

信号与线性系统

主讲教师：王世杰

东南大学 影像科学与技术实验室

联系方式：

E-mail: mike@seu.edu.cn

Tel: 83794249(o) 13151080810

参考书目：

- 1 王霞、侯兴松、阎鸿森.
信号与线性系统（第2版）. 西安交通大学出版社，2014
- 2 John G. Prokakis, Dimtris G. Manolakis 著, 方艳梅, 刘永清等译.
数字信号处理（第四版）。电子工业出版社，2007
- 3 Sanjit K. Mitra 著, 孙洪等译.
数字信号处理--基于计算机的方法（第三版）.
电子工业出版社，2006
- 4 奥本海姆、谢弗合著.
离散时间信号处理. 科学出版社，1998年

考核方式：

平时成绩（10%）：平时作业+考勤

实验成绩（20%）：实验报告

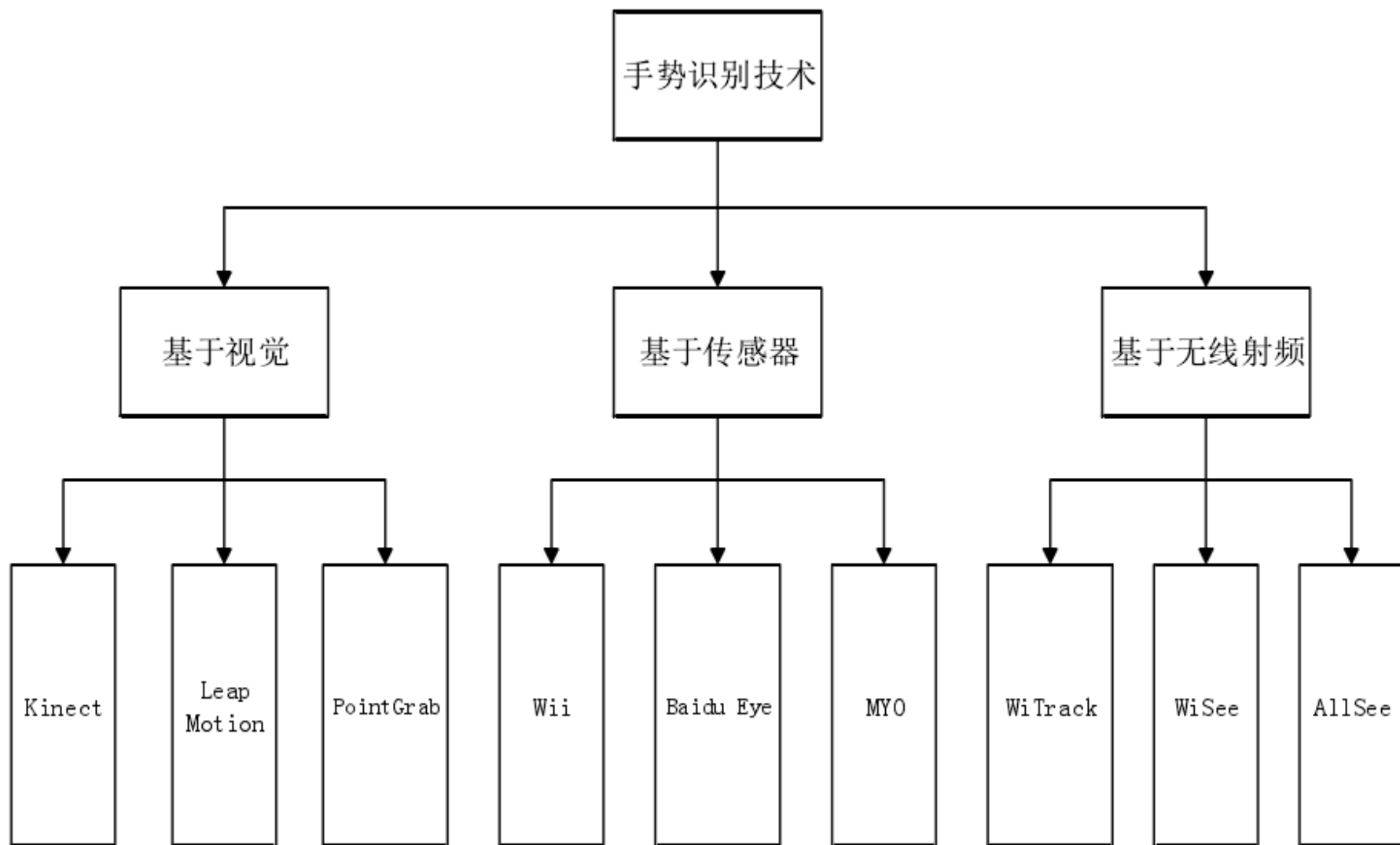
期末考试（70%）：闭卷考试

信号与系统问题无处不在

通讯

- 古老通讯方式：狼烟、旗语、信号灯
- 近代通讯方式：电报、电话、无线通讯
- 现代通讯方式：计算机网络通讯、视频电视传播、卫星传输、移动通讯

体感交互：手势识别



基于视觉的手势识别



基于传感器的手势识别

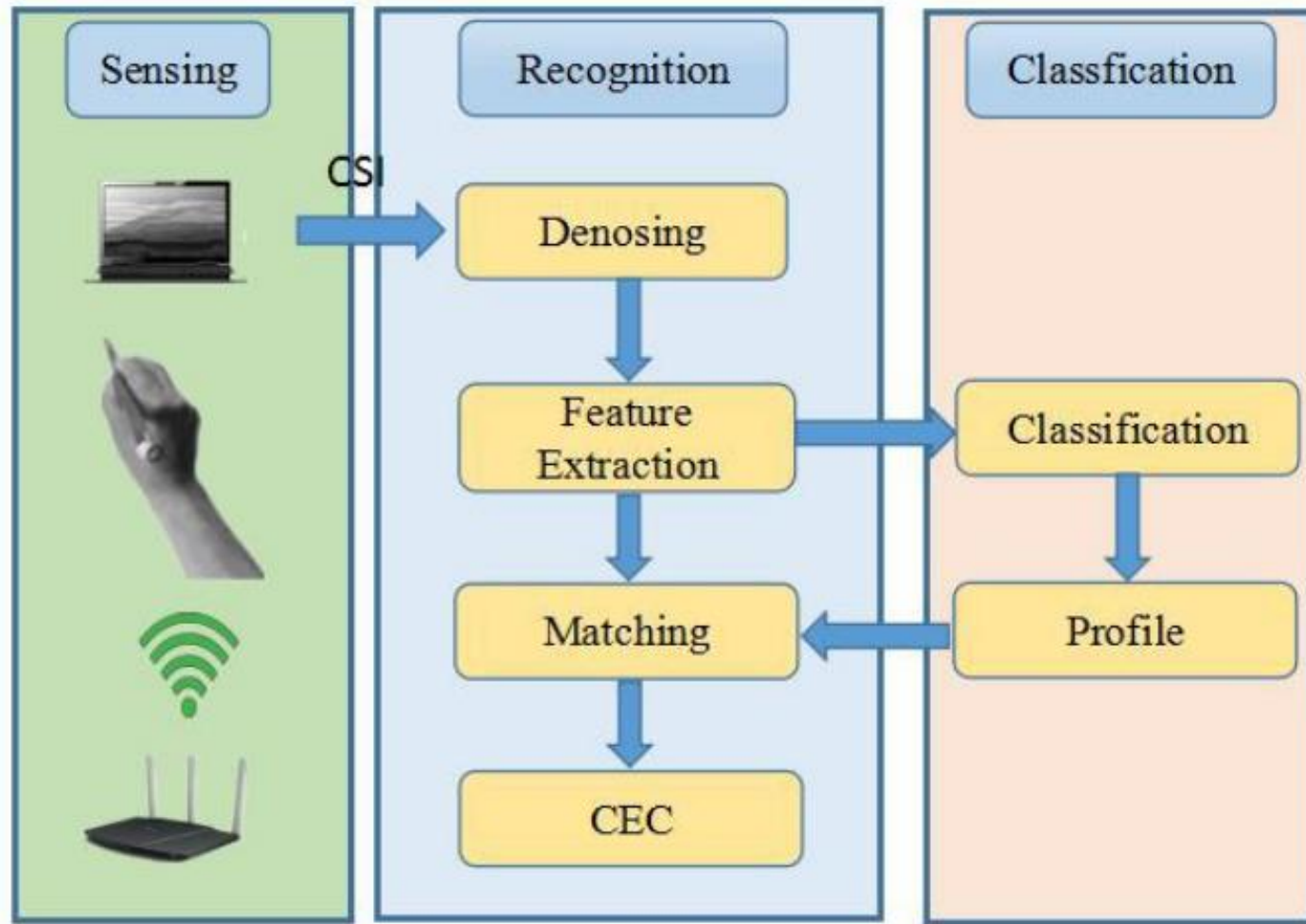


基于无线射频的手势识别

基于WiFi信号**手势识别**应用举例

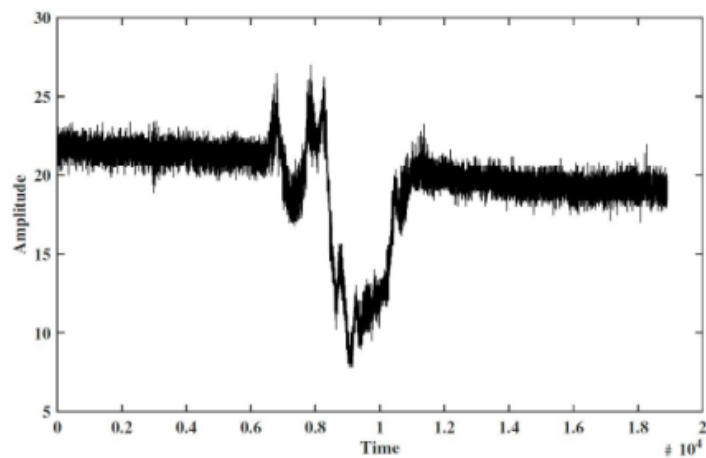


基于WiFi信号手势识别应用举例

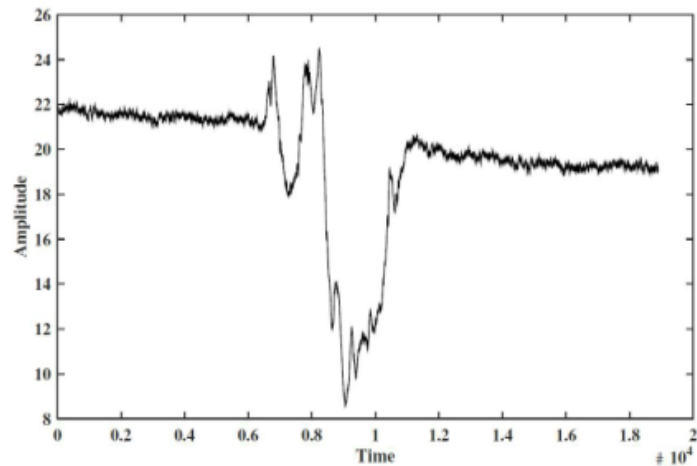


CSI (Channel State Information) -- 信道状态信息

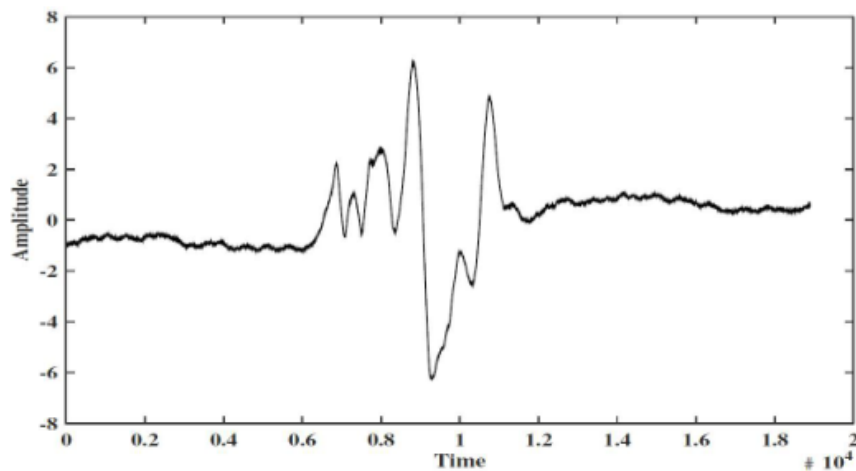
基于WiFi信号手势识别应用举例



(a) 原始 CSI 数据波形

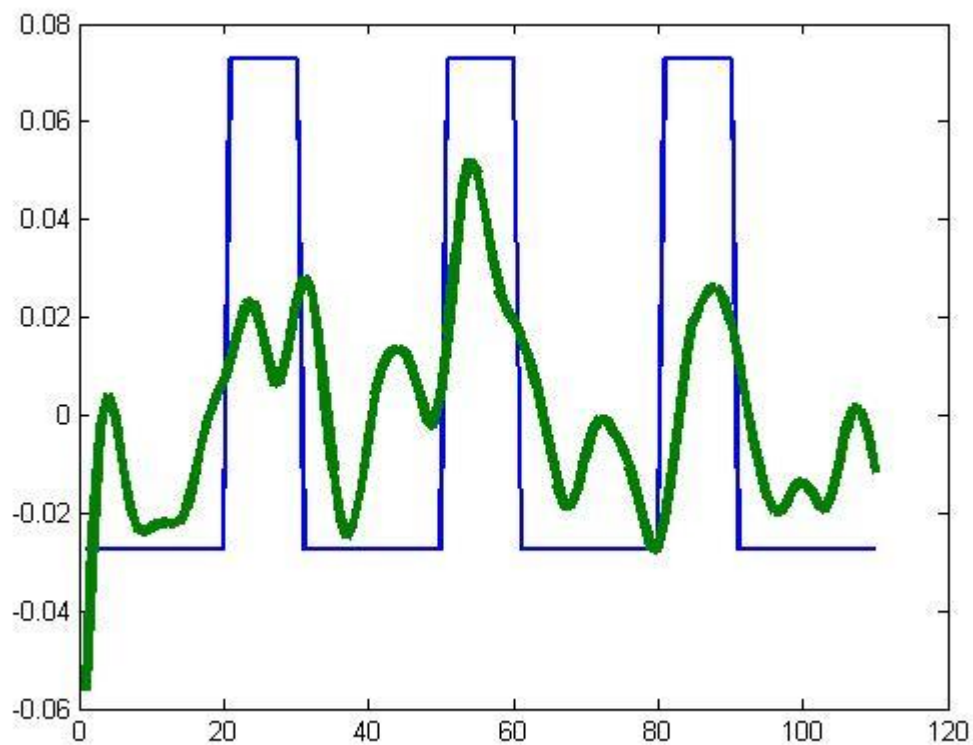


(b) Butterworth 滤波后的 CSI 波形



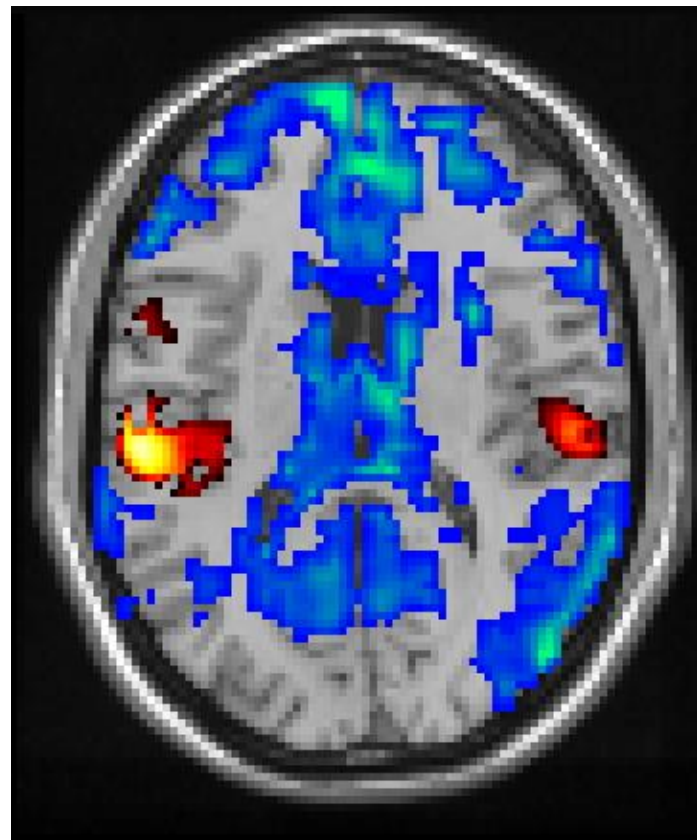
(c) Butterworth 和 PCA 滤波后的第二条主成分波形

脑功能信号检测应用举例



蓝色:刺激信号

绿色:响应信号



信息科学已渗透到所有现代自然科学和社会科学领域

- 工业监控、生产调度、质量分析、资源遥感、地震预报、人工智能、高效农业、交通监控
- 宇宙探测、军事侦察、武器技术、安全报警、指挥系统
- 经济预测、财务统计、市场信息、股市分析
- 电子出版、新闻传媒、影视制作
- 远程教育、远程医疗、远程会议
- 虚拟仪器、虚拟手术

信息时代的特征：

用信息科学和计算机技术的理论和手段来解决科学工程和经济问题。

信息活动：

信息的获取、交换、传输、处理、储存与再现。

一切信息活动都离不开信号与系统的作用

第一章 信号与系统

- 了解本门课程所要研究的问题
- 了解信号的概念、分类
- 了解系统的概念、分类
- 初步了解信号与系统的分析方法
- 掌握信号的简单运算及自变量变换
- 掌握常用基本信号及理解奇异函数的概念
- 理解系统的基本性质

《信号与系统》要研究的问题

信息、消息、信号

信号与系统的研究对象

信号 —— 是信息的表现形式，信息是信号的具体内容

系统 —— 系统是由若干相互作用和相互依赖的单元组合而成的具有特定功能的整体

信号是系统处理的对象，系统是信号的载体

信号与系统的研究内容

信号作用于系统产生什么响应？

信号分析、系统分析、系统设计

1.1 信号分析

1、信号的描述

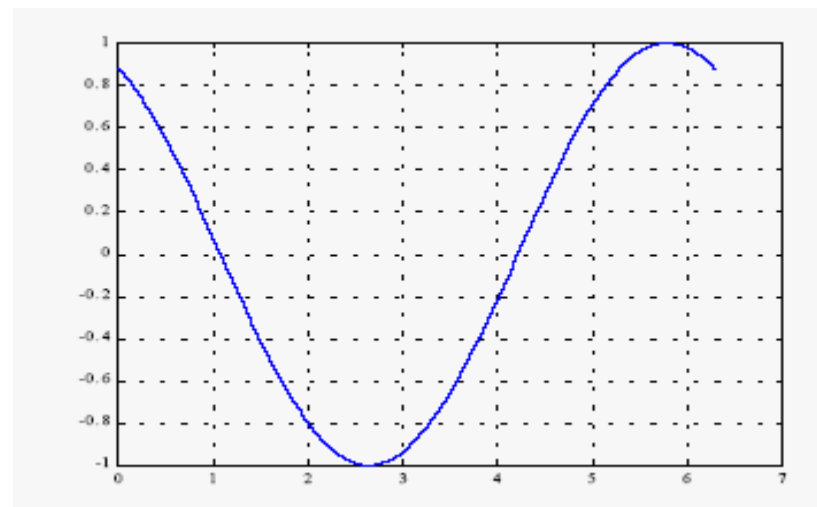
- 物理上：信号是信息的表现形式
- 数学上：信号是一个或多个变量的函数
- 形态上：信号表现为一种波形

广义地说，信号是随时间变换的某种物理量。

以正弦电压信号为例，

其数学描述为：

$$y(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$



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

2、信号分类

1 确定信号：信号可以用一个确定的时间函数加以确定；

随机信号：信号不可以用一个确定的时间函数加以确定
只能用统计特性加以描述。

2 连续信号：除若干不连续的时间点外，每个时间点 t 上都有对应的信号值。

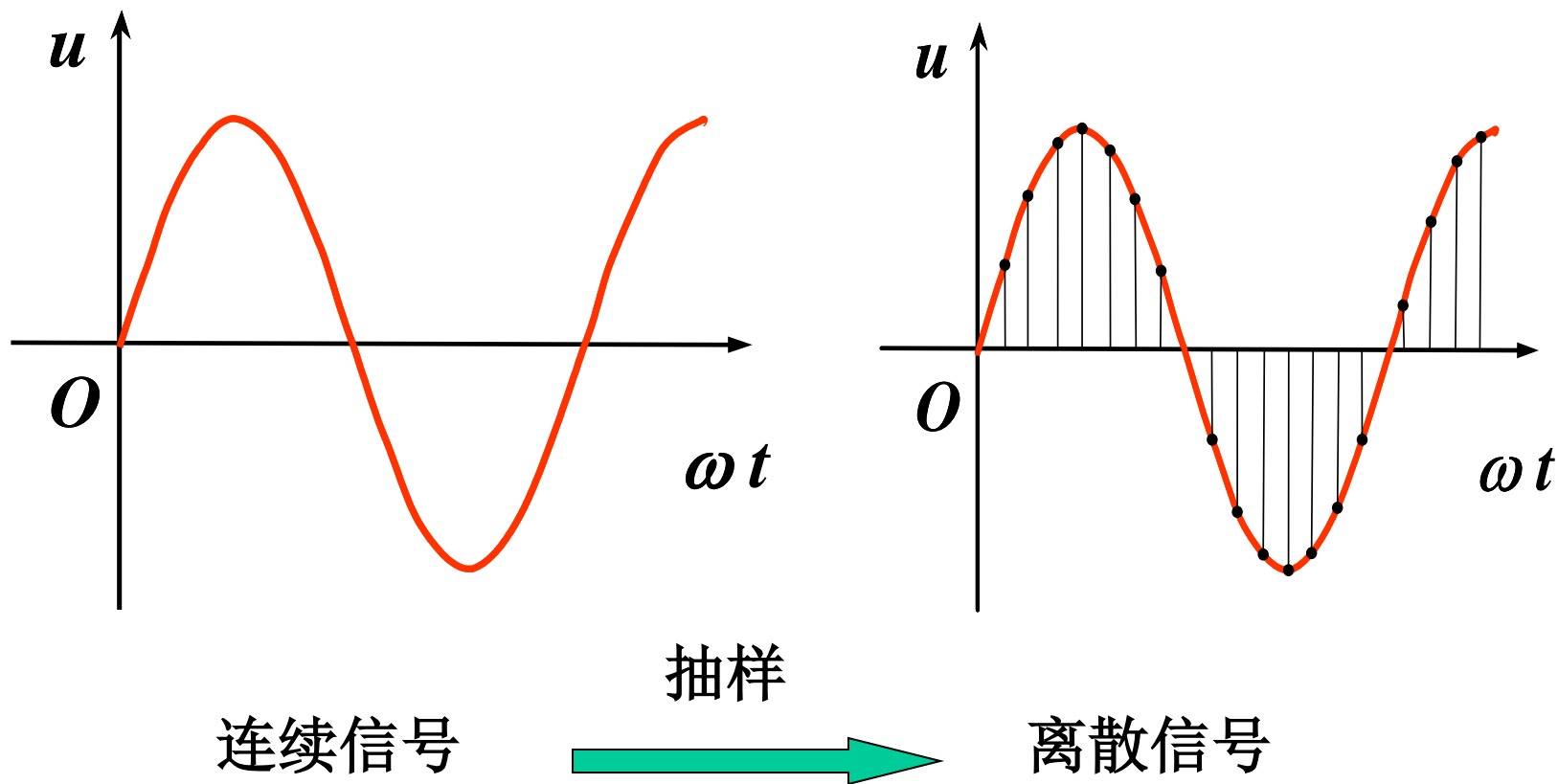
离散信号：信号只在某些不连续的时间点上有信号值，其它时间点上信号没有定义。

自变量连续，信号值连续——>连续信号： $x(t)$

自变量离散，信号值连续——>离散信号： $x(n)$

自变量离散，信号值离散——>数字信号

连续信号和离散信号：



问题1：如何从连续到离散？

问题2：如何采用最少的点并保持信号所带信息？

3 周期信号：存在 T 或 N ，对于任意时间 t 或 n 都有

$$x(t + T) = x(t)$$

$$x(n + N) = x(n)$$

非周期信号：不存在 T ，使.....

4 能量信号：总能量为有限值的信号

功率信号：总能量为无限值、平均功率为有限值的信号

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

连续时间信号的能量

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

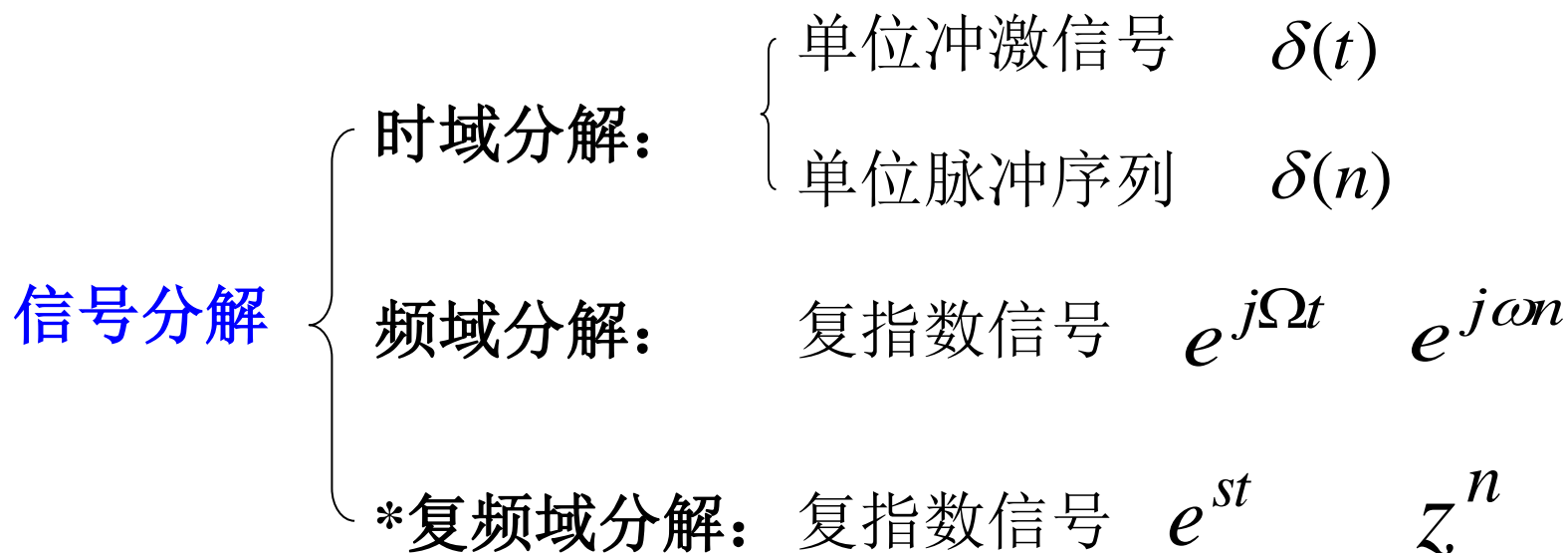
离散时间信号的能量

3、信号特性:

- 1、时间特性: 波形、周期、信号本身变化速率
- 2、频率特性: 振幅、相位、频率、频带
- 3、时间特性与频率特性的关系

4、信号分析方法:

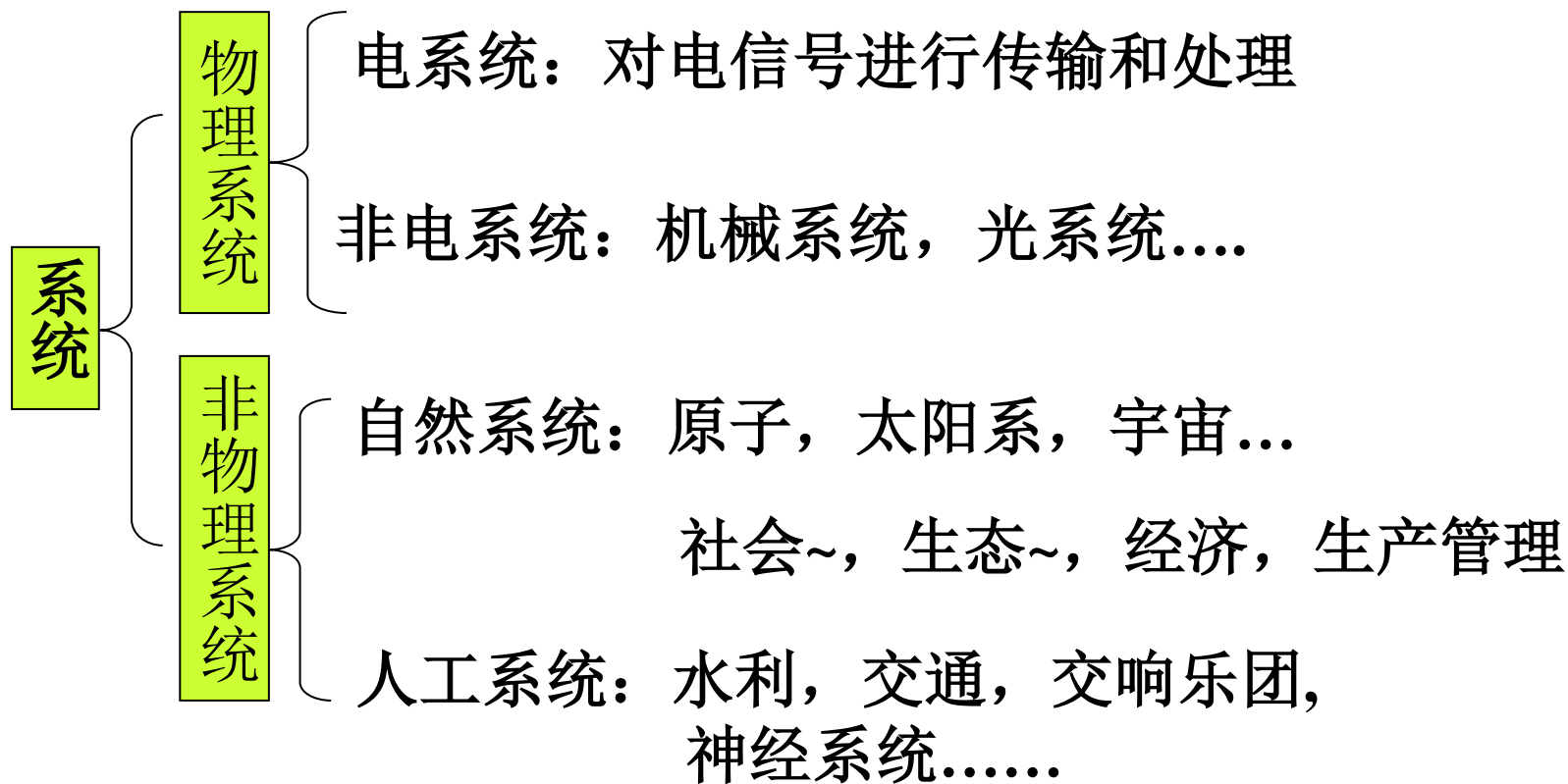
基本思想: 将信号分解为简单信号的线性组合



1.2 系统分析

1、系统概念

系统是由若干相互联系的单元组成的、具有某种功能、用以达到某种目的的有机整体。



2、系统分类

处理对象

1、连续系统与离散系统：

系统特性

2、线性系统与非线性系统：

3、时变系统与时不变系统：

4、即时系统与动态系统：

5、稳定系统与不稳定系统：

6、因果系统与非因果系统：

7、可逆系统与不可逆系统：

参量特性

8、集总参数系统与分布参数系统：

输入输出

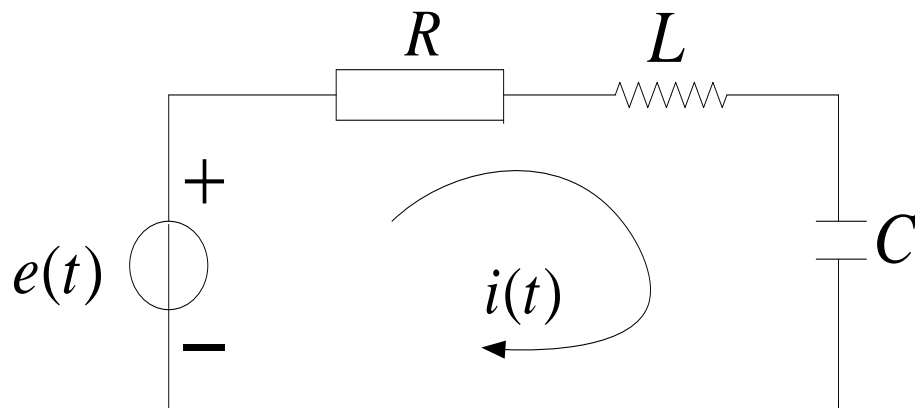
9、单输入单输出系统与多输入多输出系统：

本课程研究内容：线性时不变系统

3、系统模型

(1)、连续系统模型:

物理模型: 电路图



数学模型: 根据基尔霍夫电压定律

$$Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(t) dt = e(t)$$

$$LC \frac{d^2 i(t)}{dt^2} + RC \frac{di(t)}{dt} + i(t) = C \frac{de(t)}{dt}$$

常系数微分方程

(2)、离散系统模型:

例1: 一个空运控制系统,它用一台计算机每隔一秒计算一次某一飞机应有的高度 $x(k)$,同时用一雷达测试该飞机的实际高度 $y(k)$,飞机应有高度 $x(k)$ 和前一秒实测高度 $y(k-1)$ 之差作为飞机调整飞行高度的依据。设飞机改变高度的速度正比于此差值,即: $v=a[x(k)-y(k-1)]$,求该问题的数学模型。

解: 从第 $k-1$ 秒到第 k 秒这1秒钟内飞机升高为

$$a[x(k) - y(k-1)] = y(k) - y(k-1)$$

整理可得:

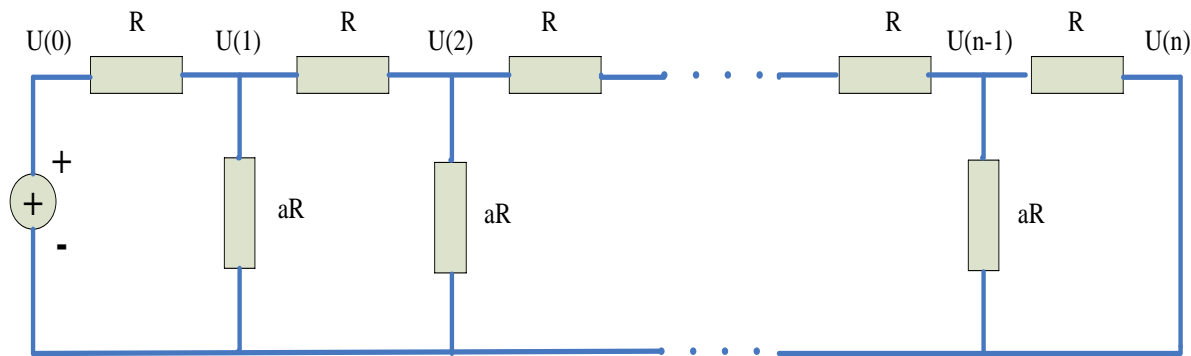
$$y(k) - (a-1)y(k-1) = ax(k) \quad \text{常系数差分方程}$$

输入: $x(n), x(n-1), x(n-2), \dots$

输出: $y(n), y(n-1), y(n-2), \dots$

差分方程: 表示离散序列中相邻几个数据点之间满足的数学关系。

例2：如图所示为一电阻的梯形网络，该网络各个节点对公共节点的电压为 $U(k)$ ， $k=0、1、2、\dots、n$ 。试写出这个系统的差分方程。

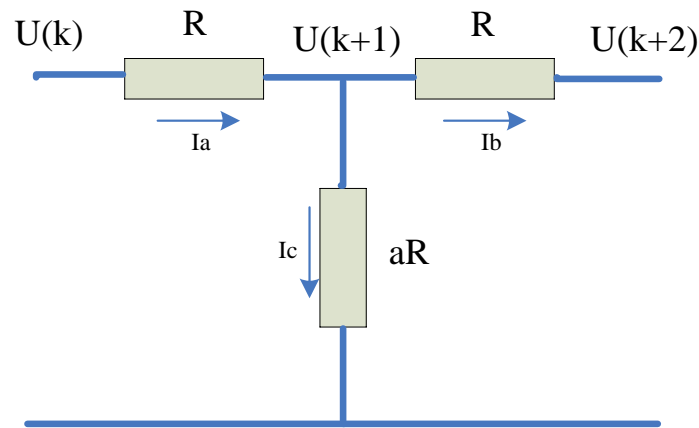


解： $I_a = I_b + I_c$

$$\frac{U(k) - U(k+1)}{R} = \frac{U(k+1) - U(k+2)}{R} + \frac{U(k+1)}{aR}$$

整理可得：

$$U(k+2) - \frac{(2a+1)}{a}U(k+1) + U(k) = 0$$



系统模型:

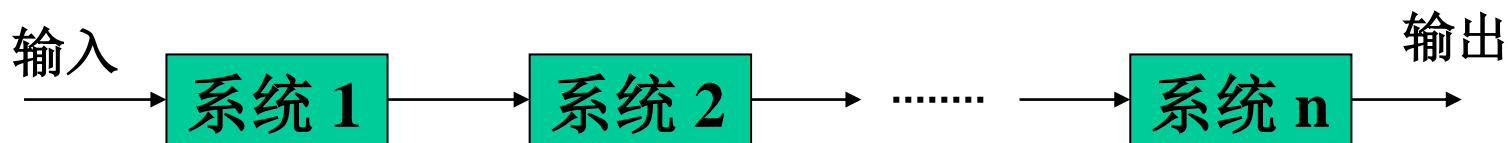
- 输入输出模型: 微分方程或差分方程
- 状态空间模型: 微分方程组或差分方程组

系统表示:

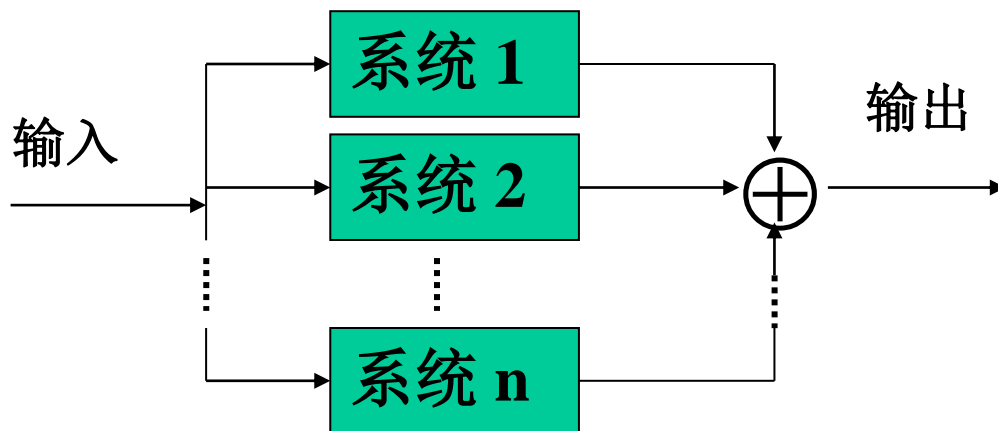


4 系统的互联

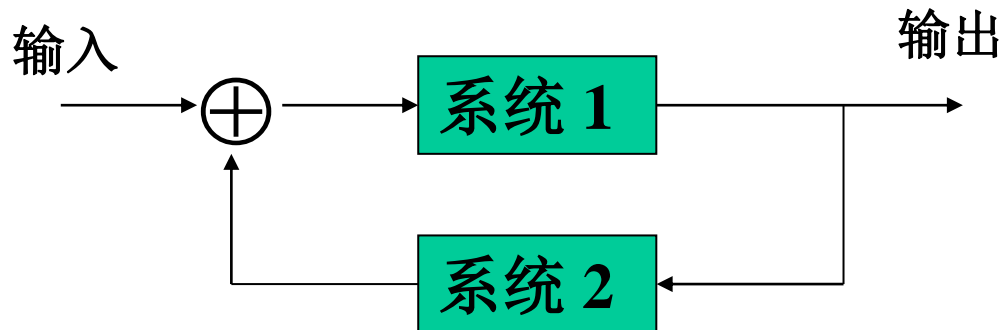
1. 级联



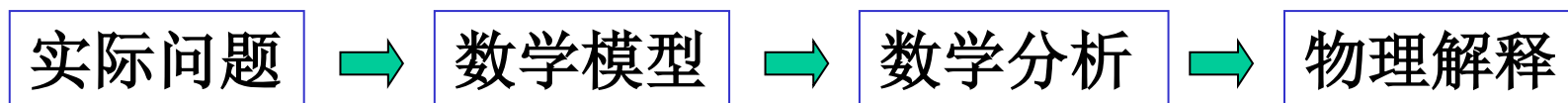
2. 并联



3. 反馈联结



5 系统分析

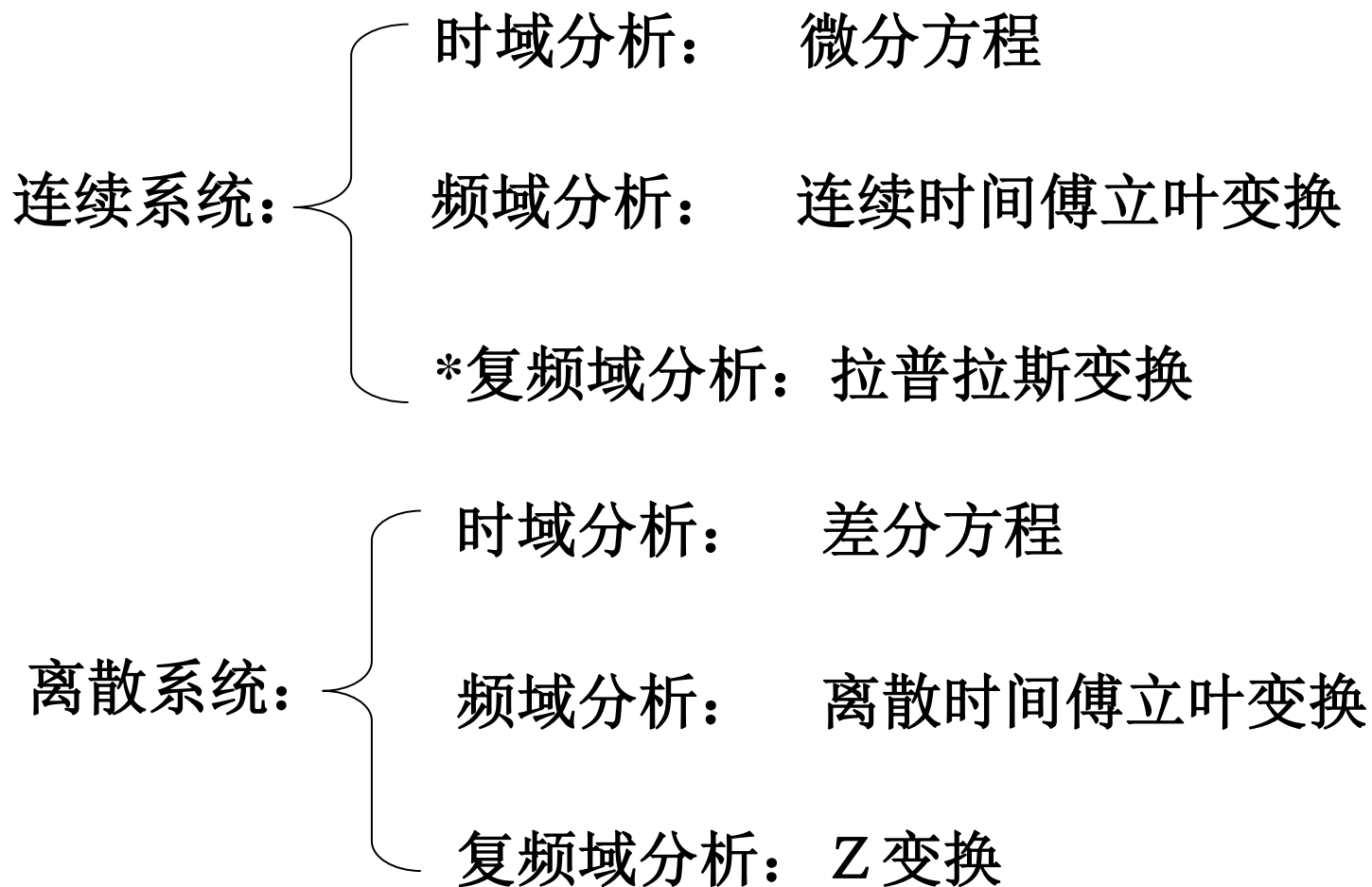


重点：输入与输出之间的关系

- 已知系统特性和输入信号，求系统的输出；
- 已知系统的输入和输出信号，求系统特性；
- 已知输入信号和欲得到的输出信号，构造（设计）系统。

线性时不变系统（LTI）分析方法：

重点： 输入与输出之间的关系



小结:

1、信号与系统的概念

信号：信息的表现形式

系统：信息的交换、传输、处理与储存

2、信号与系统的分类

连续时间信号—连续时间系统

离散时间信号—离散时间系统

3、信号与系统的分析方法—线性时不变系统

信号分解

时域、频域、复频域