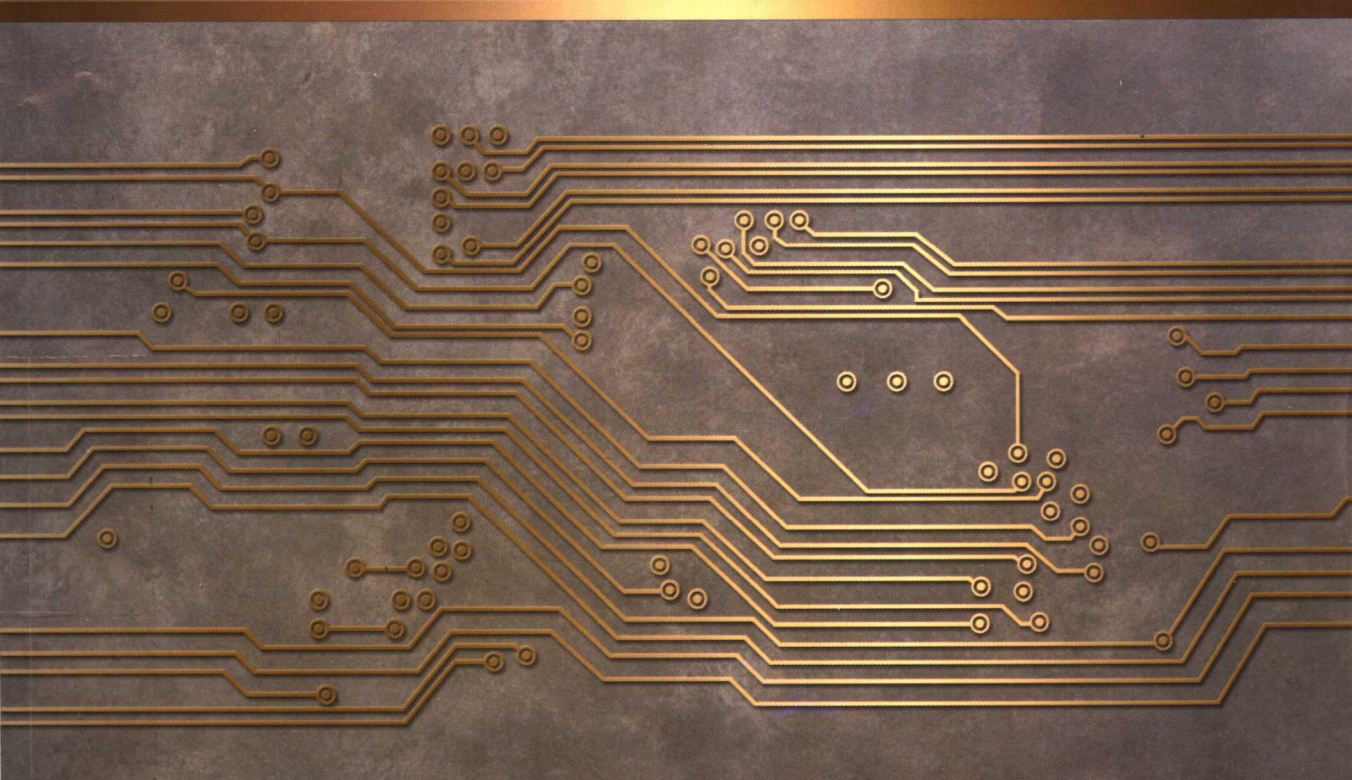


新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

信号与系统

于凤芹 主编

程正务 侯宁 孔军 编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

教育部“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

信号与系统

第2版

科学出版社

TN911. 6/131

2008

新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

信号与系统

于凤芹 主编

程正务 侯宁 孔军 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书由信号分析、系统分析、信号分析与系统分析工具软件三部分组成，全面介绍信号与系统的基本概念、分析方法和工具应用。第1章~第3章介绍信号分析，包括连续与离散信号的时域和频域分析；第4章~第8章介绍系统分析，包括系统的时域分析、频域分析、 s 域分析、 z 域分析和状态变量分析；第9章介绍MATLAB在信号与系统分析中的应用。

本书体系新颖，连续与离散并行易于类比法教学；内容剪裁得当，既注重基础又体现时代气息；语言叙述通俗易懂，尤其注重理论联系实际；例题丰富，思考与练习题多样，习题精选并附参考答案。本教材还免费提供电子教学课件。

本书可作为电子信息、通信、自动化、计算机科学与技术、生物医学工程等专业本科的信号与系统课程教材，也可供有关科技人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统 / 于凤芹主编. —北京: 电子工业出版社, 2008.3

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 978-7-121-05530-0

I. 信… II. 于… III. 信号系统—高等学校—教材 IV. TN911.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第187949号

策划编辑: 韩同平

责任编辑: 谭海平 段丹辉

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 17.5 字数: 448千字

印 次: 2008年3月第1次印刷

印 数: 4000册 定价: 26.50元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

前 言

随着信息技术的发展和应用领域的拓展，“信号与系统”课程已经从电子信息、通信工程专业的专业基础课程扩展成自动化、计算机科学与技术、生物医学工程等专业的电类基础课程。该课程与后续专业课程联系紧密。面对知识的更新和读者对象的变化，编写一本注重基础理论、适应对象变化、体现时代气息、符合发展趋势的课程教材是我们编写的初衷。

本书的主要特点有：

(1) 由信号分析、系统分析、信号分析与系统分析工具软件三部分构成，体系新颖合理。信号分析的核心是基于傅里叶变换的频谱分析，信号连续和周期与否导致其傅里叶变换形式不同，但本质上都是对信号进行频谱分析，所以将连续和离散信号的时域与频域分析统一安排。考虑到连续系统与离散系统分析方法有完美的对偶性，采用类比方法教学可以事半功倍，本书将连续与离散系统分析作为一个整体安排，先时域分析、后变换域分析、再状态变量分析。将 MATLAB 软件引入本课程，使学生对信号与系统的概念和理论有直观认识，同时也培养学生利用计算机解决实际问题的能力，考虑到教学内容体系的连贯性，同时也使学生能学深学透，本书最后一章全面系统地介绍了信号与系统分析工具软件——MATLAB。

(2) 全书内容取舍得当，重点突出，即注重教材的基础性，又体现出时代气息。注重工程背景和实际应用，略去一些陈旧内容并减少数学推导，如拉普拉斯变换和 z 变换在本书中只作为系统分析的工具而不是作为工程数学来讲授，本书压缩了数学性质的推导和证明，在正反变换方法学习之后，主要的是使用数学工具进行系统的变换域分析，从而解决连续与离散系统在时域分析所带来的不便。此外，鉴于该课程承前启后的地位，还应处理好与工程数学、电路分析的关系，原则是“拿来主义”不重复；同时划清与后续的数字信号处理、通信原理等课程的界线，力求做到“无缝衔接”不越位。

(3) 在内容叙述上，采用先从感性的实际事物出发，再上升到理性，循序渐进的思维方法，力求理论阐述通俗易懂。用丰富的例题介绍分析方法和解题技巧来帮助学生理解和消化抽象的理论，从而解决学生解题难的问题。思考与练习可以拓展学生思维，使其达到举一反三的目的。

本教材的建议授课学时数为 56~64 学时，其中带有“*”的章节为选学内容，第 9 章可作为实验教材。本书精选的习题都有参考答案或源程序。本教材还为任课教师免费提供电子教学课件，可在华信教育资源网 (<http://www.huaxin.edu.cn>) 注册下载，欢迎任课教师及时反馈您的授课心得和建议。

本书是在编者多年教学实践经验的基础上，本着巧妙安排课程体系、合理取舍教材内容的出发点编写的。第 1, 2, 3, 5 章由于凤芹教授编写，第 4, 8 章由程正务副教授编写，第 6, 7 章由侯宁副教授编写，第 9 章由孔军讲师编写，全书由于凤芹教授整理统稿。

燕庆明教授认真地审阅了书稿并提出详细的修改意见。在写作过程中，编者参阅了国内外大量的著作和资料，得到江南大学通信与控制工程学院的大力支持，同时得助于

电子工业出版社的韩同平和段丹辉编辑认真高效和耐心细致的工作，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中若有不妥之处，敬请批评指正！联系方式：E-Mail: yufg@jiangnan.edu.cn。

编 者
2007年12月
于江南大学

目 录

第1章 信号与系统概论	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 信号的概念	(1)
1.3 信号的分类	(3)
1.3.1 确定性信号与随机信号	(3)
1.3.2 连续时间信号与离散时间信号	(3)
1.3.3 周期信号与非周期信号	(4)
1.3.4 能量信号与功率信号	(4)
1.4 系统的概念	(5)
1.5 系统的分类	(7)
1.6 信号分析和系统分析方法综述与本书导读	(8)
1.7 本章小结	(11)
第2章 信号的时域分析	(12)
2.1 引言	(12)
2.2 基本的连续时间信号	(12)
2.3 典型的离散时间信号	(19)
2.4 信号的时域变换	(22)
2.4.1 信号幅度的放大与缩小	(22)
2.4.2 信号时间的扩展与压缩	(22)
2.4.3 信号的时移	(23)
2.5 信号的时域运算	(25)
2.6 信号的分解	(29)
2.6.1 信号分解为偶分量与奇分量	(29)
2.6.2 信号分解为实部分量与虚部分量	(29)
2.6.3 信号分解为冲激信号之和	(30)
* 2.6.4 信号的正交分解	(31)
2.7 信号的卷积	(33)
2.7.1 卷积积分的定义	(33)
2.7.2 卷积积分的性质	(33)
2.7.3 卷积积分的计算	(34)
2.7.4 离散信号的卷积和	(37)
2.8 本章小结	(39)
习题	(40)

第3章 信号的频域分析	(43)
3.1 引言	(43)
3.2 连续时间周期信号的分解与合成	(43)
3.2.1 周期信号的三角函数表示	(43)
3.2.2 周期信号的复指数表示	(44)
3.2.3 周期信号的对称性与傅里叶系数的特点	(45)
3.2.4 周期信号的合成与吉布斯(Gibbs)现象	(47)
3.3 周期信号的频谱及特点	(50)
3.3.1 周期信号从时域表示到频域表示	(50)
3.3.2 周期信号的频谱图	(51)
3.3.3 周期信号频谱的特点与有效频谱宽度的概念	(53)
3.3.4 周期信号的频谱与脉冲宽度和周期的关系	(54)
3.4 非周期信号的频谱	(55)
3.4.1 非周期信号的频谱密度函数	(55)
3.4.2 傅里叶变换的定义	(56)
3.4.3 非周期信号的能量谱	(56)
3.4.4 典型信号的频谱函数	(57)
3.5 傅里叶变换的性质及应用	(61)
3.5.1 线性性质	(61)
3.5.2 对称性质(互易特性)	(61)
3.5.3 尺度变换性质	(63)
3.5.4 时移特性	(63)
3.5.5 频移特性	(64)
3.5.6 时域微分特性	(64)
3.5.7 时域积分特性	(65)
* 3.5.8 频域微分特性	(66)
* 3.5.9 频域积分特性	(66)
3.5.10 时域卷积定理	(67)
* 3.5.11 频域卷积定理	(67)
3.5.12 帕塞瓦尔定理	(68)
3.6 周期信号的傅里叶变换	(69)
3.6.1 复指数、余弦和正弦信号的傅里叶变换	(69)
3.6.2 一般周期信号的傅里叶变换	(69)
3.7 采样定理	(71)
3.7.1 带限信号和采样信号	(71)
3.7.2 矩形脉冲采样信号及其频谱	(72)
3.7.3 均匀冲激采样信号及其频谱	(73)
3.7.4 采样定理	(74)
* 3.8 傅里叶变换的快速计算	(76)

3.9 本章小结	(77)
习题	(78)
第4章 系统的时域分析	(81)
4.1 引言	(81)
4.2 线性时不变系统的定义与特性	(81)
4.3 连续 LTI 系统微分方程的建立	(82)
4.4 连续 LTI 系统的零输入响应与零状态响应	(84)
4.4.1 连续 LTI 系统的零输入响应	(85)
4.4.2 连续 LTI 系统的零状态响应	(86)
4.5 连续 LTI 系统的冲激响应与阶跃响应	(89)
4.6 离散 LTI 系统差分方程的建立与求解	(94)
4.6.1 离散 LTI 系统差分方程的建立	(94)
4.6.2 离散 LTI 系统的零输入响应	(95)
4.6.3 离散 LTI 系统的零状态响应	(95)
4.7 离散 LTI 系统的冲激响应与阶跃响应	(97)
4.8 本章小结	(100)
习题	(102)
第5章 系统的频域分析	(104)
5.1 引言	(104)
5.2 系统的频率特性 $H(j\omega)$	(104)
5.2.1 $H(j\omega)$ 的定义与物理意义	(104)
5.2.2 $H(j\omega)$ 的求法	(105)
5.3 系统的频域分析法	(106)
5.4 线性系统无失真传输条件	(109)
5.5 理想低通滤波器	(111)
5.5.1 理想滤波器的频率特性	(111)
5.5.2 理想低通滤波器的单位冲激响应	(111)
5.5.3 理想低通滤波器的单位阶跃响应	(112)
5.5.4 实际的低通滤波器	(113)
5.6 调制与频分复用	(116)
5.6.1 调制的必要性和分类	(116)
5.6.2 调幅与解调	(116)
5.6.3 频分复用的概念	(119)
5.7 本章小结	(120)
习题	(121)
第6章 连续时间系统的 s 域分析	(124)
6.1 引言	(124)
6.2 拉普拉斯变换的定义和性质	(124)

6.2.1	拉普拉斯变换的定义	(124)
6.2.2	拉普拉斯变换的收敛域	(125)
6.2.3	常用信号的单边拉氏变换	(126)
6.2.4	单边拉氏变换的性质	(127)
6.3	拉普拉斯反变换的方法	(132)
6.4	连续时间系统的 s 域分析法	(137)
6.4.1	已知微分方程的 s 域分析	(138)
6.4.2	已知电路的 s 域分析	(139)
6.5	系统函数 $H(s)$	(144)
6.5.1	系统函数的定义	(144)
6.5.2	系统函数的零极点	(146)
6.5.3	系统函数的零极点与稳定性	(147)
* 6.5.4	系统函数的零极点与频率特性	(149)
6.6	本章小结	(153)
	习题	(154)
第7章	离散时间系统的 z 域分析	(158)
7.1	引言	(158)
7.2	z 变换的定义与收敛域	(158)
7.2.1	z 变换的定义	(158)
7.2.2	z 变换的收敛域	(159)
7.3	z 变换的性质及应用	(161)
7.4	z 反变换的计算方法	(164)
7.4.1	长除法(幂级数展开法)	(164)
7.4.2	部分分式展开法	(166)
* 7.4.3	围线积分法(留数法)	(168)
7.5	离散时间系统的 z 域分析	(171)
7.5.1	零输入响应	(171)
7.5.2	零状态响应	(173)
7.5.3	全响应	(173)
7.6	系统函数 $H(z)$	(175)
7.6.1	系统函数 $H(z)$ 的定义与求解	(175)
7.6.2	系统函数的零极点分布与单位冲激响应的关系	(177)
7.7	离散时间系统的稳定性	(178)
* 7.8	z 变换与拉普拉斯变换的关系	(180)
7.8.1	z 平面与 s 平面的映射关系	(180)
7.8.2	离散时间系统与连续时间系统的系统函数的变换关系	(180)
7.9	本章小结	(182)
	习题	(184)

第 8 章 系统的状态变量分析	(186)
8.1 引言	(186)
8.2 连续时间系统状态方程的建立	(186)
8.3 连续时间系统状态方程的求解	(192)
8.3.1 连续时间系统状态方程的时域解	(192)
8.3.2 连续时间系统状态方程的 s 域解	(196)
8.4 离散时间系统的状态方程的建立	(200)
8.5 离散时间系统状态变量分析法	(200)
8.5.1 离散时间系统状态方程的 z 域解	(200)
* 8.5.2 离散时间系统状态方程的时域解	(203)
8.6 本章小结	(206)
习题	(207)
第 9 章 MATLAB 在信号与系统分析中的应用	(208)
9.1 引言	(208)
9.2 MATLAB 使用基础	(208)
9.2.1 MATLAB 概述与信号处理工具箱	(208)
9.2.2 MATLAB 启动	(208)
9.2.3 MATLAB 常用窗口说明	(209)
9.3 MATLAB 在信号与系统中常用函数和命令	(210)
9.3.1 基本数学函数与命令	(210)
9.3.2 基本图形函数与命令	(211)
9.4 MATLAB 用于信号的时域分析	(215)
9.4.1 信号的时域表示	(215)
9.4.2 常用信号的产生	(217)
9.4.3 信号的时域变换	(224)
9.5 MATLAB 用于信号的频域分析	(228)
9.5.1 非周期连续信号的连续频谱——傅里叶变换	(228)
9.5.2 周期连续信号的离散频谱——傅里叶级数	(229)
* 9.5.3 非周期离散信号的连续频谱——序列的傅里叶变换	(231)
* 9.5.4 非周期离散信号的离散频谱——离散傅里叶变换	(232)
9.6 MATLAB 用于系统的时域分析	(232)
9.6.1 连续时间系统的零输入响应	(233)
9.6.2 连续时间系统的零状态响应	(233)
9.6.3 连续时间系统的全响应	(233)
9.6.4 连续时间系统的冲激响应和阶跃响应	(234)
9.6.5 离散时间系统的响应问题	(234)
9.7 MATLAB 用于连续时间系统的 s 域分析	(236)
9.7.1 利用 MATLAB 绘制连续时间系统的零极点图	(236)
9.7.2 冲激响应和阶跃响应的 s 域分析	(238)

9.7.3	利用 MATLAB 实现拉普拉斯正、反变换	(239)
9.7.4	利用 MATLAB 绘制系统的频率特性曲线	(240)
9.8	MATLAB 用于离散时间系统的 z 域分析	(241)
9.8.1	利用 MATLAB 绘制离散时间系统的零极点图	(241)
9.8.2	脉冲响应和阶跃响应的 z 域分析	(243)
9.8.3	利用 MATLAB 实现 z 正、反变换	(244)
9.9	MATLAB 用于系统的状态变量分析	(245)
9.9.1	状态空间建立	(245)
9.9.2	求解状态方程	(245)
9.9.3	状态空间与系统函数矩阵相互转化	(246)
9.10	Simulink 建模与仿真初步	(248)
9.10.1	Simulink 系统仿真的简介	(248)
9.10.2	Simulink 工作平台启动与模块库	(248)
9.10.3	Simulink 仿真模型构建	(250)
9.10.4	Simulink 与 MATLAB 接口设计	(253)
9.11	本章小结	(256)
	习题	(256)
	习题答案	(258)
	参考文献	(269)

第 1 章 信号与系统概论

1.1 引 言

信号与系统的理论和分析方法已经渗透到科学技术的许多领域，随着信息化时代的到来，其应用范围有进一步扩大的趋势。作为理论基础的信号与系统课程，首先应该弄清楚的问题是何为信号？何为系统？为什么要把信号与系统这两个概念联系在一起？

本章首先列举生活中的几种实际信号，使读者从中体会信号与信息的关系，明确信号是携带信息的载体和处理信息的工具这一本质。然后以全球电信系统和人的发声系统为例，说明系统的概念、系统的组成和系统传递信号的功能。本章还介绍信号与系统的表示与分类方法，为后续各章的学习做好准备。

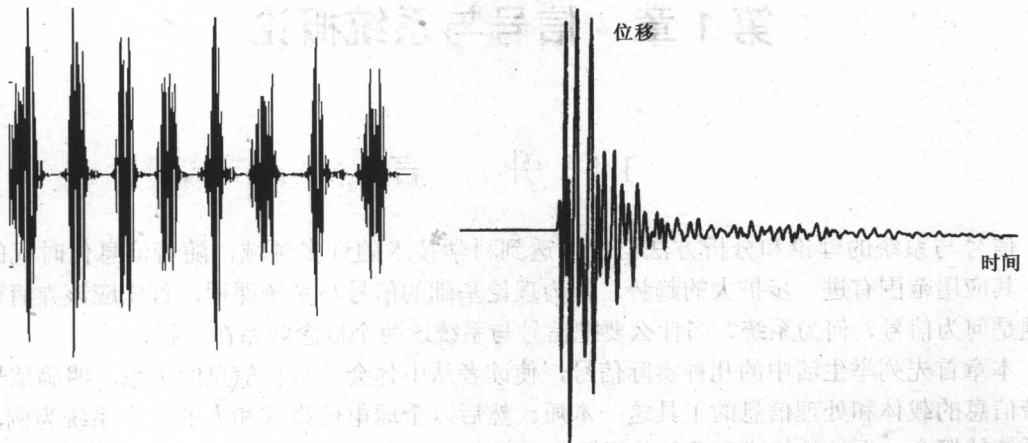
1.2 信号的概念

信号对我们每个人并不陌生，如图 1.1 所示的是实际生活中的几种信号，一种鸟鸣的波形、典型的地震波信号、一段正常人体的心电图波形、股票市场的每日收盘指数、汽车保险杠高度遇障碍物后的变化、……此外，如上课铃声、火车与船舶的汽笛声、汽车喇叭声等是声信号；交通路口红绿灯、发射的信号弹是光信号；收音机和电视机天线从空中接收到的信号是电磁波信号；电视机和计算机屏幕上的图像文字是图文信号；哑语和交警指挥的手势是特殊的语言信号。尽管这些信号的物理表现形式不相同，但它们都存在两个共同的特点：一是信号都是一种变化着的物理量，二是信号都含有一定的意义。如上课铃声表示上课时间到了；生物细胞中 DNA 的结构代表一定的遗传信息；交通路口的红绿灯传达给行人和车辆能否通行的信息。因此可以说，信号载有要传递的信息，它以反映某种对象的物理状态随时间的变化过程来体现，即信号就是载有一定信息的一种变化着的物理量。信号是信息的表现形式，信息则是信号的具体内容。信号分析就是借助信号形式，研究和获取蕴涵在信号的信息。

在信号与系统课程中，信号的定义是随时间或空间变化的物理量，是携带信息的载体和工具。在这个定义中有两点很重要，一是信号必须是一个物理量，这样才能够被传输和处理；二是信号必须是一个变化着的物理量，它才能携带信息，否则就没有必要传输。但是，随着信号与系统应用范围的不断扩大，很多非物理系统也可以用信号与系统理论进行研究。本书只研究电信号，一般是指随时间变化的电压或电流。

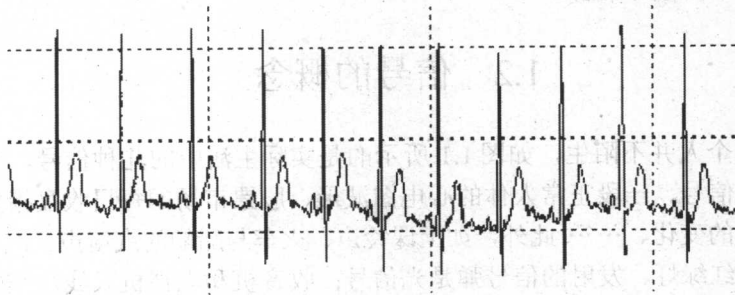
既然信号是随时间而变化的，它的数学表达式应该是时间的函数。将信号表示成时间的函数 $f(t)$ 称为信号的时域描述，它是信号的基本描述方法。函数可以用图像来表示，而信号常用波形来直观表达。从信号波形中可以看出信号的形状、出现时间的先后、持续时间的长短、随时间变化的快慢、重复周期的大小等信息。信号除了可以用数学表达式和波形来表示时域特性外，还可以用频域特性来描述，即用傅里叶变换这个数学工具将信号从时间域变换到频率域，从而分析信号由哪些频率成分构成、每个频率分量所占的比例、主要频率分量占

有的频带宽度等。信号的频域特性与时域特性之间有着密切的关系，在后续的章节中我们将深入地学习和讨论。图 1.2 给出了一段语音信号的时域波形及其频谱分布情况。

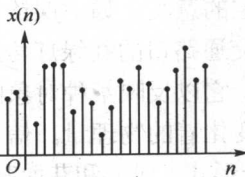


(a) 鸟鸣波形

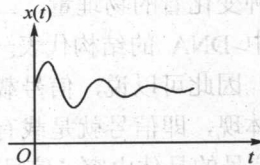
(b) 典型的地震波信号



(c) 正常人体的心电图波形

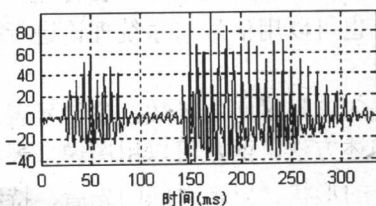


(d) 每日收盘指数

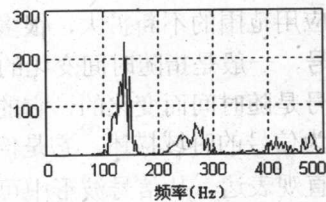


(e) 汽车保险杠高度遇障碍物后的变化

图 1.1 实际生活中的几种信号



(a) 时域波形



(b) 频谱

图 1.2 一段语音信号的时域波形及其频谱

思考与练习

1.2.1 列出一些你生活周围的信号，并说明这些信号都携带或传递哪些信息？

1.2.2 信号、信息、消息、新闻这些名词之间有何区别和联系？

1.3 信号的分类

根据研究的侧重点和应用领域的不同，可以对信号进行不同的分类。例如，根据信号的物理形态不同，可将信号分为电信号、光信号、声信号等；根据信号的作用不同，信号又可分为广播信号、雷达信号、生物医学信号等。我们这里所讨论的信号分类方法，是根据信号的描述和分析工具不同决定的，它与本书进一步学习的内容紧密相关。

1.3.1 确定性信号与随机信号

按照函数变化规律确定与否，可以将信号分为确定性信号和随机信号。若信号能表示为一个确定的函数表达式，即对于给定的任意时刻，有确定的函数值与之对应，这种信号称为确定性信号，如大家熟知的正弦信号。然而，实际通信系统所传输的信号几乎都具有无法预知的不确定性，因而都是随机信号。如果通信系统传输的是确定性信号，接收者就不可能由它得到任何新的信息，这样就失去了通信的意义。即使是确定性信号，它在传输过程中也会受到干扰和噪声的影响而变成随机信号。所以，随机信号是绝对的，语音信号就是一种典型的随机信号。随机信号在每一确定时刻的取值难于确定，只能用统计特性描述随机信号。为了加强信号分析基础，本书只研究确定性信号的分析，它也是随机信号分析的基础。图 1.3 示出了确定性信号与随机信号的示例。

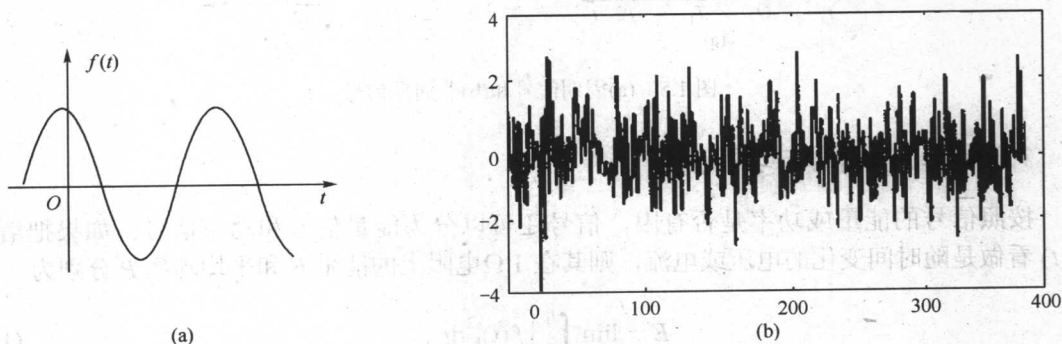


图 1.3 (a)确定性信号与(b)随机信号

1.3.2 连续时间信号与离散时间信号

按函数自变量取值的连续与否，信号又可以分为连续时间信号和离散时间信号。如果在所讨论的时间范围内，函数在任意时刻都有确定的值与之对应，这种信号称为连续时间信号。而离散时间信号在时间上是离散的，它只在某些时间的离散点上给定函数值，而在其他时间点上没有定义。如图 1.4 所示的是连续时间信号和离散时间信号。

自然界的实际信号既有连续信号，又有离散信号。如乐器发出的音乐信号、化工反应罐中的流量信号和液位信号是连续信号；而学生的成绩、按固定时间间隔给出的股票市场指数、

计算机中的各种数据等都是离散信号。但连续时间信号并不完全等同于高等数学中连续函数的概念。

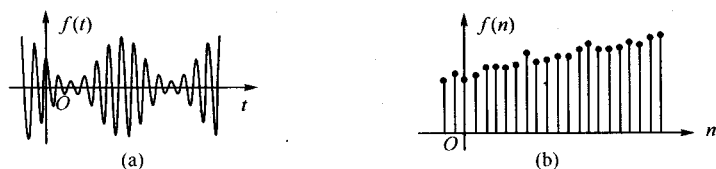


图 1.4 (a)连续时间信号和(b)离散时间信号

1.3.3 周期信号与非周期信号

按照函数是否具有周期性，信号可以分为周期信号和非周期信号。如果对所有的 $t \in (-\infty, +\infty)$ ，存在一个最小的常数 T_1 ，使得

$$f(t) = f(t + nT_1) \quad n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots \quad (1.1)$$

就称 $f(t)$ 是以 T_1 为周期的周期信号，否则称为非周期信号。周期信号以一定时间间隔周而复始、无始无终，只要给出信号在一个周期内的变化规律，便可确知它在任一时刻的数值。当周期趋于无限大时，周期信号就变成非周期信号。在实际应用中，绝对的周期信号是不存在的，一般只要在很长的时间内，信号满足周期性就可以了。如图 1.5 所示的是周期信号和非周期信号。

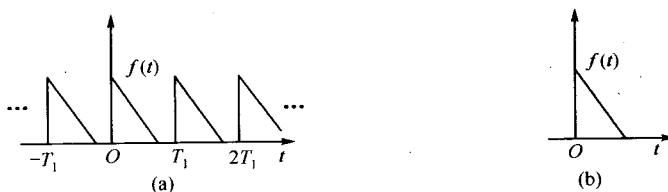


图 1.5 (a)周期信号和(b)非周期信号

1.3.4 能量信号与功率信号

按照信号的能量或功率是否有限，信号还可以分为能量信号和功率信号。如果把信号 $f(t)$ 看做是随时间变化的电压或电流，则其在 1Ω 电阻上的能量 E 和平均功率 P 分别为

$$E = \lim_{T_1 \rightarrow \infty} \int_{-T_1}^{T_1} |f(t)|^2 dt \quad (1.2)$$

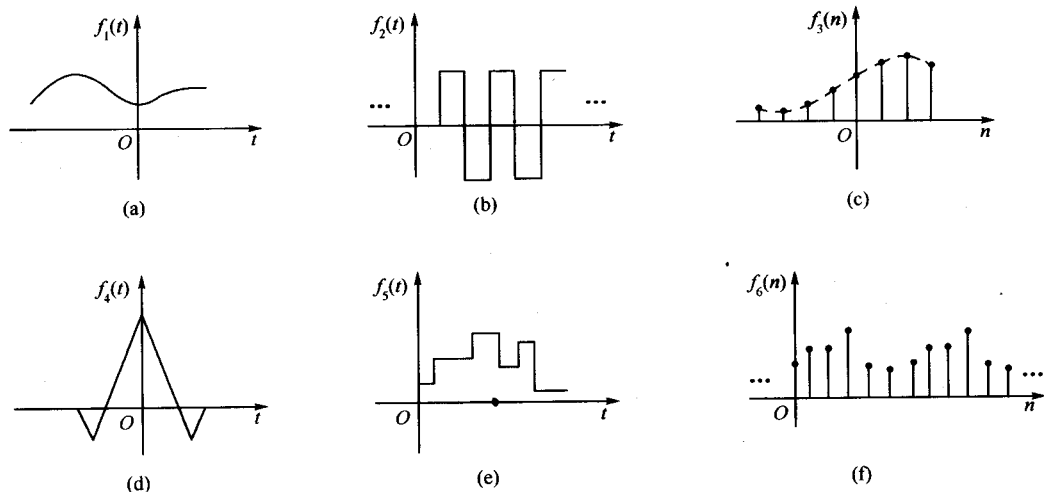
$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T_1} \int_{-T_1}^{T_1} |f(t)|^2 dt \quad (1.3)$$

若信号 $f(t)$ 的能量有限，即 $0 < E < \infty$ ，此时 $P = 0$ ，则称此类信号为能量有限信号，简称能量信号。若信号 $f(t)$ 的功率有限，即 $0 < P < \infty$ ，此时 $E = \infty$ ，则称此类信号为功率有限信号，简称功率信号。一般来说，周期信号是功率信号，非周期信号是能量信号。但作为理论研究所使用的信号，可以是能量信号，也可以是功率信号，或者是既非能量信号又非功率信号。

思考与练习

1.3.1 连续时间信号与连续函数的定义完全一样吗？

1.3.2 说明如题 1.3.2 图所示的各个信号是连续的还是离散的、是周期的还是非周期的、是能量信号还是功率信号？



题 1.3.2 图

1.4 系统的概念

系统这一术语出现在许多工程技术领域，甚至社会经济和文化领域，如通信系统、电力系统、导航系统、信息管理系统、机械系统、生态系统、教育系统等。所有这些系统都是由若干个相互关联又相互作用的事物组合而成的有机整体，它完成某种特定的功能。

电力系统是个复杂的电路系统，它由多个发电机、各种变压器、不同等级的输电线路和众多的用电负载组成，其特定功能就是进行电能的输送和分配；全球电信网络无疑是人类最杰出的成就之一，这种包含了不同电信公司的网络将世界上几十亿人联系在一起。这个网络不仅可以传递声音，完成普通电话服务，还可以传输视频、图像和计算机数据。图 1.6 示出了全球电信网的一小部分，在该图中，双绞线作为本地用户线，将中央机房与家用电话或家用调制解调器连接在一起；双绞线另一端连接到线路卡上，线路卡用来将电话信号转换成数字信号；线路卡的另一端连接到交换机上，交换机的作用是路由器拨入与拨出的电话连接。声音信号的数字表示，即比特序列在电话网中路由。该比特序列通常也与其他声音或计算机数据的比特序列结合在一起，再由光纤、微波、同轴电缆或卫星系统构成的高速链路传输。在全球电信网上，人们打电话相互问询、看图文信息或传递数据，其目的都是要把信息借助于一定形式的信号传递出去。通过电力系统和电信系统两个实例，可以给出系统的定义。系统是由若干个相互联系和相互作用的单元组成的有机整体，通过信号的传输来完成某种特定的功能。

抽象地说，能够对信号完成变换或运算的整体都可以称为系统，即系统是一个转换器，它把特定的输入信号 $f(t)$ 变换成另一个满足特定要求的输出信号 $y(t)$ 。这样，系统可用如图 1.7