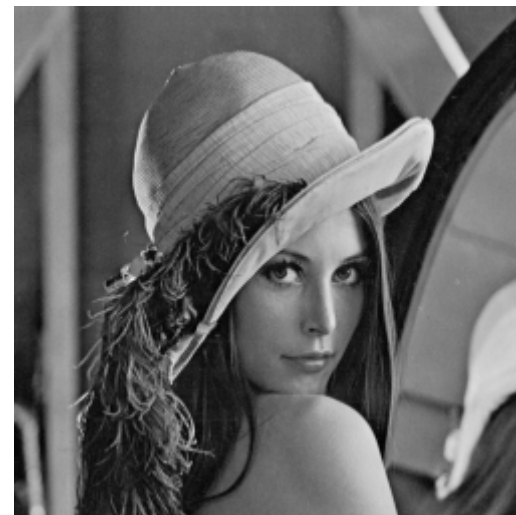
- **消息**(Message):人与人进行沟通交流的物理载体,如文字、语音、图像等按照约定规则组成的符号,目的是传递**信息**
- **信息**(Information):消息中包含的有价值内容,要借助于某种**信号**进行传递
- **信号**(Signal):一般表现为一个(些)物理属性依附某一(些)物理量的变化,携带**信息**(Information)
- **数据**(Data):信号的数字表现形式(0101序列),用于存储、计算(处理)与传输(通信)

声音信号

请听两段乐器的声音



图像信号



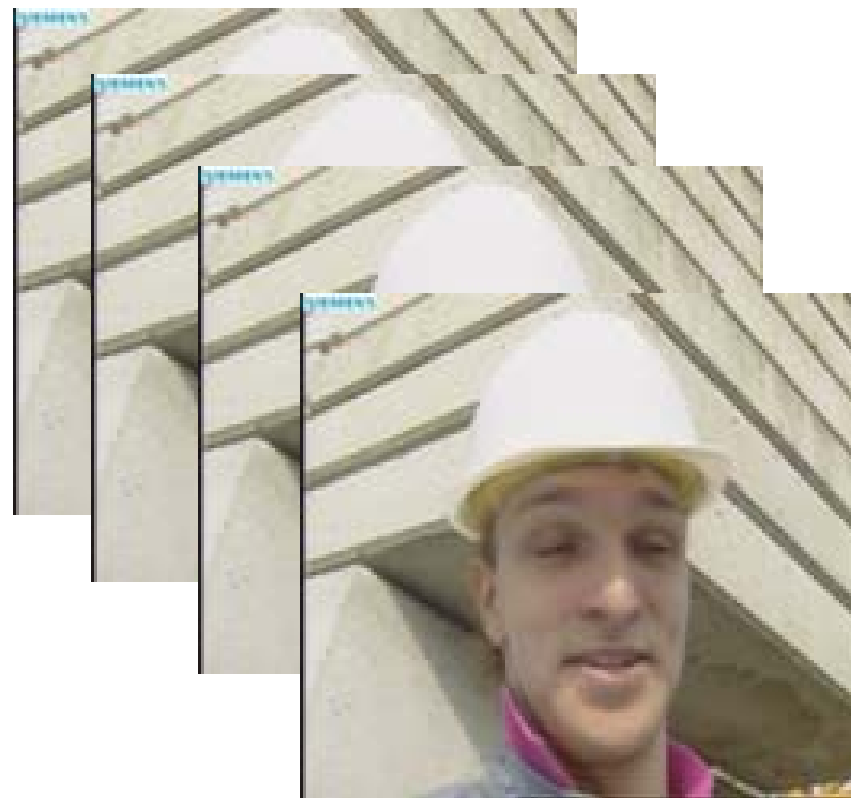
Lena 图像

视频信号



Foreman 视频序列

Foreman 视频序列的多个帧



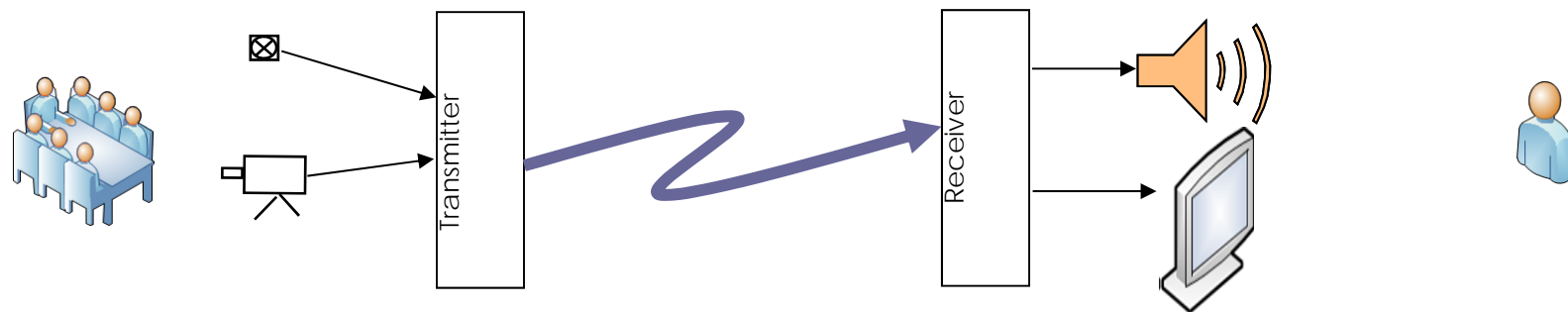
$T(\text{时间})$

信号的传输—通信

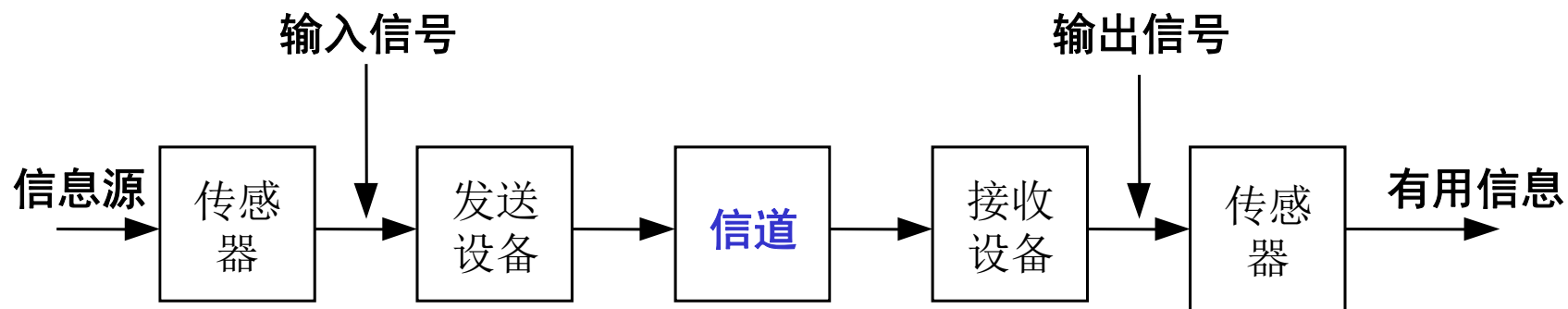
- **主要任务**是将带有信息的信号通过某种方式(系统)由发送方传送给接收方
 - 古代:号角、旗语、烽火、信号灯—**原始信号**
 - 近代:电报、电话、无线通信—**电信号**
 - 现代:计算机网络、卫星通信(GPS—北斗)、移动通信(华为—5G)、光纤通信(邮科院—烽火通信)—**空天一体网络化数字光电信号**



通信系统的组成



数字视频广播(DVB)



通信系统框图

信号的处理

- **基本问题**是分析收到的信号或数据，从中**提取出有用的信息**
- 例如，信号传输过程中不可避免地会受到**噪声**的干扰，需要借助于信号处理技术进行**消噪**，从而提取所需要的确切信息
- 现代信号处理技术：滤波、变换、降噪、增强、复原、重建、压缩、预测、估计和识别等

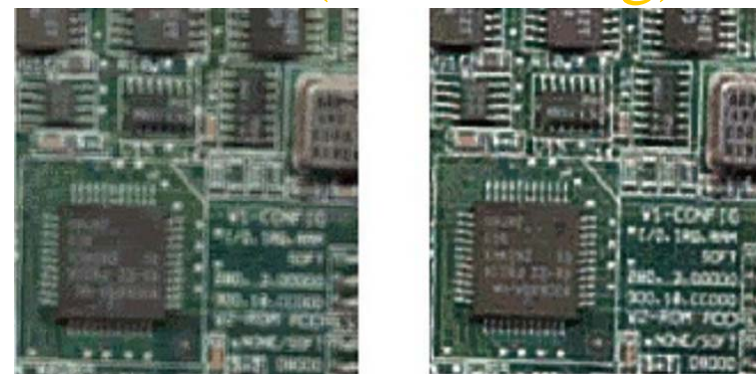
常规信号(图像)处理

降噪(Denoising)



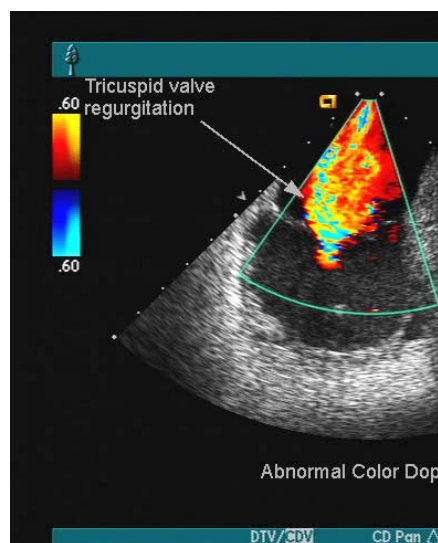
From X.Li <http://www.ee.princeton.edu/~lixin/denoising.htm>

去模糊(Deblurring)



<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/images/deblurr7.shtml>

重建(Reconstruction)

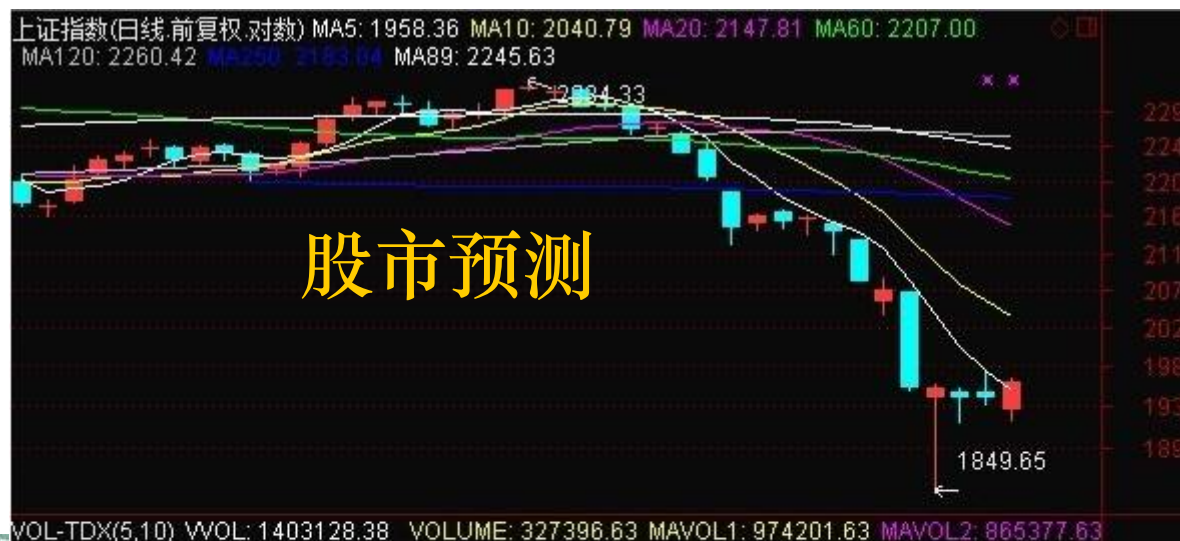


增强(Enhancement)

图像与视频压缩 (Image & Video Compression)



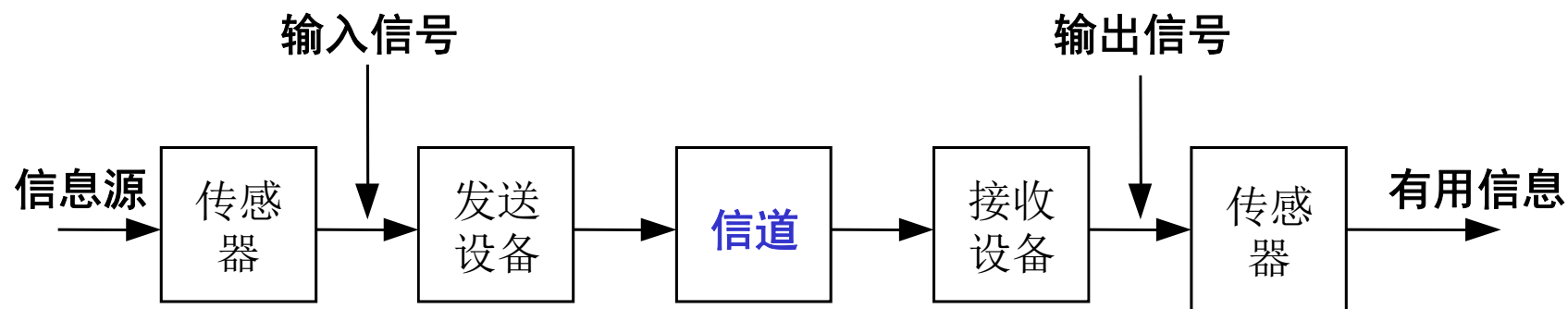
智能信号(图像)处理



信号处理系统的组成



信号处理系统



通信系统系统

信号与系统理论

- **系统**是由若干相互作用和相互依赖的部件构成的具有特定功能的整体，其功能就是对信号进行传输与处理。**没有信号，系统的存在就没有意义**
- **信号**必定是由系统产生、发送、传输、接收与存储，**没有离开系统孤立存在的信号**
- 共同的理论基础是“**信号与系统**”

《信号与系统》课程的主要内容

- 研究信号与系统及其内在联系的一门课程。
 - 如何科学地描述和分析信号呢？—音调、音色
 - 信号通过系统会发生何种改变？—延时、频响
 - 何种信号适合系统的高效传输？—频率、编码
 - 何种系统可更高效地传输信号？—失真、相移
 - 如何从信号中提取有用的信息？—滤波、增强
- 特点：既有严格的数学理论，又有现代技术的实践背景。本课程虽不研究如何制造设备，但这些知识对于成功设计实际设备非常重要！

《信号与系统》课程的重要地位

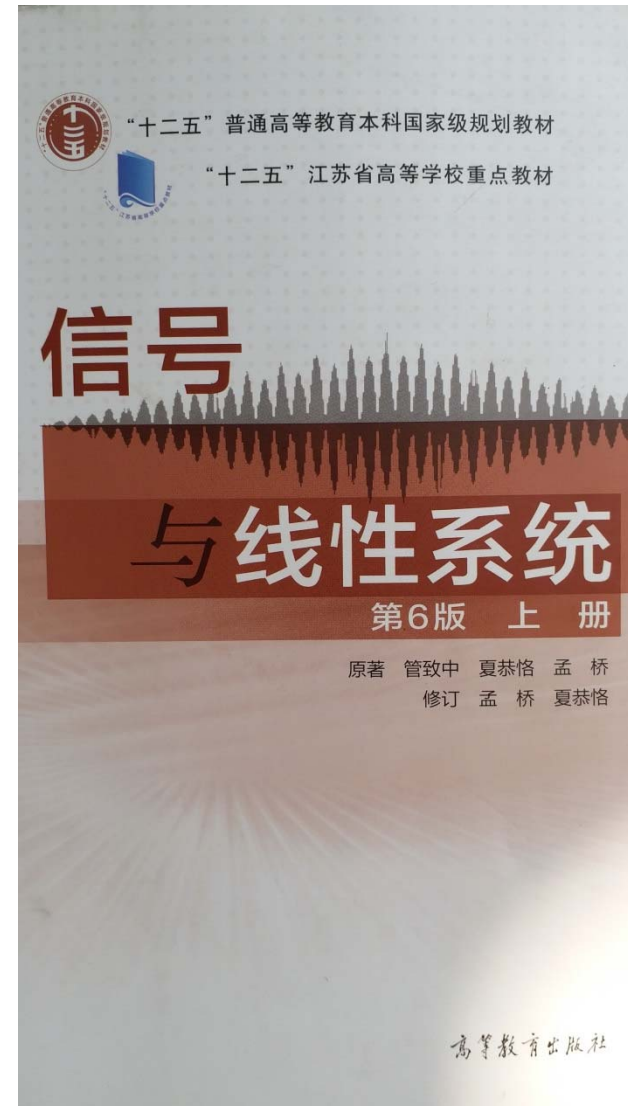
- 是电子信息大类专业本科生的一门重要的、起到**承上启下作用**的专业基础课程，是从公共基础课向专业基础课学习转移的**重要桥梁**之一
- 本课程对于电子信息与电气类本科生的许多后续课程有着非常重要的作用，将为学生今后进一步学习**信号处理、语音处理、图像处理、视频处理、多媒体技术、计算机视觉、人工智能、深度学习、通信理论、网络理论、控制理论**等课程打下良好的基础。

学习目标

- 掌握信号分析的基本理论和方法
- 掌握线性时不变系统的各种描述方法
- 掌握线性时不变系统的时域和频域分析方法
- 理解与日常生活和工作密切相关关于信号的频谱、时延等基本概念
- 理解有关系统的稳定性、频率响应、因果性、物理可实现性等工程应用中的一些重要结论
- 提升利用数学、自然科学和领域知识分析和解决复杂工程问题的能力

《信号与系统》课选用教材

- 本课程采用东南大学前校长管致中教授主编的《信号与线性系统》上册为教材。该教材初版于1979年，其第二版获国家级优秀教材奖，第三版获教育部科技进步二等奖，目前采用的最新第六版为“十二五”国家级规划教材。
- 先时域后变换域，先连续后离散的体系结构
- 该书基本概念清楚，数学推导严谨，理论系统性强，例题具有代表性，图解说明性强，习题丰富，答案齐全，文字简洁，便于自学。



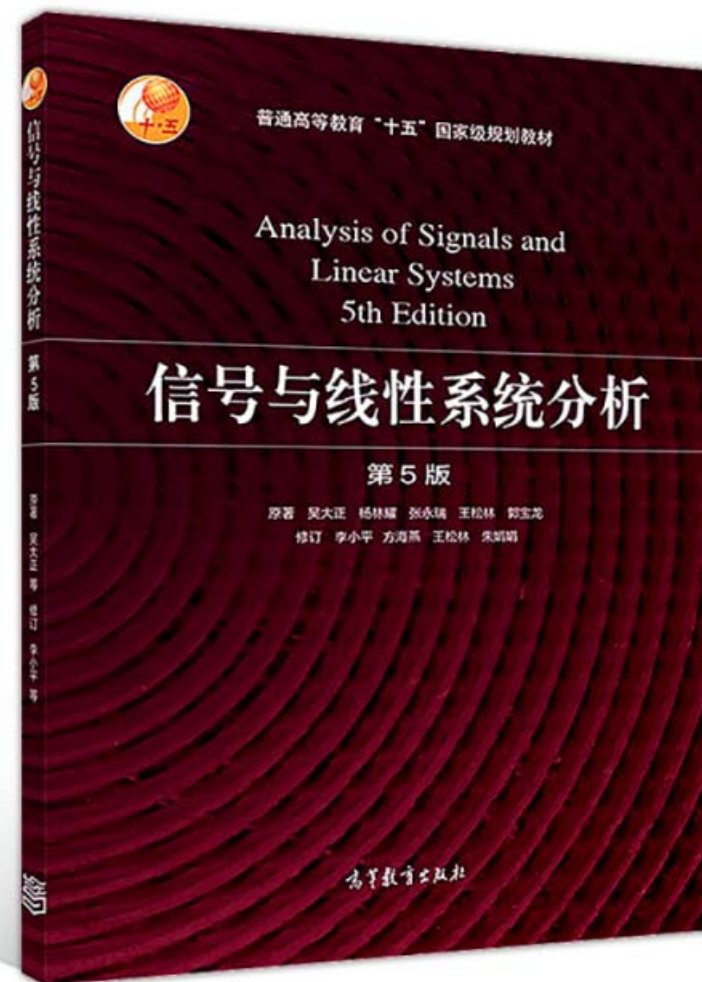
重要参考书目

- 郑君里 等编著. 信号与系统(第3版). 北京: 高等教育出版社, 2011
- 郑君里. 教与写的记忆: 信号与系统评注. 北京: 高等教育出版社, 2005
- 谷源涛, 应启珩, 郑君里. 信号与系统—MATLAB综合实验. 北京: 高等教育出版社, 2008



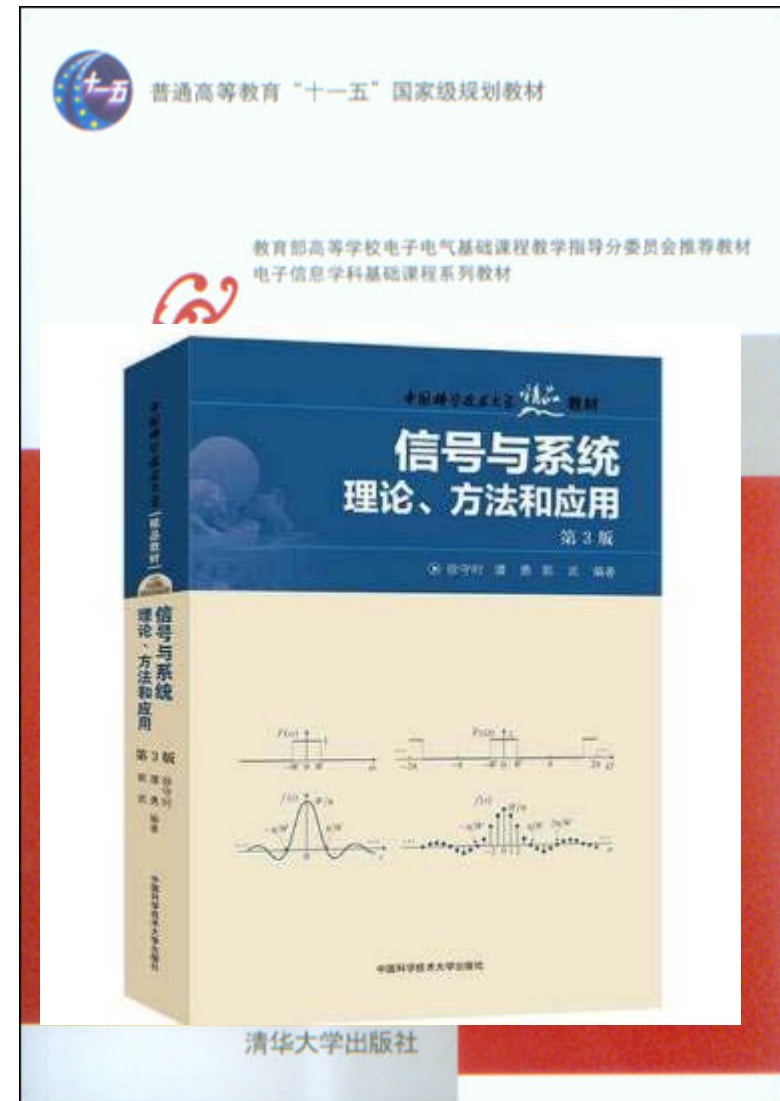
重要参考书目

- 吴大正 等. 信号与线性系统分析（第5版）. 北京：高等教育出版社，2019
- 连续与离散并行、先时域后变换域的体系结构
- 论述清楚、概念明确、重点突出、层次清晰、便于教学



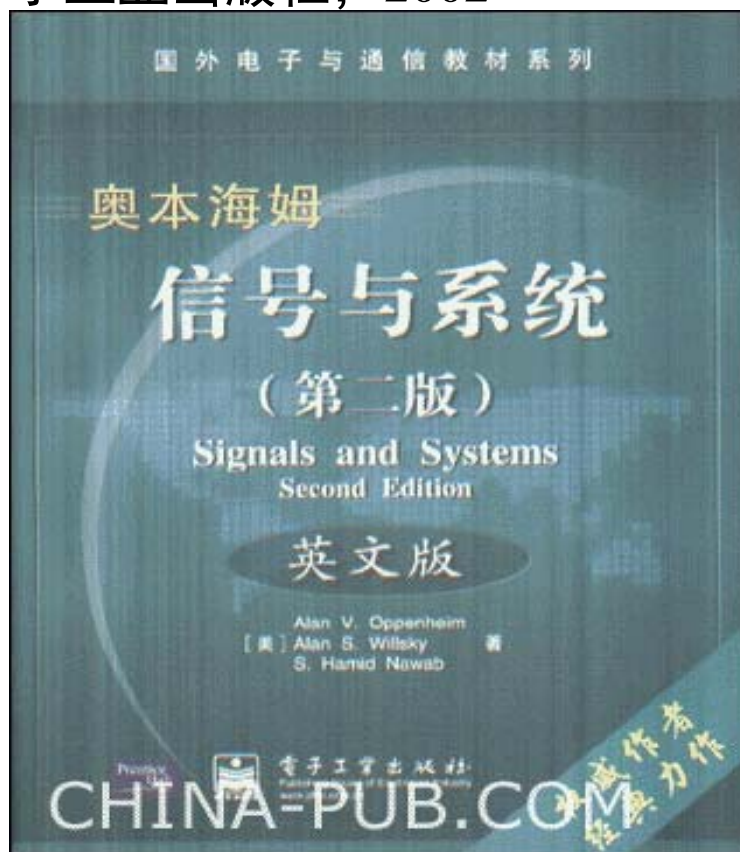
重要参考书目

- 徐守时, 谭勇, 郭武. 信号与系统: 理论、方法和应用 (第3版), 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2018. 12 (615页)
- 徐守时. 信号与系统. 北京: 清华大学出版社, 2008. 10 (692页)
- 徐守时. 信号与系统理论、方法和应用 (修订二版). 合肥: 中国科技大学出版社, 2006 (598页)
- 徐守时. 信号与系统理论、方法和应用 (修订版). 合肥: 中国科技大学出版社, 2003 (610页)



重要参考书目

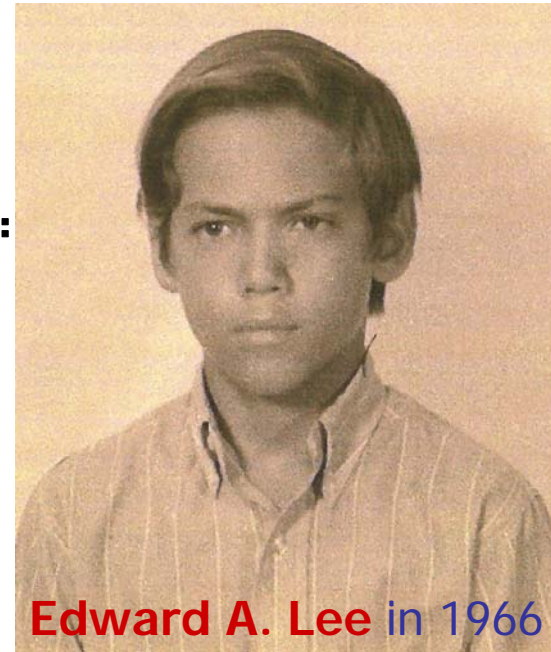
- Oppenheim A V, Willsky A S, Nawab S H. Signals and Systems(影印版).北京:清华大学出版社,1999, 北京: 电子工业出版社, 2002



One Plus One Could Equal Three-04015560.pdf

重要参考书目

- Exploration in signals and systems using MATLAB (Buck.Daniel)
- Roberts M J著. 胡剑凌 译. 信号与系统：使用变换方法和matlab分析(原书第2版). 北京：机械工业出版社，2013
- [美]Lee E A, Varaiya P 著. Structure and Interpretation of Signals and Systems(引进版).北京：机械工业出版社，2004
- Lee E A, Varaiya P. Structure and Interpretation of Signals and Systems, Second Edition, LeeVaraiya.org, ISBN 978-0-578-07719-2, 2011. 电子版见 http://leevaraiya.org/releases/LeeVaraiyaDigitalV2_02.pdf—免费下载



Edward A. Lee *Now he is a Robert S. Pepper Distinguished Professor EECS Department, UC Berkeley*

本课程MOOC



编辑本页 设置 课程评价 0.0 (0人评价)

学校：华中科技大学
开课院系：计算机科学与技术学院
编号：w123162
学分：2.00

目录

- 课程介绍
- 课程评价
- 教学资源
- 课程章节

课程介绍

《信号与线性系统》是计算机科学与技术等信息类专业本科生继《电路分析基础》课程之后必修的重要主干基础课程。该课程主要研究确定性信号与线性时不变（LTI）系统的特性，信号通过线性时不变系统的响应分析方法，信号与系统分析方法在通信和网络等重要工程领域的应用。通过本课程的学习，使学生掌握信号与线性系统分析的基本理论与方法，建立起系统与数值计算之间紧密的联系，并初步了解其在工程中的典型应用，为适应信息科学技术的飞速发展及在相关专业领域的深入学习打下坚实的基础。同时，学生应在运用数学工具分析与解决工程问题的能力与实践技能方面有明显提升。

课程评价

我要评价

课程章节

1

绪论

- 1.1 课程简介
- 1.2 信号基础
- 1.3 奇异信号
- 1.4 系统入门
- 1.5 课外实践：Matlab编程与简单应用

2

连续时间系统的时域分析

- 2.1 系统的时域分析及经典解法
- 2.2 响应的因果关系及单位冲激响应
- 2.3 零状态响应的卷积法
- 2.4 卷积的性质及应用
- 2.5 课外实践：用Matlab画信号卷积波形图

3

连续信号的正交分解

- 3.1 CTFS及其意义
- 3.2 CTFS的理论基础
- 3.3 周期信号的频谱及其指数形式
- 3.4 非周期信号的傅里叶变换及初步应用
- 3.5 傅里叶变换的几个基本性质及其应用
- 3.6 傅里叶变换的微积分性质及其应用
- 3.7 拓展阅读：傅里叶分析的发展历史及其巨大影响
- 3.8 课外实践：用Matlab画信号的频谱图

教学资源

课程章节资源

课程章节	文件类型	修改时间	大小	备注
1.1 课程简介	视频	2021-04-24	156.19MB	
1.2 信号基础	视频	2021-04-24	143.25MB	
1.3 奇异信号	视频	2021-04-24	144.32MB	
1.4 系统入门	视频	2021-04-24	331.48MB	
1.5 课外实践：Matlab编程与简单应用	文档	2021-04-24	2.59MB	
2.1 系统的时域分析及经典解法	视频	2021-04-24	195.15MB	
2.2 响应的因果关系及单位冲激响应	视频	2021-04-24	117.96MB	
2.3 零状态响应的卷积法	视频	2021-04-24	208.89MB	
2.4 卷积的性质及应用	视频	2021-04-24	208.26MB	
2.5 课外实践：用Matlab画信号卷积波形图	文档	2021-04-24	173.96KB	
3.1 CTFS及其意义	视频	2021-04-24	285.15MB	
3.2 CTFS的理论基础	视频	2021-04-24	187.46MB	
3.3 周期信号的频谱及其指数形式	视频	2021-04-24	177.04MB	
3.4 非周期信号的傅里叶变换及初步应用	视频	2021-04-24	238.76MB	
3.5 傅里叶变换的几个基本性质及其应用	视频	2021-04-24	168.77MB	
3.6 傅里叶变换的微积分性质及其应用	视频	2021-04-24	190.96MB	
3.7 拓展阅读：傅里叶分析的发展历史及其巨大影响	文档	2021-04-24	334.75KB	
3.8 课外实践：用Matlab画信号的频谱图	文档	2021-04-24	275.94KB	
4.1 连续系统的频域分析方法	视频	2021-04-24	313.20MB	
4.2 理想低通滤波器与信号失真	视频	2021-04-24	283.57MB	
4.3 课外实践：用Matlab画系统的频率响应特性曲线及响应波形	文档	2021-04-24	134.40KB	
5.1 从傅里叶变换到拉氏变换	视频	2021-04-24	295.33MB	
5.2 LTI系统响应的拉氏变换分析法	视频	2021-04-24	219.70MB	
5.3 系统函数与系统特性	视频	2021-04-24	260.13MB	
5.4 连续LTI系统的模拟	视频	2021-04-24	210.71MB	
5.5 拓展阅读：拉普拉斯变换的提出及其应用	文档	2021-04-24	157.49KB	
5.6 课外实践：用Matlab对函数进行部分分式分解并画出原函数波形	文档	2021-04-24	131.67KB	
6.1 离散时间信号基础	视频	2021-04-24	54.66MB	
6.2 连续时间信号的离散化	视频	2021-04-24	111.23MB	
6.3 离散时间系统基础	视频	2021-04-24	52.11MB	
6.4 离散时间系统的响应	视频	2021-04-24	117.06MB	
6.5 课外实践：模数转换器	文档	2021-04-24	1.81MB	
7.2 z变换的性质	视频	2021-04-24	306.09MB	
7.3 反z变换	视频	2021-04-24	306.17MB	
7.4 离散LTI系统的z变换分析法	视频	2021-04-24	172.65MB	
7.5 离散时间傅里叶变换	视频	2021-04-24	133.14MB	
7.6 离散LTI系统的频率响应特性	视频	2021-04-24	244.58MB	
8.1 离散系统的模拟	视频	2021-04-24	182.07MB	
8.2 复习	视频	2021-04-24	63.43MB	

收起

4

连续系统的傅里叶分析

- 4.1 连续系统的频域分析方法
- 4.2 理想低通滤波器与信号失真
- 4.3 课外实践：用Matlab画系统的频率响应特性曲线及响应波形

5

连续时间系统的复频域分析与系统函数

- 5.1 从傅氏变换到拉氏变换
- 5.2 LTI系统响应的拉氏变换分析法
- 5.3 系统函数与系统特性
- 5.4 连续LTI系统的模拟
- 5.5 拓展阅读：拉普拉斯变换的提出及其应用
- 5.6 课外实践：用Matlab对函数进行部分分式分解并画出原函数波形

6

离散系统的时域分析

- 6.1 离散时间信号基础
- 6.2 连续时间信号的离散化
- 6.3 离散时间系统基础
- 6.4 离散时间系统的响应
- 6.5 课外实践：模数转换器

7

z变换及其应用

- 7.1 从拉氏变换到z变换
- 7.2 z变换的性质
- 7.3 反z变换
- 7.4 离散LTI系统的z变换分析法
- 7.5 离散时间傅里叶变换
- 7.6 离散LTI系统的频率响应特性

8

离散时间系统的模拟与复习

- 8.1 离散系统的模拟
- 8.2 复习

信号与系统课程的学习方法

- ① 着重掌握信号与系统分析的**物理含义**，将物理概念、数学理论及其工程应用实例结合进行理解
- ② 主动探究连续与离散间的**内在联系**，进行类比，融会贯通，达到事半功倍的效果
- ③ **切忌单纯机械记忆公式/性质，避免在数学知识上的不必要纠结**
- ④ 加强实践环节(用MATLAB编程进行信号分析)，通过课外上机练习，增进感性认识
- ⑤ 注意**循序渐进**，逐步由浅及深，由易到难
 - Hidden in a **complex** phenomenon, is its **simple evolutionary** codes or building blocks (or the *atoms*)
 - **万物图难于其易，为大于其细。天下难事必作于易，天下大事必作于细**



学习要求

- 课前要预习，找出不懂的问题
- 带着问题学，按时上课，课后研习录播视频
- 作业自己做，课后仔细阅读教材，认真完成作业，鼓励相互讨论，严禁抄袭
- 适当拓展，自学教材上其他内容，根据需要参阅其他书籍和文献，开阔思路，拓展视野
- 特别提醒：一步一个脚印，循序渐进

成绩评定

- 平时成绩30%
 - 课堂参与10%
 - 作业20%
- 期末考试70%
 - 闭卷笔试，禁止携带任何电子设备
- 更多的加分机会—参与有奖
 - 选做实验 (Project) ————加分
 - 讨论课 (Seminar) 发言———加分
 - 回答问题——————加分
 - 上台报告——————加分
 - 你还能想到的其它方式……

期末考试

- 时间：具体时间待教务科通知
- 地点：具体地点待教务科通知
- 7—8个题目(第一大题包含若干简单计算题+4—5个计算分析题+1—2个综合题)，主要考查基础知识的理解和应用
- 只需记住少数最基本的公式和性质，上课时强调，**不会涉及死记硬背内容**
- 范围不会超出上课所讲内容

1.2 信号基础

信号的描述(形态上)-波形

广义而言，信号是随着“**时间**”变化的物理量；只有变化的量中才可能含有信息



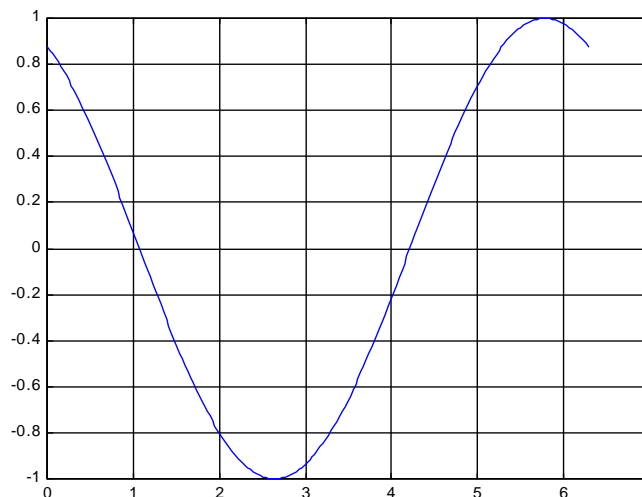
信号的数学描述—正/余弦信号

$$y = A \cos(t + 0.5)$$

■ 周期= 2π

■ 相位= 0.5

■ 幅度= A



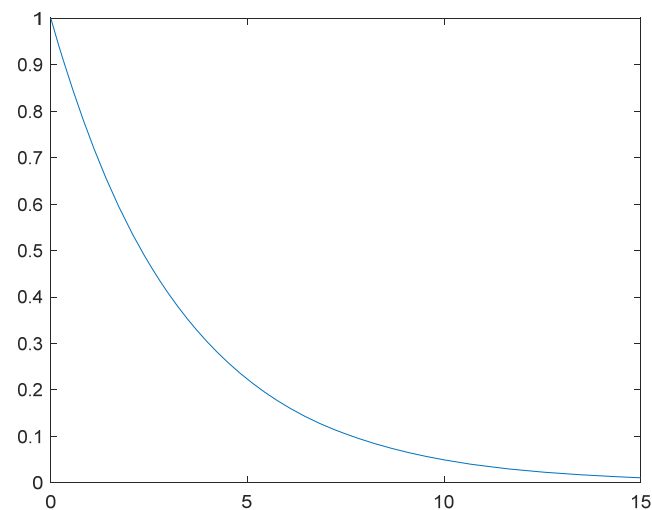
信号表示为一个“**时间**”的函数，所以在信号分析中，**信号**与**函数**两个词常通用

■ **自变量**：时间、位移、周期、频率、幅度、相位

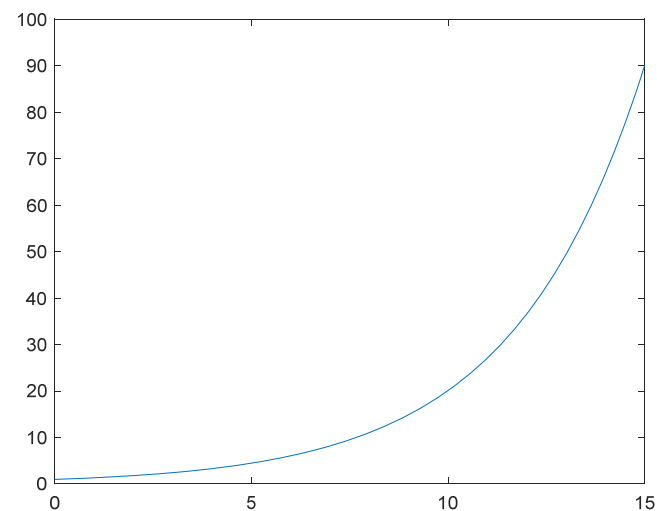
实指数信号

$$y(t) = e^{\sigma t}$$

- 若 $\sigma = 0$, $y(t)$ 为常数信号
- 若 $\sigma < 0$, $y(t)$ 为指数衰减信号(1)
- 若 $\sigma > 0$, $y(t)$ 为指数增长信号(2)



1. $\sigma < 0$

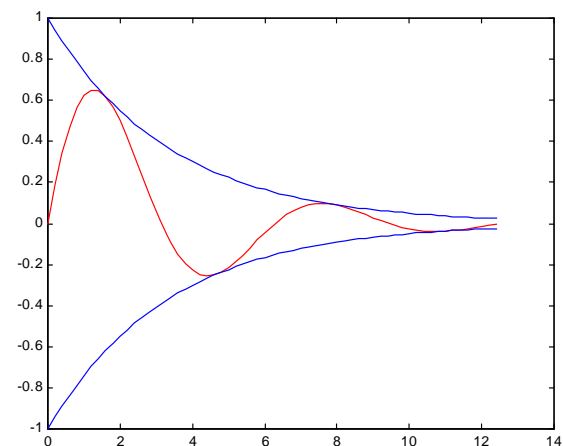


2. $\sigma > 0$

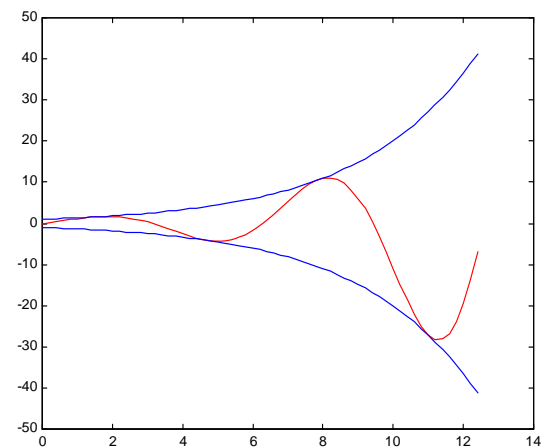
振幅指数调制的正弦信号

$$y(t) = e^{\sigma t} \sin(t)$$

- 若 $\sigma = 0$, $y(t)$ 为正弦信号
- 若 $\sigma < 0$, $y(t)$ 为振幅指数衰减正弦(1)
- 若 $\sigma > 0$, $y(t)$ 为振幅指数增长正弦(2)



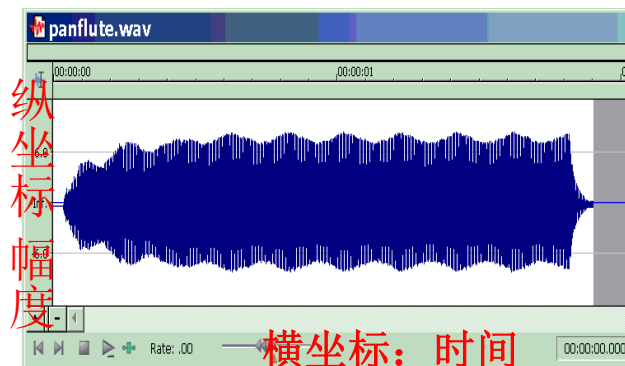
1. $\sigma < 0$



2. $\sigma > 0$

信号的分类

1. 按自变量的个数：一维信号，多维信号



一维信号：Piano音频



三维信号：Foreman 视频

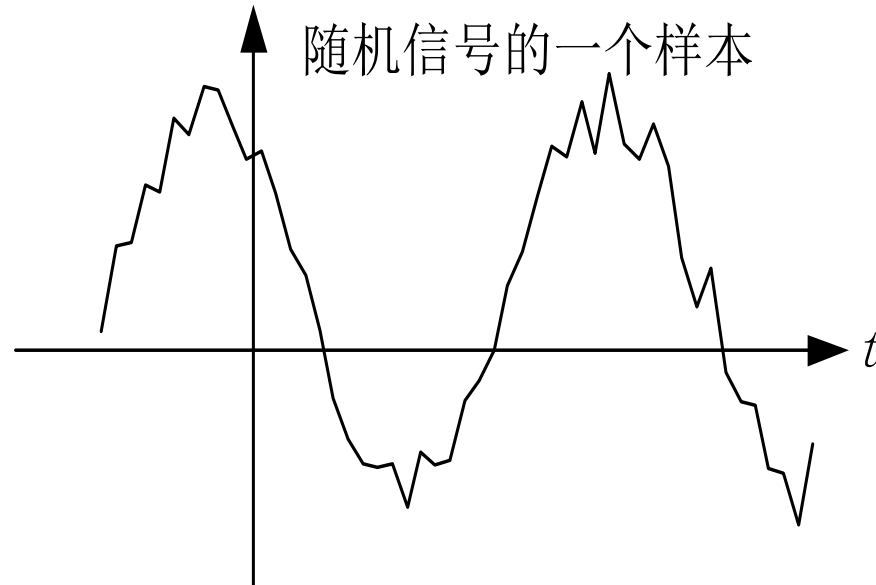
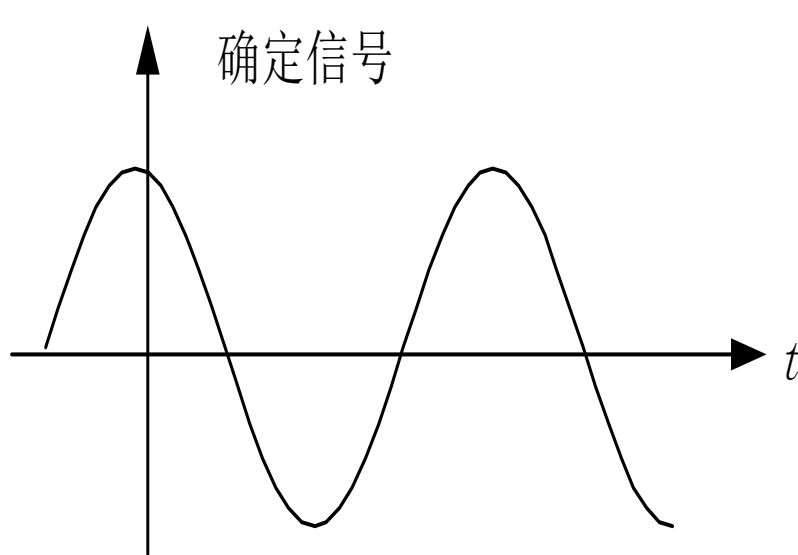


二维信号：Lena 彩色图像

信号的分类

2. 按信号随时间变化的规律：随机信号，确定信号

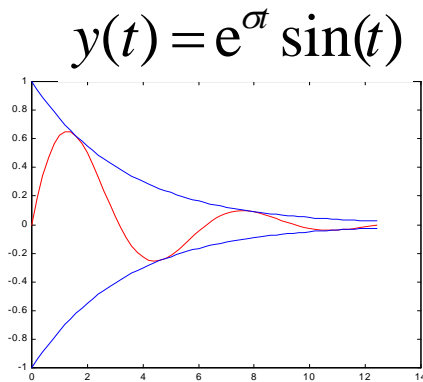
- 。 **确定信号**是指能够以确定的时间函数表示的信号
- 。 **随机信号**也称为不确定信号，不是时间的确定函数



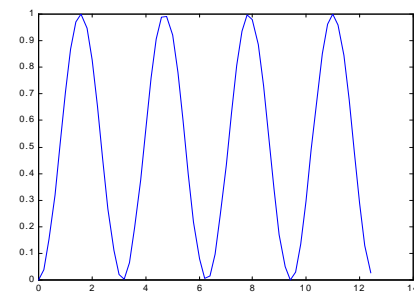
信号的分类

3. 按自变量 t 的取值特点:

- **连续时间信号**: 用全体实数描写时间 (允许有限个不连续点存在)
- **离散时间信号**: 用特定的整数 (实数) 描写时间

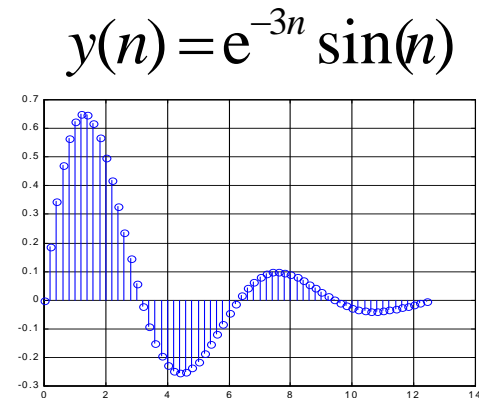


$\sigma < 0$, $y(t)$ 为振幅指数衰减正弦

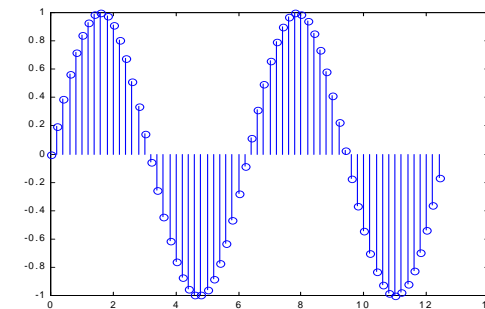


$$y(t) = \sin(t)$$

连续
时间
信号



$\sigma < 0$, $y(n)$ 为振幅指数衰减正弦序列



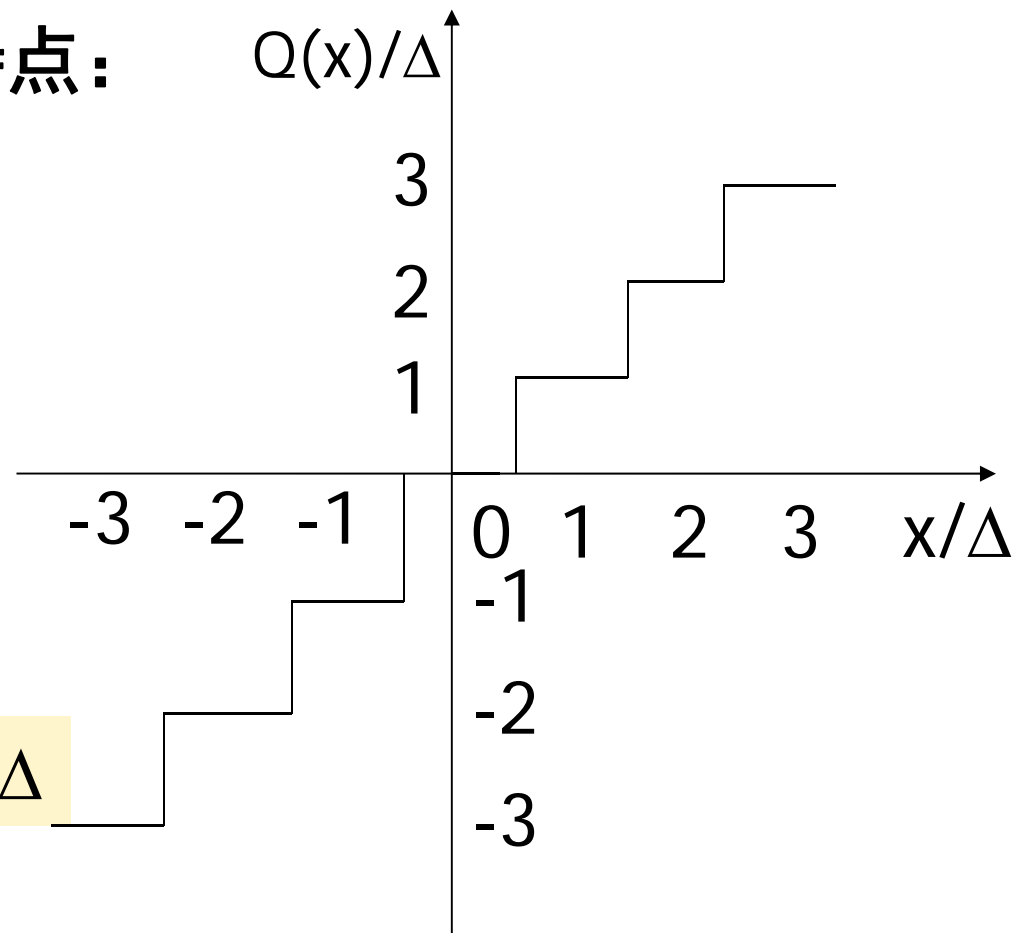
$$y(n) = \sin(n)$$

离散
时间
信号

信号的分类

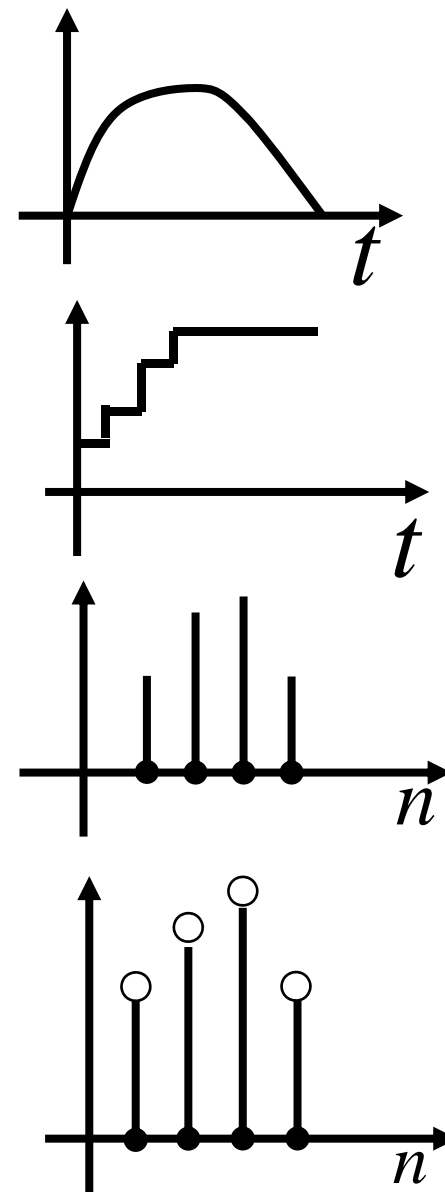
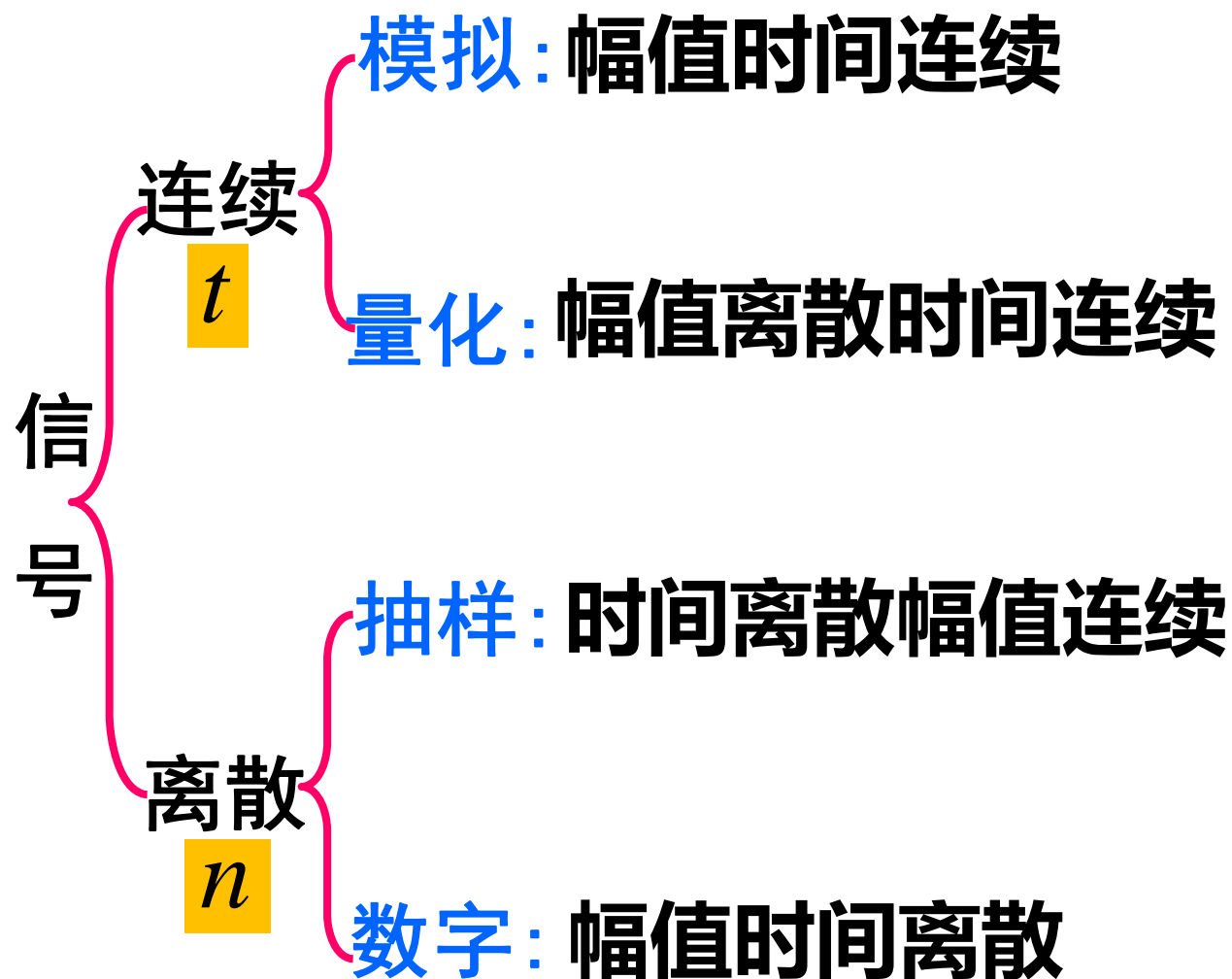
4. 按信号幅值的取值特点:

- 非量化信号幅值— x
- 量化信号幅值— $Q(x)$
- 量化步长: Δ



$$Q(x) = [\text{round}(x/\Delta)] \cdot \Delta$$

信号的分类



信号的分类

5. 按能量：能量/功率

■ 信号的能量

- 连续信号能量
- 离散信号能量

$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$$

$$E_x = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2$$

■ 信号的平均功率

- 连续信号平均功率
- 离散信号平均功率

$$P_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt$$

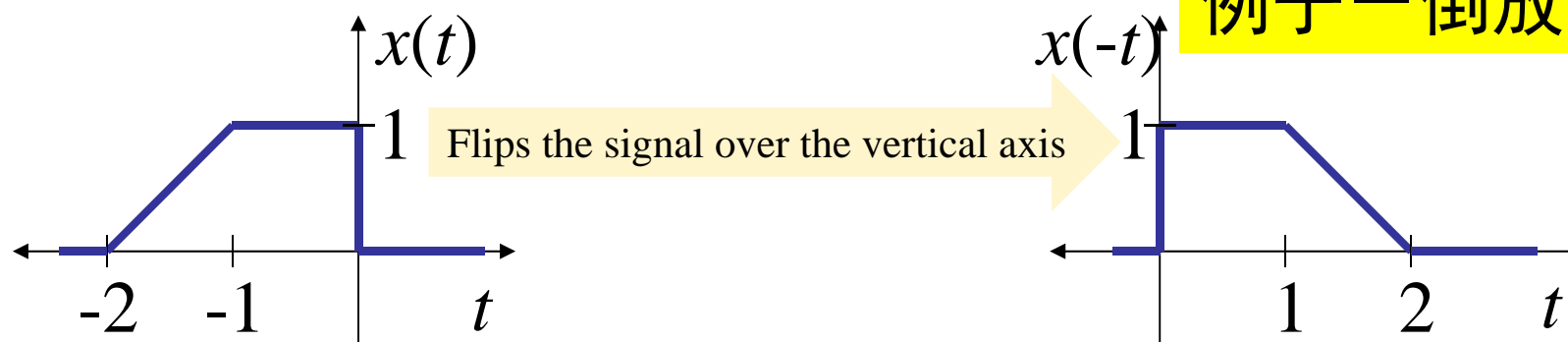
$$P_x = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2$$

6. 按重复性：周期，非周期—**要注意课本P6**

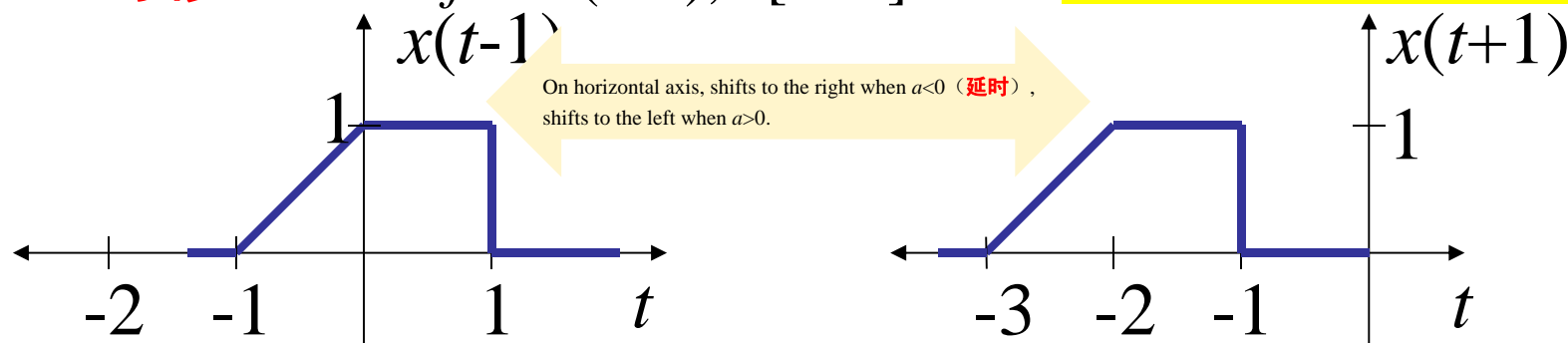
信号的简单处理

■ Three possible **time** transformations:

- **反褶** *Time Flip (or reverse)*: $x(-t)$, $x[-n]$



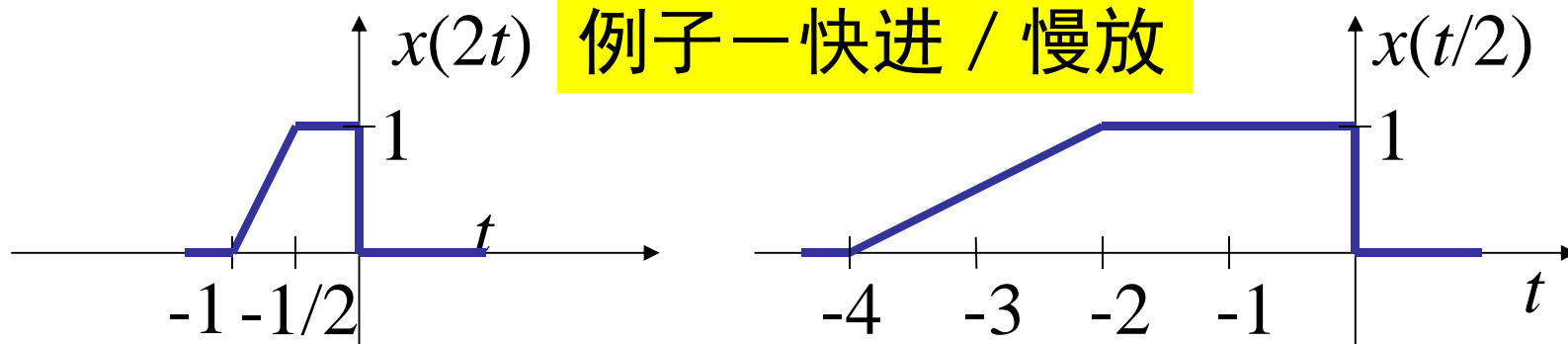
- **时移** *Time Shift*: $x(t+a)$, $x[n+a]$



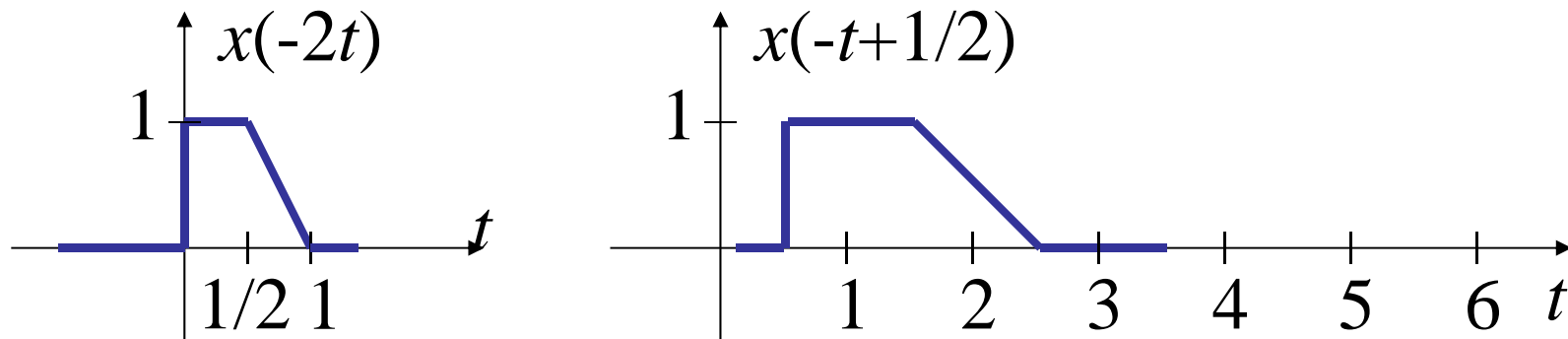
信号的简单处理

■ Three possible **time** transformations:

- **尺度变换** *Time Scale*: $x(at)$, $x[an]$ for $a > 0$.
 - On horizontal axis, scales the signal length down when $a > 1$, scales it up when $a < 1$.

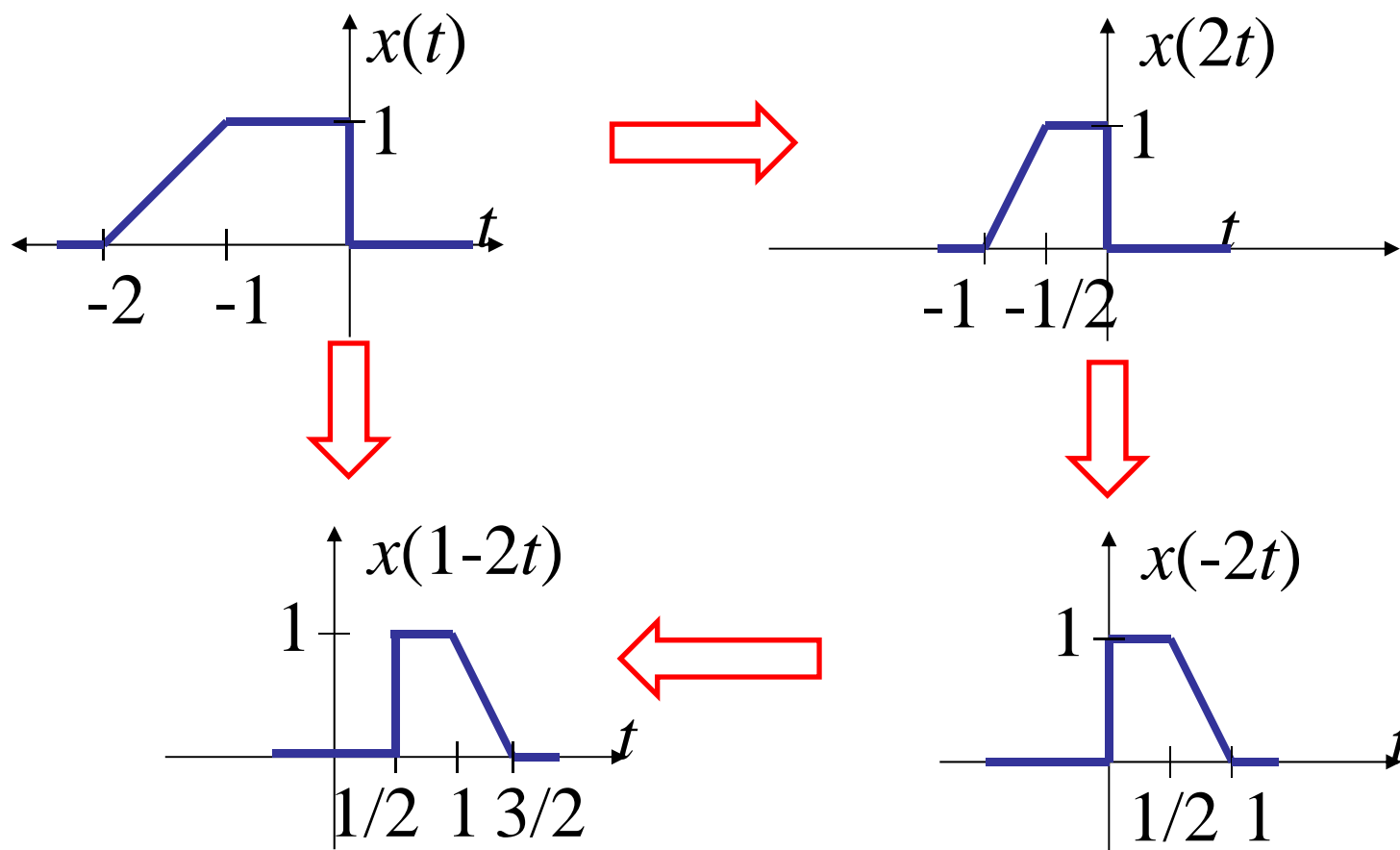


- **组合变换** Combinations are possible:



简单信号处理的综合例子

$$x(1-2t) \longleftrightarrow x[-2(t-1/2)]$$



小结

- 信号与系统研究涉及现代工程科学的核心问题
- 《信号与系统》课非常重要
- 熟悉了信号的基本概念
- 掌握了如何描述信号
- 知道日常生活中的一些现象可借助于信号的简单运算表示
- Good Luck!

课外作业

- 阅读:1.1 - 1.3; 预习:1.4 - 1.5
- 书面作业： 1.2题的(a)(c)(e)(g)小题、1.6题
- 每个**星期一23:59前**上传上星期的作业
 - 在A4纸上完成，每张拍照保存为一个JPG图像，文件名为：年级班号+姓名+hw+周次+P图片序号.jpg。如**1906班张三第一周作业第一张图片名为：1906张三hw1P1.JPG**，第二张图片名为：1906张三hw1P2.JPG，以此类推，上传超星课堂系统。具体见“作业提交方法”指南文档。