



课程基本情况

- 课程名称：信号与系统B
- 英文名称：Signals and Systems - B
- 课程编号：INFT3033
- 学时学分：总学时52，其中授课44学时、实验8学时；3学分。
- 先修课程：数学分析或高等数学、复变函数与积分变换、电路
- 选用教材：
阎鸿森、王新风、田惠生编，《信号与线性系统》，西安交通大学出版社，1999年8月第1版。
- 教学网址：<http://jgzhang.gr.xjtu.edu.cn>
- 答疑安排：时间？地点-西一楼605
- 纪律要求：手机？私语？
- 办公地点：西一楼605
- 办公电话：82668714

信号与系统B Signals and Systems

第1章 绪论

张建国

西安交通大学
电子与信息工程学院

2013年9月10日



课程的地位与任务、参考书目

信号与系统是电气电子信息类各专业的核心课程。

课程的任务：

- 建立确知信号分析的理论与方法；
- 建立线性时不变（LTI）系统分析的理论与方法；
- 系统设计；

主要参考书目：

- A.V.Oppenheim, A.S.Willsky with I.T.Young. "Signals and Systems." Prentice-Hall. Inc. 1997.
- 吴湘淇，《信号、系统与信号处理》，电子工业出版社，1996。
- 郑君里、杨为理，《信号与系统》，清华大学出版社，1999。
- 管致中、夏恭恪，《信号与线性系统》，人民教育出版社，1983。
- 吴大正，《信号与线性系统分析》，高等教育出版社，1998。



课程目标、学习要求与学习方法

课程目标：掌握信号与系统分析的基本概念、基本理论与分析方法，灵活应用所学习的理论与方法解决各种相关的问题。

课程特点：研究信号与线性系统的一般理论，内容抽象。

学习要求：理解概念、掌握方法、多做多练、融会贯通。为此，必须认真地完成一定数量的习题。认真做好相关的教学实验。认真把握各个教学环节，充分利用答疑时间，及时解决学习中的疑难问题。

学习方法：

- 注重物理概念与数学分析之间的对照，不要盲目计算；
- 注意分析结果的物理解释，各种参量变动时的物理意义及其产生的后果；
- 同一问题可有多种解法，应在掌握基本解法的基础上，寻找最简单、最合理的解法；
- 在学完本课程相当长的时间内仍需要反复学习本课程的基本概念。



课程内容及学时安排

章次	内容	学时
第1章	绪论	1
第2章	信号与系统	5
第3章	信号与系统的时域分析	6
第4章	连续时间信号与系统的频域分析	8
第5章	离散时间信号与系统的频域分析	8
第6章	拉普拉斯变换	6
第7章	z变换	4
习题课		4
总复习		2
总计		44



信息时代

绪论要解决的问题:

- 本课程要研究的问题是什么?
- 本课程的任务和地位。
- 为什么要学习该课程?
- 怎样才能学好该课程?

人类的社会活动离不开交流 (Communication)。

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。

信息活动是指:

信息的获取、交换、传输、处理、存储、再现、控制与利用等。

一切信息活动都离不开系统的作用。



本章内容与基本要求

- 1 信号的概念
 - 消息与信号
 - 信号的分类
- 2 系统的概念
 - 系统
 - 信号传输系统
 - 系统的分类
- 3 信号与系统分析
 - 信号分析
 - 系统分析
 - 信号与系统分析的应用领域

基本要求

- 明确本课程研究的对象及本课程的性质、目的和任务。
- 掌握信号的概念，信号的分类；
- 掌握系统的概念，系统的分类；
- 了解信号分析，系统分析的基本概念，信号与系统分析的应用领域。



信息、消息与信号

信息 (Information)：是指存在于客观世界的一种事物形象，一般泛指消息、情报、数据、指令等有关周围环境的知识。凡是物质的形态、特性在时间或空间上的变化，及人类的各种社会活动都会产生信息。人类通过自己的感觉器官从客观世界获取各种信息。**信息是对消息中的不确定性的度量。**（信息是可度量的，信息论）

信息需要以某种物理方式来表达，如：语言、文字、图画、数据、符号等等。这些按一定规则组织起来的约定符号称为**消息(Message)**。

消息一般不便于**高速度、高效率地远距离传输**和有效的处理，因此往往需要将消息转变成便于传输和处理的**信号 (Signal)**。

信号作为消息的载体，也是消息的表现形式。通常表现为随时间变化的物理量，如：声、光、电等等。

在各种信号中，电信号是最便于存储、传输、处理与再现的，因而也是应用最广泛的。电信号是本课程的主要研究对象。



一维信号与多维信号、确知信号与随机信号

一维信号与多维信号：

数学表达式来看，信号可以表示为一个或多个变量的函数，称为一维或多维函数（信号）。如语音信号是一维信号、图像信号是二维信号。本课程只研究一维信号，且自变量多为时间。

确知信号与随机信号：

如果信号可以表示为一个或几个自变量的确定函数，我们就称该信号为**确知信号**，如正弦信号。

如果信号不是自变量的确定函数，即对任意给定的自变量，信号值并不确定，只可能知道它的统计特性，如在某时刻取某一数值的概率，这类信号被称为**随机信号**或不确定信号。如电子系统中的热噪声如随机信号。

确知信号不能用于信息交换，尽管如此，对确知信号的研究仍然是**基本的，也是重要的，它是研究随机信号的基础**。本课程只讨论确定信号，随机信号在后续的研究生课程中讨论。



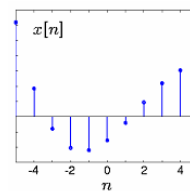
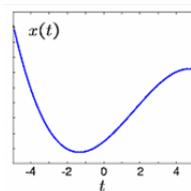
连续时间信号与离散时间信号

信号按照自变量（时间）的取值是否连续可以分为**连续时间信号**与**离散时间信号**。它们是自然界中客观存在的两大类信号。

连续时间信号是指自变量（时间）的取值是连续的。信号本身可以有不连续点（间断点）。

离散时间信号是指自变量（时间）只取整数值的信号。其本质上是一串有序的数值，因此也称为序列。其信号值可以在实数域内取值。

我们可以对离散时间信号的信号值进行量化，将量化后的离散时间信号称为**数字信号**。



周期信号与非周期信号、信号的时间频率特性

无论是连续时间信号还是离散时间信号，按信号值随时间变量变化的规律都可以分为周期信号与非周期信号。

连续时间周期信号满足 $x(t+T) = x(t)$ ，其中正实数 T 是信号的周期。

离散时间周期信号满足 $x(n+N) = x(n)$ ，其中周期 N 是正整数。

信号的**时间特性**：表示确定信号的时间函数包含了信号的全部信息，它集中反映在信号随时间变化的波形上，包括信号持续时间的长短、变化速率的快慢、幅度的大小等。

除时间特性外，信号还具有**频率特性**。一个复杂信号可以分解成许多不同频率的正弦分量（傅里叶级数）。频谱反映了信号随频率变化的特性，从中可以看出信号包含哪些频率分量，各分量的幅度、相位，以及整个信号所占有的频率范围等。信号的频谱同样也包含了信号的全部信息。



信号的能量

任何信息传输的过程必然伴随着一定的能量传输，这表明信号具有能量特性。

$$\text{连续时间信号的能量定义为: } W = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt$$

$$\text{离散时间信号的能量定义为: } W = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x(n)|^2$$

把信号在一定时间间隔里的能量对时间间隔取平均，就得到此信号在该时间间隔内的**平均功率**。

按照信号的能量特性可以将信号分为**能量信号**与**功率信号**。信号总能量为有限值的信号称为能量信号；总能量无限大但平均功率为有限值的信号称为功率信号。





系统的概念

要产生信号并对其进行传输、处理、存储和再现都需要一定的物理装置，这种装置常称为系统。

从一般意义上讲，**系统**是由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有特定功能的整体。它是一个非常广泛的概念。系统可以是物理的，也可以是非物理的。

系统可以很简单，也可以很复杂。例如：一个RC电路是一个系统，一架照相机、电视机、汽车、输电网、交通网、计算机网络、通信网、导弹防御控制系统等都是物理的系统；一个政府的经济决策支持过程、企业的管理调控体系、国家的司法体系、金融财政体系也是一个系统，只不过是非物理的系统。



系统的分类

连续时间系统：输入信号与输出信号都是连续时间信号的系统。

离散时间系统：输入信号与输出信号都是离散时间信号的系统。

依据系统自身的特性可将系统划分为：

- 线性系统与非线性系统
- 时变系统与时不变系统
- 瞬时系统与动态系统（无记忆系统与记忆系统）
- 因果系统与非因果系统
- 可逆系统与不可逆系统
- 稳定系统与不稳定系统

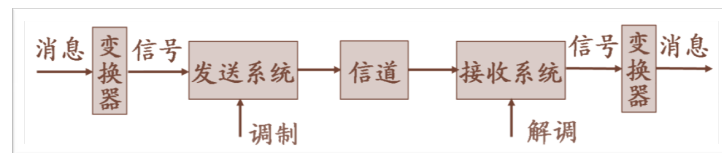
本课程研究的对象是：连续时间信号；离散时间信号；线性时不变系统（Linear Time-Invariant Systems, LTI系统），既包括连续时间LTI系统，也包括离散时间LTI系统。



信号传输系统

从广义上讲，一切信息的传输过程都可以看成是通信，一切完成信息传输任务的系统都可以看成是通信系统。

一般通信系统的基本组成如下图所示。



通常用 $x(t)$ 表示系统的输入信号，也称为激励；而用 $y(t)$ 表示系统的输出信号，也称为响应。广义地，可以将系统看作一个信号变换器，它依据系统的功能将输入信号变换成输出响应。

单输入单输出系统（SISO），单输入多输出系统（SIMO），多输入单输出系统（MISO），多输入多输出系统（MIMO）。



信号分析

基本目的是：揭示信号自身的特性（如：时间特性、频率特性），以及信号发生改变时，信号特性的相应变化。

基本思想是：设法将信号分解成简单基本单元信号的线性组合。

由于对信号的分解可以在时域、频域、变换域进行，因而产生了三种相应的信号分析方法：

- 时域分析：以 $\delta(t)$ 、 $\delta(n)$ 作为构成信号的基本单元；
- 频域分析：以 $e^{j\Omega t}$ 、 $e^{j\omega n}$ 作为分解信号的基本单元；
- 变换域分析：以 e^{st} 、 z^n 作为分解信号的基本单元。

为了揭示连续时间信号与离散时间信号之间的联系，还要研究采样理论。为了适应数字技术与计算机技术的发展，需要讨论有关数字信号处理的基本知识，包括DFT和FFT。



系统分析

对系统的研究一般包括：系统分析与系统综合。

系统分析的任务：

- 求已知系统对给定输入信号所产生的响应。
- 已知系统的激励与响应，确定系统的特性。

系统分析的基本过程：

- 为系统建立数学模型；
- 对数学模型进行求解；
- 对所得到的解，赋予物理的解释。

LTI系统的数学模型可分为两种类型：输入输出模型和状态空间模型。

与信号的分析方法相对应，LTI系统的分析方法（即对系统模型的求解方法）也有三种：时域分析法、频域分析法、变换域分析法。

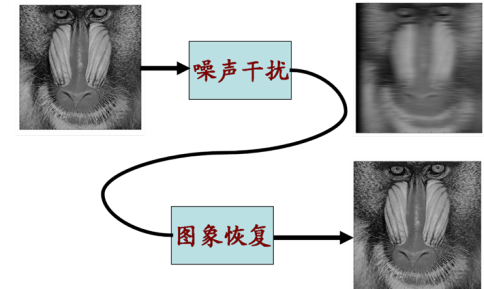
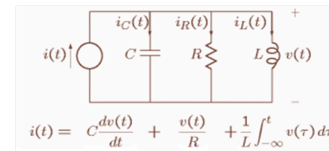
作为信号与系统分析方法在工程领域的应用，还将讨论关于信号滤波及通信系统的有关问题。



应用领域

电路设计、通信、生物工程、远程医疗等；

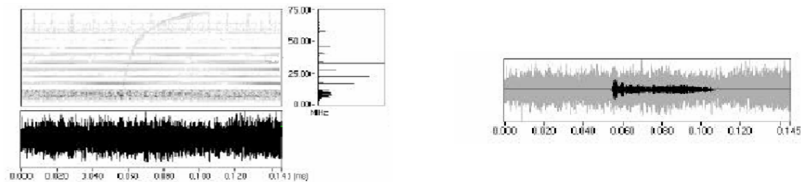
信号处理、图象恢复与增强、噪声抑制等；



应用领域

工业控制、化工过程控制、资源遥感、地震预报、核爆探测、测控导航与制导、人工智能、高效农业、交通监控等；

左下图是美国低轨道卫星收到的核爆信号，信号完全淹没在噪声中；而右下图是通过时频滤波后恢复的信号。



经济预测、财务统计、股市分析等；

