



电子信息学科基础课程系列教材

——面向现代工程师培养

教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会推荐教材

信号与系统

许淑芳 编著



清华大学出版社



电子信息学科基础课程系列教材

——面向现代工程师培养

部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会推荐教材

信号与系统

许淑芳 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书深入系统地阐述信号与系统的基本理论和分析方法。全书共10章,内容包括信号与系统的一般概念,连续时间信号与系统的时域分析、频域分析、复频域分析,连续时间信号的采样,离散时间信号与系统的时域分析、 z 域分析、频域分析,以及系统的状态空间分析。全书突出信号与系统的基本概念、分析方法以及知识脉络。大量的例题着重于强化概念、分析思路。每章开篇的引言和结尾的结语形成本课程的整体知识框架,穿插于内容中的问题思考、深入分析、提示、诀窍等能帮助读者更好地理解并掌握相关知识,增加可读性。

本书可作为电子信息类、电气工程类、自动化类、计算机类专业“信号与系统”课程的本科生教材,也可作为相关专业“信号与系统”课程的研究生入学考试参考书,或从事相关领域工作的科技人员的基础理论参考书。

本书免费提供配套的多媒体电子教案。

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/许淑芳编著. —北京:清华大学出版社,2017

(电子信息学科基础课程系列教材)

ISBN 978-7-302-45097-9

I. ①信… II. ①许… 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(2016)第 227121 号

责任编辑:文 怡

封面设计:常雪影

责任校对:焦丽丽

责任印制:王静怡

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>, 010-62795954

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:571千字

版 次:2017年2月第1版

印 次:2017年2月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00元

产品编号:068932-01

“信号与系统”是电子信息类、自动化类、电气类以及计算机类等专业的一门非常重要的专业基础课程。多年前美国麻省理工学院(MIT)做过一次关于大学课程的调查,时间跨度几十年,结果发现有些课程从有到无,有些课程从无到有,只有少数课程的内容变化很小,“信号与系统”是其中的一门。为什么呢?原因是,“信号与系统”是用数学的方法分析解决物理问题,分析方法既严谨又有效。而且“信号与系统”所涉及的理论又是很多专业领域的基础,尤其在信息高度发展的今天,通信、网络、信息处理等进入到前所未有的发展阶段,其中涉及的基本原理很多是“信号与系统”课程中的。作为后续专业课的基础,“信号与系统”在通信、电子信息、生物医学、电气工程、运输物流、工程机械、声学、地震学、化学过程控制、社会经济等诸多领域都有着广泛的应用。

作为一门理论课程,“信号与系统”涉及了大量的公式。因此,一些学生在学习过程中,习惯于将“信号与系统”作为数学来学,除了演算似乎并不能深刻理解“信号与系统”到底是一门怎样的课程。本书尽量从物理概念的角度来剖析这门课程,对一些基本原理、基本分析方法给出适当的物理解释,力图引导读者深入理解“信号与系统”这门课程的知识内涵。

虽然“信号与系统”是一门比较难的课程,但是也是一门系统性很强的课程,有其特有的分析方法和清晰的知识脉络。这是本书编写的出发点及核心宗旨。

本书每章开篇有引言,结尾有结语,将信号与系统的知识内容串接起来,引导读者建立分析思路,理清知识脉络;穿插于中间的问题思考、深层分析、提示等能帮助读者深入思考,理解并掌握问题的核心内容。本书从大的知识框架入手,着重知识体系和分析理论的建立,强化知识架构、基本概念以及分析方法。书中大量的图表使得抽象的理论形象化,精心编写的例题有助于概念的理解和分析方法的掌握,而一些分析问题的“诀窍”可以大大简化繁琐的演算,形成“傻瓜解法”。本书的知识内容相对较广,有一定的深度,但在知识阐述上,尽量深入浅出、化繁为简,将抽象的难以理解的理论简单化。书中理论结合实际的一些案例,以及一些生活化的语言使得阅读不再枯燥。

全书共10章,遵循先时域连续后时域离散的顺序。连续时间信号与系统有着明确的物理概念,因此,易于理解和接受,这部分重点在于理解概念并建立分析方法;而离散时间信号与系统的分析方法与连续时间信号与系统的分析方法有着并行的相似性,在建立了基本的分析理论后重在后续的数字化处理。

前5章是连续时间信号与系统的分析,着重理解概念、建立分析方法和分析思路。第1章信号与系统的一般概念,主要是对信号与系统的整体有一个大致的了解;第2章

是连续时间信号与系统的时域分析,由于时域是真实的物理世界,因此,强化概念的建立和理解,而弱化具体实际系统的求解,因为最简捷的求解方法在变换域。第3章和第4章是连续时间信号与系统的频域分析,由于频率是物理量,因此,频域分析有物理意义,即信号的频谱和系统的频率响应,正因为此,傅里叶分析具有非同寻常的工程意义,被广泛应用。第5章是连续时间信号与系统的拉普拉斯分析,本章主要建立 s 域的分析方法,拉普拉斯变换作为工具求解电路和微分方程异常简单,同时通过系统函数或零极点分析系统。实际上,到第5章,信号与系统的端口分析方法基本建立完毕。

第6章是连续时间信号的抽样,解决为什么可以用数字处理的手段来处理连续时间信号与系统的问题。经过采样,连续时间信号变成离散时间信号。

第7章、第8章、第9章分别是离散时间信号与系统的时域分析、 z 域分析和频域分析,离散时间信号与系统的分析方法在很多方面与连续时间信号与系统的分析方法有着并行的相似性,这为理解离散时间信号与系统提供了简便的分析途径。

信号与系统的课程内容是信号与系统的分析。信号分析主要是信号的分解和变换,描述方法有数学表达式和图形描述,不论在时域、频域,还是复频域,都可以写出数学表达式,也可以画出相应的图形,例如,信号的时域函数表达式以及相应的波形,或者频域的频谱函数及其频谱图,等等。

系统分析方法包括端口分析和状态空间分析。

前9章是系统的端口分析,用数学模型(微分方程或差分方程)、物理模型(框图)以及表征函数(系统函数和单位冲激响应)来描述系统,在时域和变换域进行分析,适于线性定常系统、单输入-单输出(SISO)系统。

第10章是系统的状态空间分析,其物理模型是流图,数学模型是状态方程和输出方程,相当于把黑匣子打开,分析系统内部的状态,适于分析多输入-多输出(MIMO)系统、非线性、时变系统,可以对状态变量进行观测和控制,是系统的完全描述。作为端口分析方法中的系统函数依然可以作为状态空间分析的一个系统表征,分析系统的一些特性,但是由它来描述系统有时是不完全的。

本书适合学时为48~72学时,学时少的可以只讲前8章的基本概念和基本分析方法,对于加注“*”的章节内容可根据实际需要酌情省略。与本书配套的有《信号与系统学习及解题指导》(已由清华大学出版社出版),以及后续的《信号处理实验及应用》。另外,结合本教材,制作了多媒体电子教案,从而形成信号与系统的立体化教材,便于读者学习和参考。

当今信息技术的发展,移动互联以及创新模式的不断涌现,教学环境也在悄悄发生着变化,自主、自由地学习也许在不远的将来会成为主流,网络课堂、慕课(MOOC)等也许更加顺应时代的要求。本书的阐述方式以及内容架构为的是增加可读性和易于理解并引导思考问题,便于读者开放式的学习。

由于时间仓促和水平有限,疏漏或不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2016年12月于北京

第 1 章 信号与系统的一般概念	1
1.1 信号的描述及分类	2
1.1.1 信号的描述	2
1.1.2 信号的分类	3
1.2 系统的概念及描述	6
1.3 信号与系统的分析方法	7
本章结语	8
习题	9
第 2 章 连续时间信号与系统的时域分析	10
2.1 典型信号	11
2.2 连续时间信号的运算规则	15
2.3 奇异信号分析	21
2.3.1 单位阶跃信号	21
2.3.2 符号函数	22
2.3.3 单位冲激信号	22
*2.3.4 冲激偶函数	27
2.4 确定性信号的时域分解	28
2.4.1 直流分量与交流分量	29
2.4.2 奇分量和偶分量	29
2.4.3 按脉冲分量进行分解	30
2.5 系统的一般特性	31
2.6 系统的单位冲激响应	35
2.6.1 系统的状态—— 0_- 到 0_+	35
2.6.2 系统的单位冲激响应	36
2.7 卷积	37
2.7.1 LTI 系统的输入输出关系	37
2.7.2 卷积的性质	38
2.7.3 卷积的求解	43
2.7.4 周期信号的表示	48
2.8 用 $h(t)$ 表征 LTI 系统的特性	49

目录

2.9 连续时间系统的数学模型	51
2.9.1 微分方程的时域建立	51
2.9.2 微分方程的时域经典解法	53
2.10 因果 LTI 系统的零输入响应和零状态响应	57
2.10.1 零输入响应和零状态响应的概念	57
2.10.2 零输入响应和零状态响应的求解	58
2.10.3 系统的线性	60
2.10.4 各对响应之间的关系	61
2.10.5 $h(t)$ 的时域求解	62
本章结语	63
习题	63
第 3 章 连续时间信号的频域分析	66
3.0 引言	67
3.1 信号的正交分解	68
3.1.1 信号的谐波分量分解	68
3.1.2 Dirichlet 条件	69
3.2 周期信号的傅里叶级数展开	70
3.2.1 三角形形式的傅里叶级数	70
3.2.2 幅度相位形式的傅里叶级数	70
3.2.3 指数形式的傅里叶级数	71
3.2.4 傅里叶级数展开式各系数间的关系	71
3.3 傅里叶级数的性质	75
3.3.1 线性	75
3.3.2 位移性质	75
3.3.3 时域微分性质	76
3.3.4 时域奇偶对称性	77
3.4 信号的频谱	81
3.4.1 信号的“谱”表示	81
3.4.2 周期信号的频谱	83
3.4.3 周期信号频谱的特点	88
3.5 信号的功率谱	90
3.6 有限项和均方误差	93

3.7 非周期信号的傅里叶变换	95
3.7.1 从傅里叶级数到傅里叶变换	96
3.7.2 典型信号的傅里叶变换	98
3.7.3 傅里叶变换的性质	103
3.8 周期信号的傅里叶变换	117
3.8.1 典型周期信号的傅里叶变换	117
3.8.2 一般周期信号的傅里叶变换	119
本章结语	122
习题	123
第4章 连续时间系统的频域分析	127
4.0 引言	128
4.1 系统的频率响应	128
4.2 电路元器件的频域特性	131
4.3 系统的级联、并联	134
4.4 用傅里叶变换分析系统	135
4.5 信号通过线性系统不失真的条件	139
4.5.1 无失真传输系统的定义	139
4.5.2 失真分类	141
4.6 理想滤波器	144
4.6.1 理想低通滤波器	144
4.6.2 理想带通滤波器	151
4.6.3 全通系统的频率响应	153
4.7 物理可实现系统频率响应的约束条件	153
4.7.1 物理可实现系统的频域准则	153
4.7.2 因果系统的频率响应	155
*4.8 希尔伯特滤波器	155
本章结语	157
习题	157
第5章 连续时间信号与系统的复频域分析	159
5.0 引言	160
5.1 拉普拉斯变换公式推导	160
5.1.1 从傅里叶变换到拉普拉斯变换	160

目录

5.1.2	拉普拉斯变换与傅里叶变换的比较	161
5.2	单边拉普拉斯变换及其性质	161
5.2.1	单边拉普拉斯变换	161
5.2.2	典型信号的拉普拉斯变换	162
5.2.3	拉普拉斯变换的性质	163
5.3	拉普拉斯反变换	173
5.3.1	观察法	173
5.3.2	部分分式展开法	173
5.4	用拉普拉斯变换求解微分方程和分析电路	177
5.4.1	用拉普拉斯变换求解微分方程	177
5.4.2	用拉普拉斯变换分析电路	179
5.5	系统函数及零极点	181
5.5.1	系统函数	181
5.5.2	系统的零极点分布图	183
5.6	系统的零极点分布与时间特性	184
5.6.1	极点分布与时域波形	185
5.6.2	零点影响波形的幅度和相位	188
5.7	因果系统的稳定性	189
5.7.1	因果稳定系统的 s 域特征	189
5.7.2	稳定性的分类	190
5.8	由零极点分析系统的响应	191
5.8.1	自由响应与强迫响应	191
5.8.2	暂态响应和稳态响应	194
5.8.3	正弦信号和单边正弦信号通过稳定系统的响应	195
5.9	系统的零极点分布与频率特性	199
5.9.1	稳定系统频率响应的几何确定法	199
5.9.2	系统的频率响应分析举例	201
5.10	全通系统和最小相位系统	204
5.10.1	全通系统	204
5.10.2	最小相位系统	205
5.11	连续时间系统的物理模型	208
5.11.1	系统的基本结构	208

*5.11.2 连续时间系统的模拟	210
*5.12 双边拉普拉斯变换	215
5.12.1 拉普拉斯变换的收敛域	215
5.12.2 因果系统、稳定系统的 s 域特征	217
5.12.3 双边拉普拉斯变换与傅里叶变换的关系	217
本章结语	218
习题	218
第6章 连续时间信号的抽样	222
6.0 引言	223
6.1 时域均匀抽样	223
6.2 理想抽样	224
6.3 正弦信号的抽样	228
6.4 矩形脉冲抽样	229
6.5 抽样信号的理想内插	231
*6.6 频域抽样	233
6.7 连续时间信号到离散时间信号	233
本章结语	234
习题	235
第7章 离散时间信号与系统的时域分析	237
7.0 引言	238
7.1 离散时间信号	238
7.1.1 典型序列	239
7.1.2 正弦序列的周期性	242
7.1.3 序列的运算规则	245
7.2 离散时间系统	250
7.2.1 离散时间系统的特性	250
7.2.2 离散时间系统的数学模型	253
7.2.3 差分方程的边界条件和离散系统的初始状态	254
7.2.4 线性常系数差分方程与系统的特性	255
7.2.5 离散时间系统的物理模型	256
7.3 线性常系数差分方程的时域求解	258
7.3.1 迭代法	258

目录

7.3.2	时域经典解法	259
7.3.3	因果 LTI 系统的零输入响应和零状态响应	262
7.4	离散系统的单位抽样响应	266
7.4.1	典型 LTI 系统的单位抽样响应	267
7.4.2	离散 LTI 系统的输入输出关系	267
7.4.3	用 $h(n)$ 表征离散 LTI 系统的特性	268
7.5	离散信号的卷积	270
7.5.1	卷积性质	270
7.5.2	卷积求解	271
7.5.3	任意信号与 $\delta(n)$ 、 $u(n)$ 的卷积	275
	本章结语	276
	习题	276
第 8 章	离散时间信号与系统的 z 域分析	278
8.0	引言	279
8.1	z 变换定义及其收敛域	279
8.1.1	序列的 z 变换定义	279
8.1.2	z 变换的收敛域	282
8.1.3	z 变换的零极点	285
8.1.4	典型序列的 z 变换	286
8.2	z 变换的性质	288
8.3	z 反变换	297
8.3.1	观察法	298
8.3.2	部分分式展开法	298
8.3.3	留数法	303
8.3.4	幂级数展开法	306
8.4	用 z 变换求解差分方程	307
8.4.1	差分方程的 z 域求解	307
8.4.2	用 z 变换求因果系统的零输入响应和零状态响应	308
8.5	离散系统的系统函数	310
8.5.1	系统函数的概念	310
8.5.2	离散系统的零极点	312
8.5.3	离散 LTI 系统的因果性和稳定性判据	314

8.6	零极点分布与时间特性的关系	316
8.7	由零极点分析离散系统的响应	319
8.7.1	自由响应与强迫响应	319
8.7.2	暂态响应和稳态响应	322
8.8	离散系统对正弦序列的响应	323
8.8.1	单边正弦序列通过因果稳定系统	323
8.8.2	正弦序列通过稳定系统	324
	本章结语	326
	习题	326
第 9 章	离散时间信号与系统的频域分析	329
9.1	离散时间信号的傅里叶变换	330
9.2	离散时间傅里叶反变换	334
9.3	离散时间系统的频域分析	335
9.3.1	离散时间系统的频率响应	335
9.3.2	离散时间稳定系统频率响应的几何确定法	336
*9.4	离散全通系统	340
	本章结语	341
	习题	341
第 10 章	系统的状态空间分析	343
10.0	引言	344
10.1	状态空间分析的基本概念	344
10.2	系统的信号流图	345
10.2.1	由框图到流图	346
10.2.2	信号流图的组成	347
10.2.3	系统结构的流图表示	348
10.3	连续时间系统状态方程的建立	351
10.3.1	根据流图建立状态方程	352
10.3.2	由电路图建立状态方程	354
10.4	连续时间系统状态方程的求解	357
10.4.1	状态变量分析法的时域求解	357
10.4.2	状态变量分析法的 s 域求解	358
10.4.3	状态转移矩阵 $e^{[A]t}$ 的求解	359

目录

10.5	离散时间系统状态方程的建立	362
10.5.1	由差分方程建立状态方程	362
10.5.2	由方框图或流图建立状态方程	364
10.6	离散时间系统状态方程的求解	365
10.6.1	时域求解	365
10.6.2	z 域分析	366
10.6.3	状态转移矩阵 $[A]^n$ 的求解	366
10.7	状态空间分析中的系统函数	368
10.7.1	连续时间系统的系统函数	368
10.7.2	离散时间系统的系统函数	370
10.7.3	信号流图的梅森公式	371
10.7.4	状态空间分析中系统的稳定性	373
*10.8	系统的可控性和可观测性	373
	本章结语	377
	习题	377
附录		380
参考文献		381

第1章 信号与系统的一般概念

1.1.1 信号的概念

1.1.2 信号的分类

1.1.3 信号的运算

1.1.4 信号的表示

1.1 信号的描述及分类

1.1.1 信号的描述

谈起信号,最早可追溯到 3000 多年前的古代烽火台,通过“光”信号来传递敌人入侵的消息。还有古战场上的击鼓鸣金,这是一种“声信号”,传达的是“进”或“退”的命令。这些极为原始的信号至今仍在使用,如交通红绿灯的指路信号,运动场上的发令枪等。

在人类的发展史上,具有划时代意义的是 19 世纪发明的电信号。最具代表意义的是莫尔斯发明的电报、贝尔发明的电话,以及赫兹、波波夫、马可尼等人发明的无线电通信,它们对人类的技术进步起到了举足轻重的作用。在 20 世纪 60 年代,华裔科学家高锟博士提出了光导纤维的概念,以激光作为载波信号的光通信使人类迈入了高速信息时代。其实,在科技高速发展的今天,信号几乎无处不在,电子通信、生物医学、工程机械、水利电气、运输物流等几乎所有的领域都需要信号的分析 and 处理。

那么,什么是信号呢?我们平常所说的“信息”“消息”和“信号”又是怎样的关系呢?

日常生活中,电视、电话、网络等都是为了传递各种各样的消息(message),人们从中获得各种信息(information)。消息的传递一般都不是直接的,而是将消息转换成某种表现形式——信号(signal)。因此,信号是消息的表现形式,消息蕴藏于信号中。消息中一般含有一定的信息量,信息论奠基人香农(Shannon)认为“信息是用来消除随机不确定性的东西”。当人们获得的消息越不确定时,所得到的信息量越大。因此可以说,消息、信息、信号是三位一体的。通常我们说的通信就是为了传递具有一定信息量的消息,以信号的形式传送。日常生活中人们使用的网络,就是通过数据信号传递着各种消息,使得我们可以获取海量的信息。

信号一般是某种物理量,如电、光、声等,通常称为电信号、光信号、声信号。在电子电气领域,信号往往表示的是电压或电流,但也可以是电荷或电场或其他某个物理量。在其他领域中,信号也可能是力、温度、浓度、通量等。因此,信号被广义地定义为“随一些参数变化的某种物理量”。

为了便于分析,通常情况下会忽略信号的物理意义,而以抽象的数学形式来处理信号,为此需要对信号进行数学描述,将信号表示为一个或多个变量的函数,某个函数描述

某种信号。在信号与系统中,“信号”和“函数”是等同的,如函数 $f(t)$ 表示随着自变量 t (时间)而变化的信号。

除了用数学表达式来描述信号外,还可以用图形来描述信号。图 1-1 表示的是一个语音信号的片段,表示了空气压力随时间变化的函数 $f(t)$,而这个语音信号所含的信息就寄寓在这个随时间而变化的图形中了。这类信号难以用数学函数来表达,但



图 1-1 声音信号(语音片段)

用图形描述却比较直观。

这里需要注意的是,在用图形表示信号时,横坐标 $t=0$ 表示的是起始点或参考点。 $t>0$ 表示参考时刻之后的信号变化情况,表示的是未来;而 $t<0$ 表示参考时刻之前的信号情况,表示的是过去或历史(注意,没有负的时间)。

事实上,以时间 t 为自变量的信号大多具有物理含义,因为时间是一个物理量,自然界中几乎所有现象都是时间的函数,都可称为信号。除时间自变量外,信号也可以是其他一些独立变量的函数,如频率、距离等。另外,自变量可以是一维的,也可以是二维或三维的,如图像信号 $f(x,y)$ 表示的是二维空间自变量的函数,表示的是亮度、色彩随空间的变化,图 1-2 就是一个静止图像信号;而视频则是随着时间变化的动态图像信号,在数学上可以表示为 $f(x,y,t)$ 。



图 1-2 图像信号(J. Fourier)

1.1.2 信号的分类

信号的分类方法很多,可以从不同的角度对信号进行分类。

(1) 按照信号因变量与自变量的关系特性是否具有某种规律,可以将信号分为确定性信号和随机性信号。

确定性信号指的是能够以某种确定的函数形式表示的信号,这种信号在定义域的任意时刻都有确定的函数值,例如正弦信号、指数信号等。图 1-3 表示的是一个余弦函数

$$f(t) = A\cos(2\pi f_0 t)$$

如果 $f(t)$ 表示的是一个交流电压信号,那么其峰值为 A ,频率为 f_0 。这个信号在每个瞬时都有准确的描述,这就是确定性信号。

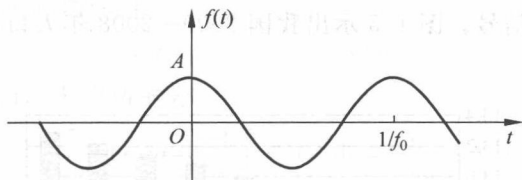


图 1-3 确定性信号

而随机信号在其定义域的任意时刻没有确定的值,是不确定信号,无法以一个或多个确定的函数来表示它,也无法根据过去的记录准确地预测未来的情况,一般只能用某种统计规律来描述。例如,图 1-4 所示的是一个噪声信号,这种信号就属于随机信号。

确定性信号还可以进行进一步的划分,根据函数是否具有周期性,确定性信号可分为周期信号和非周期信号。周期信号具有准确的重现性和未来的可预测性,每隔一段时间,信号会重复出现,周而复始、无始无终。周期信号的数学描述为

$$f(t) = f(t + nT), \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

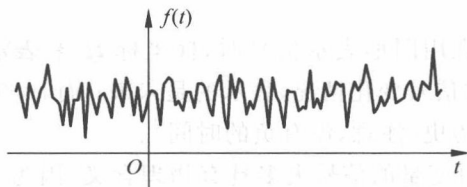


图 1-4 随机信号

满足上式的最小正整数 T 称为信号的周期。对于周期信号,只需确定一个周期内的信号表示,整个信号就完全确定,例如,正弦信号是周期信号。

需要说明的是,两个周期信号之和不一定还是周期信号,只有当周期之比为有理数时,相加的结果才是周期信号,而和信号的周期等于两个信号周期的最小公倍数。如果周期之比为无理数,则相加结果将不再是周期信号。

非周期信号不具有准确的重现性,在时间上不满足这种周而复始的重复,但依然可以对未来进行预测,如指数函数。

实际上,当周期信号的周期 $T \rightarrow \infty$ 时,周期信号将成为非周期信号。

另外,按照函数的表现形式,确定性信号可以划分为普通信号和奇异信号。普通信号可以用普通函数来表示,上面提到的正弦信号和指数信号都属于普通信号。而奇异信号不能由普通函数来描述,需要借助于广义函数和分配理论。

(2) 按照信号自变量的取值是否连续变化,可以分为连续时间信号和离散时间信号。

连续时间信号是指在信号的定义域内,除有限个间断点外,任意时刻都有确定函数值的信号。图 1-3 和图 1-4 表示的都是连续时间信号。再如,像季节变化的温度分布,一般也是一个连续变化的波形。而离散信号的定义域是一些离散的点,在这些离散点的自变量有对应的函数值,离散点之外不定义。如人口统计中的一些数据、商品年度产量或库存等,都属于离散信号。图 1-5 示出我国 2000—2008 年人口的变化情况,这是一个离散时间信号。

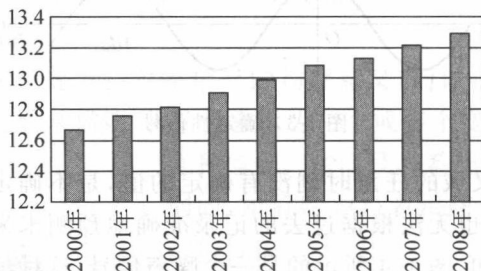


图 1-5 离散信号(人口统计)

需要注意的是,连续时间信号的自变量是连续的,函数值可以连续变化,也可以不连续变化。其中,函数值连续变化的信号一般称为模拟信号。而离散时间信号的自变量是离散的,当离散时间信号的函数值连续变化(无限精度)时称为抽样数值信号;如果幅度