

高等院校

电子信息应用型

规划教材

信号与系统 (第2版)

曹才开 贾雅琼 编著

清华大学出版社



高等院校
电子信息应用型
规划教材

信号与系统 (第2版)

曹才开 贾雅琼 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是2008年出版的《信号与系统》(清华大学出版社)的修订版。本书与第1版的结构和层次大体相同,但章节和内容有较大幅度更新,以适应当代信息技术发展和本科教学需要。

全书共分9章,内容包括信号与系统的基本概念、连续系统的时域分析、连续系统的频域分析、连续系统的复频域分析、连续系统的模拟与硬件实现、离散系统的时域分析、离散系统的 z 域分析与模拟、状态空间分析法和信号与系统分析的MATLAB仿真。书中共有27个MATLAB仿真例子,每个例子均有MATLAB源程序和输出结果(波形、数据等)。这些例子以信息技术和控制工程为背景,可以作为本课程的实验项目。

本书突出基本内容和概念,突出工程应用,“软”、“硬”结合,实现对信号处理和系统分析。每章均有内容提要、大量例题及小结和习题。书末提供了部分习题参考答案,便于教学与自学。

本书可作为本科、高职高专电子类、通信类、计算机类、自动控制类各专业《信号与系统》课程的教材,也可供广大工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统/曹才开,贾雅琼编著.--2版.--北京:清华大学出版社,2014

高等院校电子信息应用型规划教材

ISBN 978-7-302-34683-8

I. ①信… II. ①曹… ②贾… III. ①信号系统—高等学校—教材 IV. ①TN911.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第290825号

责任编辑:王剑乔

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁芳

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.75 字 数:565千字

版 次:2008年6月第1版 2014年5月第2版 印 次:2014年5月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:48.00元

FOREWORD

第2版

前

言

2008年出版《信号与系统》至今已有6年,第1版的基本内容仍在应用。为了适应当代信息技术发展和教学需要,本版的内容有较大幅度更新,主要更新内容有:系统的动态性能,系统的稳态误差,信号的功率谱与能量谱,状态空间分析法及MATLAB软件仿真,每章增加了大量例题和习题。本版在结构上也有变更,例如“冲激信号及其性质”放在第1章的“信号的基本概念”这一节中;“离散系统的模拟”没有独立成章,而是放在“离散系统的 z 域分析与模拟”(第7章)中,这是因为离散系统的模拟与前面介绍的连续系统模拟类同,没有必要独立成章;第1版每章的MATLAB软件仿真例子在本版中都集中放在最后的第9章,在内容上也有更新。这样做,主要是为了应用方便。

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的实际教学经验、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、频域分析和复频域分析。在连续系统的时域分析中,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章讨论了连续系统的模拟与硬件实现,重点讨论了连续系统的模拟和有源RC电路实现。第6章和第7章分别讨论了离散系统的时域分析和 z 域分析与模拟。在离散系统的时域分析中,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,还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8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。第9章为信号与系统分析的MATLAB仿真,每章的重

点内容均用 MATLAB 软件仿真,共有 27 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。这样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,便于学生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,避免繁杂的数学证明和枝节问题讨论。书中有大量的例题,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。本书加强了系统模拟与硬件实现内容,有利于系统在工程中的实现。书中每章前面都有“内容提要”,后面有小结和习题。书末提供了部分习题参考答案,便于教学与自学。

本书还编入了少量加深、拓宽的内容,以“*”号标示,以便教师根据实际情况和针对不同专业的需要选用。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和统稿工作。参加本书编写工作的有:曹才开(第 1~4 章,部分习题参考答案)、湖南工学院曹帅(第 5 章和第 6 章)、湖南工学院汤群芳(第 7 章和第 8 章)、贾雅琼(第 9 章),湖南工学院李旭华、俞斌、冯国珍参加本书资料的收集、文字校对等工作。

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

由于编者水平有限,书中的缺漏在所难免,敬请读者批评、指正。

编 者

2014 年 1 月

FOREWORD

第1版

前

言

随着信息技术的发展，“信号与系统”在技术基础中所处的位置越来越重要，它不仅是电子信息类专业的一门主干课程，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基石，是打开电子信息科学的一把钥匙。因此，在高职高专教育中开设“信号与系统”课程是非常必要的。

本书是根据1999年教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，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7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、6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。在前6章中，每章的重点内容均用MATLAB软件实现，共有20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训项目。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，也给任课教师提供了方便。第7章讨论了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、离散系统的模拟和数字信号处理硬件系统。

本书突出基本内容和概念，避免繁杂的数学计算，通俗易懂，突出工程应用，“软”、“硬”结合实现对信号的处理和系统分析，较好地实现了高职高专教育的“基础理论以必需、够用为度，突出应用性”的基本指导思想。书中每章前面有内容提要，节后有思考题，章后有小结和习题。书末提供了部分习题答案，便于教学与自学，还附录了MATLAB简介。为便于读

者了解实训项目的程序和上机操作,提供了20个实训项目对应的程序清单,可登录清华大学出版社网站 www.tup.com.cn 下载。

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。

本书由曹才开担任主编,强世锦担任主审。参加本书编写工作的有:曹才开(第1、3、4、6章)、宋树祥(第2章,前6章中的实训项目程序设计,附录)、梅志红(第5章)、卢艳红(第7章)。俞斌、戴日光、李祖林、李旭华、胡红艳参加本书资料的收集、实训项目的实做和文字校对工作。

在本书的编写过程中,得到了湖南省高校电子技术教学研究会和参编学校的大力支持,谨致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请各位读者批评、指正。作者 E-mail: cck834@163.com。

编 者

目 录

CONTENTS

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 冲激信号及其性质	9
1.2.4 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
本章小结	30
习题 1	30
第 2 章 连续系统的时域分析	34
2.1 引言	34
2.2 系统的微分方程描述及其算子表示	34
2.2.1 系统的微分方程描述	34
2.2.2 系统微分方程的算子表示	37
2.2.3 系统的传输算子	41
2.3 系统的零输入响应	41
2.3.1 一阶、二阶系统的零输入响应	41
2.3.2 高阶系统的零输入响应	44
2.4 系统的零状态响应与完全响应	45
2.5 系统的冲激响应与阶跃响应	46

2.5.1	系统的冲激响应	46
2.5.2	系统的阶跃响应	49
2.5.3	系统的动态性能	51
2.6	卷积及其应用	53
2.6.1	卷积的概念及其性质	53
2.6.2	卷积的计算	59
2.7	系统零状态响应的卷积积分算法	64
	本章小结	67
	习题 2	68

第 3 章 连续系统的频域分析 72

3.1	引言	72
3.2	正交函数的概念	73
3.2.1	函数的正交定义	73
3.2.2	函数的正交集	73
3.3	周期信号的分解——傅里叶级数	75
3.3.1	周期信号的三角函数形式的傅里叶级数	75
3.3.2	周期信号的指数函数形式的傅里叶级数	78
3.3.3	傅里叶级数的性质	81
3.4	周期信号的频谱	85
3.4.1	周期信号的频谱特点	85
3.4.2	周期信号的频带宽度	87
3.5	非周期信号的分解——傅里叶变换	90
3.5.1	傅里叶变换	90
3.5.2	常用非周期信号的傅里叶变换	91
3.6	傅里叶变换的性质与应用	96
3.6.1	线性特性	96
3.6.2	尺度变换与频谱展缩	97
3.6.3	信号的时移与频谱的相位移	99
3.6.4	调制与频谱搬移	100
3.6.5	卷积定理及其应用	102
3.6.6	时域微积分特性	104
3.6.7	频域微分特性	106
3.7	信号的功率谱与能量谱	107
3.7.1	信号的功率谱	107
3.7.2	信号的能量谱	109
3.8	采样信号与采样定理	109

3.8.1 采样信号	109
3.8.2 采样定理	110
3.9 连续系统的频域分析应用举例	112
3.9.1 连续系统函数	112
3.9.2 无失真传输系统	114
3.9.3 滤波器	115
3.9.4 调制与解调	120
本章小结	122
习题 3	123
第 4 章 连续系统的复频域分析	129
4.1 引言	129
4.2 拉普拉斯变换	130
4.2.1 拉普拉斯变换的定义	130
4.2.2 常用信号的拉普拉斯变换	132
4.3 拉普拉斯变换的性质	134
4.3.1 延时特性	134
4.3.2 复频移特性	136
4.3.3 微分定理	137
4.3.4 积分定理	138
4.3.5 卷积定理	139
4.3.6 始值定理与终值定理	140
4.4 拉氏反变换——部分分式展开法	142
4.5 系统的复频域分析	145
4.5.1 系统函数 $H(s)$	145
4.5.2 利用单边拉普拉斯变换分析系统	148
4.5.3 电路的复频域分析	150
4.6 系统函数 $H(s)$ 的零、极点分析	159
4.6.1 系统函数 $H(s)$ 的零、极点	159
4.6.2 系统函数 $H(s)$ 的零、极点分布与时域特性的关系	161
4.6.3 系统函数 $H(s)$ 的零、极点分布与频域特性的关系	163
4.7 连续系统稳定性分析	165
4.7.1 连续系统稳定性准则	165
4.7.2 连续系统稳定性判定方法	167
4.7.3 系统的稳态误差	170
4.7.4 应用举例	170

本章小结	173
习题 4	174
第 5 章 连续系统的模拟与硬件实现	181
5.1 引言	181
5.2 连续系统的图形表示法	182
5.2.1 三种基本器件	182
5.2.2 连续系统的方框图表示法	183
5.2.3 连续系统的信号流图表示法	186
5.2.4 梅森公式	187
5.3 连续系统的模拟方法	190
5.3.1 连续系统模拟的基本方法	190
5.3.2 连续系统模拟结构的形式	191
*5.4 连续系统的有源 RC 电路实现	197
5.4.1 有源 RC 积分器	197
5.4.2 有源 RC 加法器	199
5.4.3 有源 RC 双二阶电路	201
本章小结	204
习题 5	205
第 6 章 离散系统的时域分析	209
6.1 引言	209
6.2 离散时间信号	209
6.2.1 离散时间信号的描述	209
6.2.2 常用的离散时间信号	211
6.2.3 离散时间信号的基本运算	214
6.3 离散时间系统及其差分方程描述	218
6.3.1 离散时间系统	218
6.3.2 离散时间系统的差分方程描述	219
6.4 离散系统的时域经典分析	221
6.4.1 离散系统的零输入响应	221
6.4.2 用卷积和求离散系统的零状态响应	225
6.4.3 离散系统的单位脉冲响应	227
6.4.4 离散系统的全响应	230
6.5 离散系统的算子分析	232
6.5.1 离散系统的算子传输函数 $H(E)$	232
6.5.2 用算子法分析离散系统	233

本章小结	235
习题 6	236
第 7 章 离散系统的 z 域分析与模拟	239
7.1 引言	239
7.2 z 变换	239
7.2.1 z 变换的定义	239
7.2.2 常用序列的 z 变换	241
7.3 z 变换的性质	244
7.3.1 z 变换的线性性质	244
7.3.2 z 变换的位移性质	244
7.3.3 z 变换的尺度性质	245
7.3.4 卷和定理	246
7.3.5 z 域微分性质	246
7.3.6 始值定理	247
7.3.7 终值定理	248
7.4 z 变换的计算	249
7.4.1 z 正变换的计算	249
7.4.2 z 反变换的计算	250
7.5 离散系统的 z 域分析	255
7.5.1 离散系统的传输函数 $H(z)$ 与单位冲激响应	255
7.5.2 用 z 变换求解差分方程	257
7.6 离散系统的稳定性	260
7.6.1 z 变换与拉普拉斯变换的关系	260
7.6.2 离散系统的稳定性判定	262
7.7 离散系统的频率特性	264
7.7.1 离散信号的傅里叶变换	264
7.7.2 离散系统的频谱特性	265
7.8 离散系统的 z 域模拟	268
7.8.1 三种基本器件	268
7.8.2 离散系统的图形表示法	269
7.8.3 由连续系统函数 $H(s)$ 设计离散系统函数 $H(z)$ 的基本方法	271
7.9 数字信号处理基础	272
7.9.1 数字信号处理的概念	272
7.9.2 数字信号处理的硬件系统	273
7.9.3 数字信号处理器概述	275

本章小结	279
习题 7	281
第 8 章 状态空间分析法	286
8.1 引言	286
8.2 系统的状态空间描述	287
8.2.1 状态空间描述的基本概念	287
8.2.2 动态系统的状态空间表达式	290
8.3 连续系统状态方程和输出方程的建立	292
8.3.1 由微分方程建立状态空间表达式	292
8.3.2 由传递函数建立状态空间表达式	296
8.3.3 由信号流程图建立状态空间表达式	298
8.3.4 由电路原理建立状态空间表达式	299
8.3.5 由状态空间表达式求传递函数矩阵 $G(s)$	300
8.4 离散系统的状态空间描述	302
8.4.1 由差分方程建立状态空间表达式	302
8.4.2 由信号流图建立状态空间表达式	304
8.5 连续系统状态空间方程的时域求解	305
8.5.1 连续系统状态方程的时域解	305
8.5.2 连续系统输出方程的时域解	308
8.6 离散系统状态空间方程的 z 域解	309
8.6.1 离散系统状态方程的 z 域解	309
8.6.2 离散系统输出方程的 z 域解	310
8.7 线性系统的能控性和能观性	311
8.7.1 概述	311
8.7.2 线性连续系统的能控性	312
8.7.3 线性定常离散系统的能控性	316
8.7.4 线性连续系统的能观测性	318
8.7.5 线性定常离散系统的能观测性	322
8.7.6 对偶原理	322
本章小结	323
习题 8	324
* 第 9 章 信号与系统分析的 MATLAB 仿真	328
9.1 基本信号及信号运算的 MATLAB 仿真	328
9.2 连续系统时域分析的 MATLAB 仿真	332
9.3 连续系统频域分析的 MATLAB 仿真	336

9.4 连续系统复频域分析的 MATLAB 仿真	343
9.5 离散系统时域分析的 MATLAB 仿真	347
9.6 离散系统 z 域分析的 MATLAB 仿真	352
9.7 状态空间分析的 MATLAB 仿真	361
部分习题参考答案	366
参考文献	379

信号与系统的基本概念

本章提要

本章讨论了信号的定义与分类、常用连续信号、冲激信号及其性质、信号的时域变换与运算等基本概念,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。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?从煤矿往发电厂调运煤炭时,哪种运输方案最经济?如何按照合理的人口总数与年龄结构确定计划生育政策?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?这样的问题还可以举出很多。它们分属于完全不同的领域,看起来相互之间没有必然的联系。但是,分析表明,这些都是有关“信号与系统”的问题。要分析和解决这些问题,迫切需要统一的、简洁的、行之有效的分析方法,从而形成了一个新的学科分支——“信号与系统”。

1948年创立的系统论、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非创立的,他为确立适用于系统的一般原则作出了重要贡献。信息论是美国数学家香农建立的,它是现代通信理论的基础,在计算机技术、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技术的广泛应用。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,信号与系统学科发展迅速。信号与系统的基本概念与分析方法不断发展,其应用范围不断扩大,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、化学等领域起重要的作用。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,也是所有工程专业的重要课程。

本书以下各章分别介绍信号与系统的各种分析方法。本章首先介绍信号与系统的基本概念,为以后各章的学习打下必要的基础。

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

按照《现代汉语词典》的定义,信号(signal)是用来传递信息或命令的光、电波、声音、动作等,即信号是运载与传递信息的载体与工具。物质的一切运动或形态的变化,广义地说都是一种信号,即信号是物质运动的表现形式。例如,我国古代烽火台上的烽火与狼烟用来传递敌军入侵的消息;现代化防空雷达荧光屏上出现一个运动的光点,提示一架飞机或导弹进入了特定空域;机械运动产生力信号、位移信号及噪声信号;雷电过程产生声信号及光信号;大脑、心脏运动分别产生脑电信号和心电信号;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)的工具。所谓消息,就是通过某种方式传送的声音、文字、图像、符号等。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。通过传递消息,使受信者获取不同的信息(information)。一般地说,信息是指具有新内容、新知识的消息,排除了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,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。基于其重要性,本书仅研究电信号,简称为信号。

由于飞机的航向、速度、高度等随时间都在变化,雷达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,可以借助示波器或其他测试仪表来观察与记录。但这种实验的方法有其固有的局限性,即所得到的结果只是局部的、个别的,缺乏普遍适用性。因此,为了分析与研究信号,必须使用语言来描述信号,或者说,建立信号的数学模型。

在数学上,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,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,有多种不同的分类方法。例如,按照信号的物理特性,分为光信号、电信号等;按照信号的用途,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,分为奇信号、偶信号、非对称信号等;从能量的角度出发,分为功率信号与能量信号;从信号的特征出发,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。以信号的特征来分类,是人们在信号分析中最常采用的方法。

(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,只要给出确定的时间点 t_0 ,就可以得到确定的函数值 $\sin\omega t_0$ 。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,也就失去可通信的意义。所以对接收者而言,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)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加以描述,只可能知道它在某一时刻取某一函数值的概率。

本书只讨论确定信号。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)所示为随机信号。

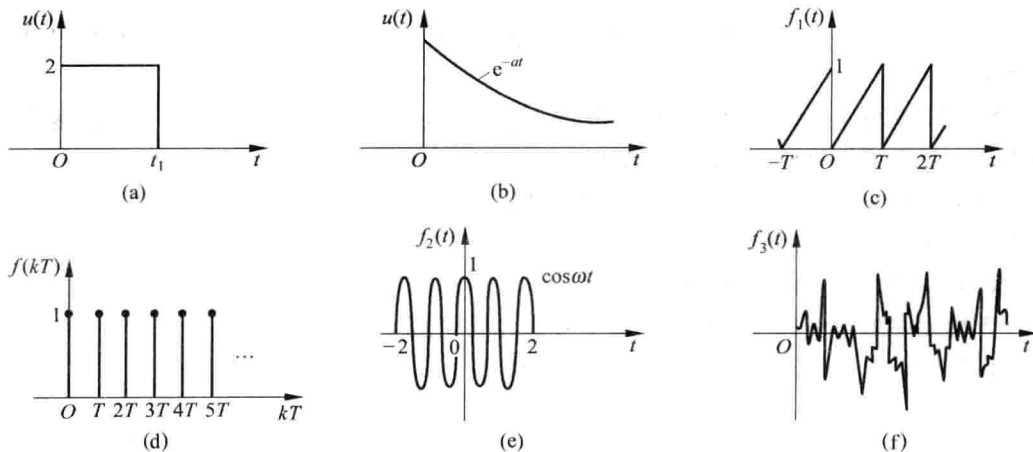


图 1.1 几种信号的波形

(2) 连续信号与离散信号

若一个信号在某个时间区间内除有限个间断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。

对于我们所熟悉的正弦信号,其表达式为

$$f(t) = \sin\omega t$$