

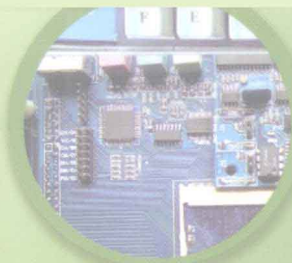
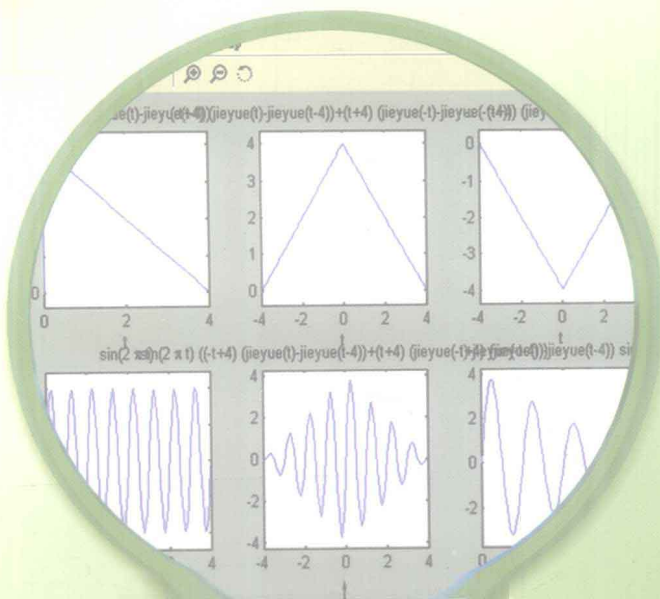
高等院校培养应用型人才电子技术类课程系列规划教材

信号与系统

曹才开 陈爱萍 汤群芳

张丹 余建坤

编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

高等院校培养应用型人才电子技术类课程
系列规划教材

信号与系统

曹才开 陈爱萍 汤群芳 编著
张 丹 余建坤



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

TN911.6

236

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统/曹才开等编著. —长沙:中南大学出版社, 2011.8
ISBN 978-7-5487-0345-7

I. 信... II. ①曹... ②陈... III. 信号系统 IV. TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 145045 号

信号与系统

曹才开 陈爱萍 汤群芳 编著
张 丹 余建坤

☐ 责任编辑 邓立荣

☐ 责任印制 周 颖

☐ 出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐ 印 装 长沙市华中印刷厂

☐ 开 本 787 × 1092 1/16 ☐ 印张 25.25 ☐ 字数 625 千字

☐ 版 次 2011 年 8 月第 1 版 ☐ 2011 年 8 月第 1 次印刷

☐ 印 数 1 - 3000

☐ 书 号 ISBN 978-7-5487-0345-7

☐ 定 价 48.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

高等院校培养应用型人才 电子技术类课程系列规划教材编委会

丛书主编：吴新开

丛书副主编：张一斌 郭照南

编委会人员：（排名不分先后）

吴新开(湖南科技大学)	刘安玲(长沙学院)
欧青立(湖南科技大学)	张志刚(长沙学院)
沈洪远(湖南科技大学)	张 丹(长沙学院)
姚 屏(湖南科技大学)	张跃勤(长沙学院)
韦文祥(湖南科技大学)	张海涛(长沙学院)
陈 婷(湖南科技大学)	瞿 翌(长沙学院)
曾 屹(中南大学)	刘 辉(长沙学院)
张静秋(中南大学)	周继明(邵阳学院)
吕向阳(中南大学)	江世明(邵阳学院)
张一斌(长沙理工大学)	余建坤(邵阳学院)
王小华(长沙理工大学)	罗邵萍(邵阳学院)
刘 晖(长沙理工大学)	石炎生(湖南理工学院)
贺科学(长沙理工大学)	张国云(湖南理工学院)
夏向阳(长沙理工大学)	湛腾西(湖南理工学院)
张福阳(南昌大学)	陈日新(湖南文理学院)
郭瑞平(辽宁科技学院)	王南兰(湖南文理学院)
吴舒辞(中南林业科技大学)	伍宗富(湖南文理学院)
朱俊杰(中南林业科技大学)	周志刚(湖南文理学院)
李 颖(中南林业科技大学)	熊振国(湖南文理学院)
任 嘉(中南林业科技大学)	王 莉(湖南商学院)
曹才开(湖南工学院)	何 静(湖南商学院)
汤群芳(湖南工学院)	蒋冬初(湖南城市学院)
罗雪莲(湖南工学院)	雷 蕾(湖南城市学院)
刘海波(湖南工学院)	尹向东(湖南科技学院)
郭照南(湖南工程学院)	田汉平(湖南人文科技学院)
陈爱萍(湖南工程学院)	朱承志(湘潭职业技术学院)
孙胜麟(湖南工程学院)	祖国建(娄底职业技术学院)
余晓霏(湖南工程学院)	刘理云(娄底职业技术学院)

总 序

随着我国科学技术不断地发展、完善,以及教育体系不断地更新,社会用人单位对高校人才培养模式提出了更高更新的要求。复合型、创新型、实用型人才日益受到用人单位的青睐。这种发展趋势必将会使高校的人才培养模式面临着新的挑战,这就意味着如何提高高等学校毕业生的实际工作能力显得尤为重要。诚然,除了努力加强实践教学之外,还应着力加强和推进理论教学及其教材的建设与更新,显然,它是提高高等学校教学质量的一个必不可少的重要环节。根据教育部、财政部《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》的文件精神,启动“万种新教材建设项目,加强新教材和立体化教材建设”工程,积极组织好教师编写新教材。

鉴于此,中南大学出版社特邀请湖南省及外省部分高等学校从事电工电子技术教学、实验和应用研究的教授、专家和教学第一线的骨干教师、高级实验师组成教材编委会,编写了电工电子技术等系列教材。

本系列教材的主要特点为:

1. 充分吸取了教学改革、课程设置与教材建设等方面的经验成果,在内容的选材上(如例题和习题)力求理论紧密联系实际、注重实用技术的讲解和实用技能的训练。同时也能较好地反映出电子

电气信息领域的最新研究成果,体现了电子电气应用领域的新知识、新技术、新工艺与新方法。

2. 根据专业特点,对传统教材的内容进行了精选、整合、优化,以满足理论教学与实验教学的需求。同时,注意到与相关课程内容之间的衔接,从而保证了教学的系统性,有利于理论教学。

3. 编写与电子技术类课程设计相配套的指导性教材,有利于实践性教学。

4. 该系列教材中,基本概念的阐述较清晰,层次分明,语言表述做到了通俗易懂,有利于学生自学。

目前,我国高等教育的模式还有赖于日趋完善,教材体系尚未完全建立,教材编写还处于不断探索的阶段,仍需要我国高等学校的广大教师持之以恒、不懈地努力、辛勤地耕耘,编写出更多更好的能满足新形势下教学需要的实用教材。

我相信并殷切地期望该系列教材的出版,它不仅会受到广大教师的欢迎,满足教学的需要,而且还将会对我国高等学校的教材建设起到积极的促进作用。最后,预祝《高等院校培养应用型人才电子技术类课程系列规划教材》出版项目取得成功,为我国高等教育事业和信息产业的蓬勃发展与繁荣昌盛培土施肥。同时,也恳切地希望广大读者、同仁,对该系列教材的不足之处提出中肯的意见和有益的建议,以便再版时更正。



谨识

教育部中南地区高等学校电子电气基础课教学研究会理事长
武汉大学电子信息学院 教授/博士生导师

前 言

随着电子信息技术的发展,《信号与系统》课程所处的技术基础的位置越来越重要,它不仅是电子信息类专业一门主干课程,而且是其他工程类专业的必修课程。可以说,《信号与系统》是 21 世纪进入电子信息时代的奠基石,是打开电子信息科学的一把钥匙。

本书是根据高等学校理工科教学指导委员会制定的“信号与系统”课程教学基本要求,并结合参编本教材学校的教师多年实际教学经验、教研教改成果编写而成的。

全书共有 9 章,第 1 章介绍了信号与系统的基本概念,重点讨论了常用信号及信号基本运算。第 2~4 章分别讨论了连续系统的时域分析法、频域分析法和复频域分析法。在连续系统的时域分析法中,重点讨论了冲激响应、卷积积分和用算子法求系统的响应;在连续系统的频域分析法中,重点讨论了信号与系统的频率特性及工程应用;在连续系统的复频域分析法中,重点讨论了系统分析及系统稳定性判定。第 5 章讨论了连续系统模拟与硬件实现,重点讨论了连续系统的模拟和有源 RC 电路实现。第 6~7 章分别讨论了离散系统的时域分析法和 Z 域分析法。在离散系统的时域分析法中,重点讨论了离散信号和差分方程的求解方法。在离散系统的 Z 域分析法中,重点讨论了离散系统的 Z 域分析和离散系统的频率特性。第 8 章讨论了离散系统模拟与硬件实现,重点讨论了离散系统的模拟和数字信号处理硬件系统。第 9 章讨论了状态空间分析法,重点讨论了系统的状态空间描述、连续系统状态方程与输出方程的建立、离散系统的状态空间描述、连续系统状态空间方程的时域求解、离散系统状态空间方程的 Z 域解及线性系统的能控性和能观性等内容。

除第 5、8、9 章外,每章的重点内容均用 MATLAB 软件仿真,共有 24 个例子,每个例子均有 MATLAB 源程序和输出结果(波形、数据等)。这些例子均可以作为本课程的实验项目。这有助于学生加强理论知识的理解、提高实际动手能力和创新意识,便于读者了解实训项目的程序和上机操作,也给任课教师提供了方便。

本书突出基本内容和概念,避免繁杂数学证明和支节问题讨论,并有大量例题。全书通俗易懂;突出工程应用,“软”、“硬”结合实现对信号处理和系统分析;加强了系统模拟与硬件实现内容,这有利于系统在工程中的实现。书中每章前面有“本章提要”,后面有小结和习题。书末提供了部分习题答案,便于教学与自学。

本书还编入了少量加深、拓宽的内容,对这些内容均标有“*”号,以便根据实际情况和对不同专业的需要而选用。除标有“*”号的内容外,教学时数为60学时左右。

本书由湖南工学院曹才开教授担任总策划,参加本书编写工作的有:曹才开(第1、2、3、4、5、6、7章),湖南工学院汤群芳讲师(第8、9章,前4章中的实训项目程序设计)。此外,湖南工程学院陈爱萍、长沙学院张丹、邵阳学院余建坤等老师参与了该书提纲的讨论、审定,以及各章的部分习题与实训项目程序设计等内容的编写工作。

在本书的编写过程中,还得到了湖南省高校电子技术教学研究会的大力支持,谨致以衷心感谢。

由于编者水平有限,书中的缺点、疏漏和错误在所难免,敬请各位读者批评指正。

编 者
2011年3月

目 录

第 1 章 信号与系统的基本概念	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 信号的基本概念	(2)
1.2.1 信号的定义及分类	(2)
1.2.2 常用连续时间信号	(5)
1.2.3 信号的时域变换与运算	(14)
1.3 系统的基本概念	(20)
1.3.1 系统的分类与描述	(20)
1.3.2 系统的基本结构	(25)
1.3.3 线性系统的性质	(26)
1.4 信号与系统分析概要	(28)
1.4.1 信号分析	(28)
1.4.2 系统分析	(29)
*1.5 基本信号及信号运算的 MATLAB 仿真	(30)
本章小结	(34)
习题 1	(35)
第 2 章 连续系统的时域分析	(39)
2.1 引言	(39)
2.2 系统的微分方程描述及其算子表示	(39)
2.2.1 系统的微分方程描述	(39)
2.2.2 系统微分方程的算子表示	(41)
2.2.3 系统的传输算子	(45)
2.3 系统的零输入响应	(46)
2.3.1 一阶、二阶系统的零输入响应	(46)
2.3.2 n 阶系统的零输入响应	(49)
2.4 系统的零状态响应与完全响应	(50)
2.5 系统的冲激响应与阶跃响应	(51)
2.5.1 系统的冲激响应	(51)
2.5.2 系统的阶跃响应	(54)
2.6 卷积及其应用	(55)

2.6.1 卷积的概念及其性质	(55)
2.6.2 卷积的计算	(61)
2.7 系统零状态响应的卷积积分算法	(66)
*2.8 连续系统时域分析的 MATLAB 仿真	(69)
本章小结	(74)
习题2	(74)
第3章 连续系统的频域分析	(79)
3.1 引言	(79)
3.2 正交函数的概念	(80)
3.2.1 函数的正交定义	(80)
3.2.2 函数的正交集	(80)
3.3 周期信号的分解——傅里叶级数	(82)
3.3.1 周期信号的三角函数形式的傅里叶级数	(82)
3.3.2 周期信号的指数函数形式的傅里叶级数	(86)
3.3.3 傅里叶级数的性质	(88)
3.4 周期信号的频谱	(92)
3.4.1 周期信号的频谱特点	(92)
3.4.2 周期信号的频带宽度	(94)
3.5 非周期信号的分解——傅里叶变换	(97)
3.5.1 傅里叶变换	(97)
3.5.2 常用非周期信号的傅里叶变换	(98)
3.6 傅里叶变换的性质与应用	(104)
3.6.1 线性特性	(104)
3.6.2 尺度变换与频谱展缩	(104)
3.6.3 信号的时移与频谱的相位移	(106)
3.6.4 调制与频谱搬移	(107)
3.6.5 卷积定理及其应用	(110)
3.6.6 时域微积分特性	(112)
3.6.7 频域微分特性	(113)
3.7 信号的功率谱与能量谱	(115)
3.7.1 信号的功率谱	(115)
3.7.2 信号的能量谱	(116)
3.8 信号采样与采样定理	(117)
3.8.1 信号采样	(117)
3.8.2 采样定理	(118)
3.9 连续系统的频域分析应用举例	(120)
3.9.1 连续系统函数	(120)
3.9.2 无失真传输系统	(122)

3.9.3 滤波器	(123)
3.9.4 调制与解调	(128)
*3.10 连续系统频域分析的 MATLAB 仿真	(130)
本章小结	(137)
习题3	(138)
第4章 连续系统的复频域分析	(144)
4.1 引言	(144)
4.2 拉普拉斯变换	(145)
4.2.1 拉普拉斯变换的定义	(145)
4.2.2 常用信号的拉普拉斯变换	(146)
4.3 拉普拉斯变换的性质	(149)
4.3.1 延时特性	(149)
4.3.2 复频移特性	(151)
4.3.3 微分定理	(152)
4.3.4 积分定理	(153)
4.3.5 卷积定理	(154)
4.3.6 始值定理与终值定理	(154)
4.4 拉氏反变换——部分分式展开法	(156)
4.5 系统的复频域分析	(160)
4.5.1 系统函数 $H(s)$	(160)
4.5.2 利用单边拉普拉斯变换分析系统	(162)
4.5.3 电路的复频域分析	(164)
4.6 系统函数 $H(s)$ 的零、极点分析	(173)
4.6.1 系统函数 $H(s)$ 的零、极点	(173)
4.6.2 系统函数 $H(s)$ 的零、极点分布与时域特性的关系	(175)
4.6.3 系统函数 $H(s)$ 的零、极点分布与频域特性的关系	(177)
4.7 连续系统稳定性分析	(180)
4.7.1 连续系统稳定性准则	(180)
4.7.2 连续系统稳定性判定方法	(182)
4.7.3 应用举例	(184)
*4.8 连续系统复频域分析的 MATLAB 仿真	(187)
本章小结	(191)
习题4	(192)
第5章 连续系统的模拟与硬件实现	(198)
5.1 引言	(198)
5.2 连续系统的图形表示法	(198)
5.2.1 三种基本器件	(199)

5.2.2	连续系统的方框图表示法	(200)
5.2.3	连续系统的信号流图表示法	(203)
5.2.4	梅森公式	(204)
5.3	连续系统的模拟方法	(207)
5.3.1	连续系统模拟的基本方法	(207)
5.3.2	连续系统模拟结构的形式	(208)
*5.4	连续系统的有源 RC 电路实现	(214)
5.4.1	有源 RC 积分器	(214)
5.4.2	有源 RC 加法器	(215)
5.4.3	有源 RC 双二阶电路	(217)
5.4.4	连续系统的有源 RC 电路实现举例	(220)
5.4.5	集成运算放大器应用中的几个问题	(221)
	本章小结	(223)
	习题5	(224)
第6章	离散系统的时域分析	(228)
6.1	引言	(228)
6.2	离散时间信号	(228)
6.2.1	离散时间信号的描述	(228)
6.2.2	常用的离散时间信号	(230)
6.2.3	离散时间信号的基本运算	(234)
6.3	离散时间系统及其差分方程描述	(237)
6.3.1	离散时间系统	(237)
6.3.2	离散时间系统的差分方程描述	(239)
6.4	离散系统的时域经典分析	(240)
6.4.1	离散系统的零输入响应	(241)
6.4.2	离散系统的零状态响应与完全响应	(244)
6.5	离散系统的算子分析	(252)
6.5.1	离散系统的算子传输函数 $H(E)$	(252)
6.5.2	用算子法分析离散系统	(253)
*6.6	离散系统时域分析的 MATLAB 仿真	(255)
	本章小结	(260)
	习题6	(261)
第7章	离散系统的 Z 域分析	(264)
7.1	引言	(264)
7.2	Z 变换	(264)
7.2.1	Z 变换的定义	(264)
7.2.2	常用序列的 Z 变换	(266)

7.3 Z 变换的性质	(268)
7.3.1 Z 变换的线性性质	(268)
7.3.2 Z 变换的位移性质	(269)
7.3.3 Z 变换的尺度性质	(270)
7.3.4 卷和定理	(270)
7.3.5 Z 域微分性质	(271)
7.3.6 始值定理	(272)
7.3.7 终值定理	(272)
7.4 Z 变换的计算	(274)
7.4.1 Z 正变换的计算	(274)
7.4.2 Z 反变换的计算	(275)
7.5 离散系统的 Z 域分析	(280)
7.5.1 离散系统的传输函数 $H(z)$ 与单位冲激响应	(280)
7.5.2 用 Z 变换求解差分方程	(281)
7.6 离散系统的稳定性	(284)
7.6.1 Z 变换与拉普拉斯变换的关系	(284)
7.6.2 离散系统的稳定性判定	(286)
7.7 离散系统的频率特性	(288)
7.7.1 离散信号的傅里叶变换	(288)
7.7.2 离散系统的频谱特性	(289)
*7.8 离散系统 Z 域分析的 MATLAB 仿真	(291)
本章小结	(299)
习题 7	(301)
第 8 章 离散系统的模拟与硬件实现	(305)
8.1 引言	(305)
8.2 离散系统的 Z 域模拟	(305)
8.2.1 三种基本器件	(305)
8.2.2 离散系统的图形表示法	(306)
8.2.3 由连续系统函数 $H(s)$ 设计离散系统函数 $H(z)$ 的基本方法	(308)
8.3 数字信号处理基础	(310)
8.3.1 数字信号处理的概念	(310)
8.3.2 数字信号处理的硬件系统	(311)
8.4 数字滤波器的硬件实现	(313)
8.4.1 基于查表法实现的基本硬件单元	(313)
8.4.2 基于通用芯片的数字滤波器硬件实现	(315)
*8.5 DSP 数字信号处理器概述	(320)
8.5.1 数字信号处理器的发展	(321)
8.5.2 数字信号处理器的特点	(322)

8.5.3 数字信号处理器的应用	(324)
本章小结	(325)
习题8	(325)
第9章 状态空间分析法	(327)
9.1 引言	(327)
9.2 系统的状态空间描述	(328)
9.2.1 状态空间描述常用的基本概念	(328)
9.2.2 动态系统的状态空间表达式	(331)
9.3 连续系统状态方程和输出方程的建立	(333)
9.3.1 由微分方程建立状态空间表达式	(333)
9.3.2 由传递函数建立状态空间表达式	(337)
9.3.3 由信号流程图建立状态空间表达式	(339)
9.3.4 由电路原理建立状态空间表达式	(340)
9.3.5 由状态空间表达式求传递函数矩阵 $H(s)$	(341)
9.4 离散系统的状态空间描述	(343)
9.4.1 由差分方程建立状态空间表达式	(344)
9.4.2 由信号流图建立状态空间表达式	(345)
9.5 连续系统状态空间方程的时域求解	(347)
9.5.1 连续系统状态方程的时域解	(347)
9.5.2 连续系统输出方程的时域解	(350)
9.6 离散系统状态空间方程的Z域解	(351)
9.6.1 离散系统状态方程的Z域解	(351)
9.6.2 离散系统输出方程的Z域解	(351)
9.7 线性系统的能控性和能观性	(353)
9.7.1 线性系统的能控性和能观性概述	(353)
9.7.2 线性连续系统的能控性	(353)
9.7.3 线性定常离散系统的能控性	(358)
9.7.4 线性连续系统的能观测性	(359)
9.7.5 线性定常离散系统的能观测性	(363)
9.7.6 对偶原理	(364)
本章小结	(365)
习题9	(366)
部分习题参考答案	(371)
参考文献	(385)

第1章 信号与系统的基本概念

本章提要 本章讨论了信号的定义、分类、常用信号及信号运算等基本概念；并介绍了系统的分类与描述、线性系统的性质等基本概念；概要阐述了信号与系统的分析方法；最后用 MATLAB 实现了基本信号及信号运算。上述这些内容是本书的基础知识。

1.1 引言

计算机是如何处理大量数据的？程控电话是怎样实现通话的？电视广播系统是怎样工作的？高保真音响设备中的放大器应具有什么样的性能？从若干煤矿往若干发电厂调运煤炭时，哪个运输方案最为经济？如何按照合理的人口总数与年龄结构来确定计划生育政策？……

这样的问题还可以举出很多：地球同步轨道上的人造地球卫星如何在运动中保持与地球的定点通信？如何按照投入产出来考查企业的工作？……它们分属于许多完全不同的领域，看起来相互之间也没有什么必然的联系。但是，仔细分析表明，它们之间都是有关信号与系统的问题。正是基于要分析和解决这些问题，迫切要求有统一的、简洁的、行之有效的分析方法以资应用，从而形成了一个新的学科分支——信号与系统。

1948 创立的系统论、信息论和控制论三大科学理论，对于信号与系统学科的发展起到非常重要的奠基和推动作用。系统论是美国生物学家贝格朗菲创立的，他为确立适用于系统的一般原则做出了重要贡献。信息论是美国数学家仙农建立的，它是现代通信理论的基础，在计算技术、自动控制等方面得到广泛应用。控制论是美国数学家维纳提出的，它促进了通信、计算机和人工智能等方面的发展并得到广泛应用。随着大规模集成工艺和计算机技术的飞速发展，近几十年来，信号与系统学科得到惊人的发展。信号与系统的基本概念与分析方法还在不断发展，其应用范围也在不断扩大，它在通信、航空与航天、电工及电子电路、机械、声学、地震学及探矿、生物工程、能源、化学等许多领域里起着重要的作用。因此，信号与系统不仅是电工及无线电技术类专业的重要课程，也是所有的工程专业的重要课程。

本书的以下各章，分别介绍信号与系统的各种分析方法。而在此之前，首先在本章中介绍信号与系统的基本概念及术语，为学习后续各章内容打下必要的基础。

1.2 信号的基本概念

1.2.1 信号的定义及分类

1. 信号的定义

信号(signal)是运载与传递信息的载体与工具。广义地说,物质的一切运动或形态变化都是一种信号。例如,在我国古代用烽火台上的烽火与狼烟来传递敌军入侵的消息;现代的防空雷达荧光屏上出现一个运动的光点时,就提示有一架飞机或导弹进入了某一特定的空域;机械运动产生力信号、位移信号及噪声信号;雷电过程产生声、光信号;大脑、心脏运动分别产生脑电和心电信号;电气系统随参数变化产生电磁信号等;这些都是人们熟知的信号的例子。

在通信过程中,信号就是传送各种消息(message),如声音、文字、图像、符号等的工具。例如,电话中传送的声音是消息;电报中传送的电文是消息。电视系统中传送的图像是消息;雷达测出目标的距离、方位、速度等数据是消息。通过各种消息的传递,使受信者获取各种不同的信息(information)。一般地说,信息是指具有新内容、新知识的消息,是排除消息中那些不确定性的东西,它既不是物质,也不是能量,但它也必须依附于物质,依附于能量。

通常,传送消息的信号形式都是随时间变化的。如温度信号、压力信号、光信号、电信号等,它们反映事物在不同时刻的变化状态。由于电信号处理起来比较方便,所以工程上常把非电信号转变为电信号进行传输。基于电信号的重要性,本书仅研究电信号,并把它简称为信号。

由于飞机的航向、速度、高度等随时间都在发生变化,雷达所接收到的有关飞机的信号也就随时间而变化。作为物理过程的信号,我们可以借助示波器或其他测试仪表来进行观察与记录。但这种实验的方法有其固有的局限性,即所得到的结果往往只是局部的、个别的、缺乏普遍适用性。因此,为了对信号进行分析与研究,就必须使用语言来对信号进行描述,或者说,建立信号的数学模型。

数学上,信号表示为一个或多个自变量的函数。一般连续信号表示为时间 t 的函数 $f(t)$,离散信号表示为序号 k 的函数 $f(k)$ 。函数的图形则称为信号的波形。在叙述上,常常将“信号”与“函数”不加区分地互相混用。

在电系统中,信号的两种主要形式是电压信号和电流信号,可分别用时间函数 $u(t)$ 和 $i(t)$ 表示。若 $u(t)$ 和 $i(t)$ 表示输入信号,一般记为 $f(t)$;若 $u(t)$ 和 $i(t)$ 表示输出信号,一般记为 $y(t)$ 。

2. 信号的分类

按照信号的不同性质与数学特征,可以有多种不同的分类方法。例如,按照信号的物理特性,可以分为光信号、电信号等;按照信号的用途,可以分为雷达信号、电视信号、通信信号等;按照信号的数学对称性,可以分为奇信号、偶信号、非对称信号等;从能量的角度出发,可以分为功率信号与能量信号;从信号的特征出发,可以分为连续信号与离散信号、确定信号与随机信号、周期信号与非周期信号,等等。

(1) 确定信号与随机信号

对于任意的确定时刻, 都有确定的函数值相对应, 这样的函数称为确定函数。凡是可以由确定函数加以描述的信号, 称为确定信号。

例如, 对于一个正弦信号来说, 只要给出一个确定的时间点 t_0 , 就可以得到一个确定的函数值 $\sin\omega t_0$ 。可见, 正弦信号是一个确定信号。

但是, 实际传输的信号往往具有不可预知的不确定性。这种信号称为不确定信号或随机信号。如果通信系统中传输的信号都是确定信号, 接收者就不可能由它得到任何新的信号, 从而也就失去可通信的意义。因此, 对接收者而言, 他所接收到的有用信号都是不确定信号。

信息是信息论中的一个专用词。它是消息(如命令、光、电波、声音、动作等)的一种量度, 即消息中有意义的内容。在本书中消息、信息未加区分。

此外, 在信号的传输过程中, 不可避免地要受到各种干扰和噪声的影响, 这些干扰和噪声都具有随机特性。可见, 严格意义上的确定信号实际上是不存在的, 因此, 随机信号的研究具有极为重要的实际意义。

对于随机信号, 不能用确定的实际函数来加以描述, 只可能知道它在某一时刻取得某一函数值的概率。

本书只讨论确定信号, 但应该指出的是, 随机信号及其通过系统的研究, 是以本书所讨论的确定信号通过系统的理论为基础的。

图 1.1 给出了几种信号波形, 其中图 1.1(a) ~ (e) 所示信号为确定信号; 图 1.1(f) 为随机信号。

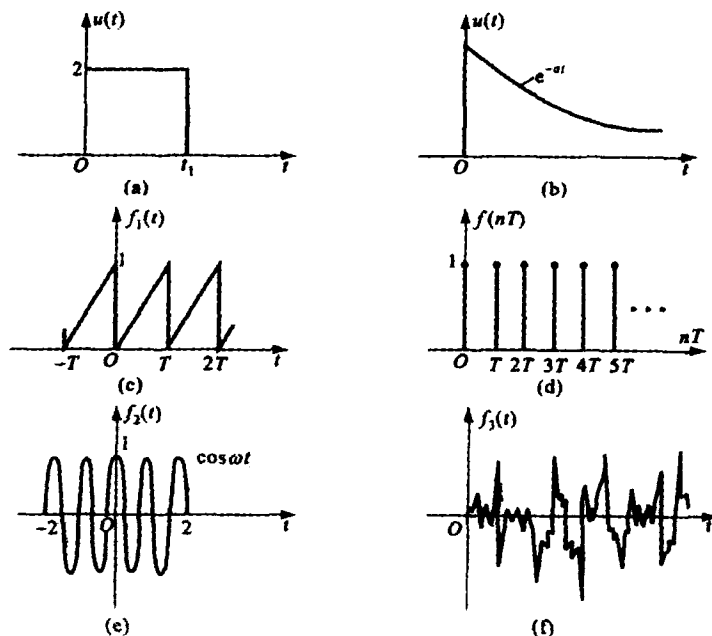


图 1.1 几种信号的波形

(2) 连续信号与离散信号

一个信号, 若在某个时间区间内除有限个间断点外的所有瞬时都有确定的值, 就称这个信号为在该区间内的连续时间信号, 简称为连续信号。