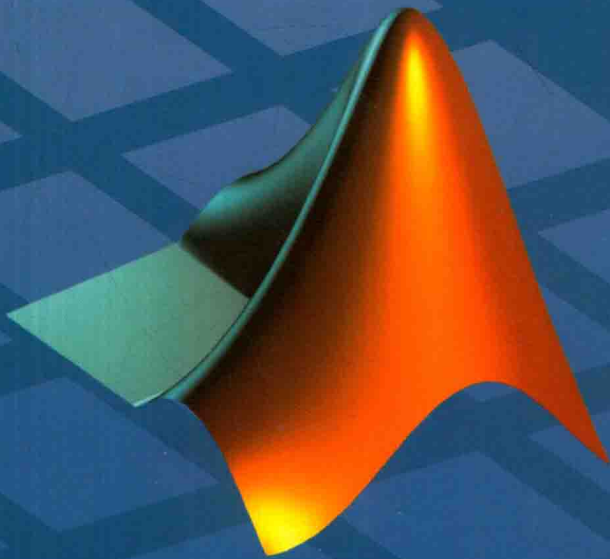


应用型本科电类专业规划教材

# 信号与系统

## ——Matlab分析与实现

陈金西 主编



厦门大学出版社  
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

国家一级出版社  
全国百佳图书出版单位

应用型本科电类专业规划教材

# 信号与系统

## ——Matlab分析与实现

陈金西 主编



厦门大学出版社 国家一级出版社  
XIAMEN UNIVERSITY PRESS 全国百佳图书出版单位

## 图书在版编目(CIP)数据

信号与系统:Matlab 分析与实现 / 陈金西主编. — 厦门: 厦门大学出版社, 2016. 1  
应用型本科电类专业规划教材  
ISBN 978-7-5615-5787-7

I. ①信… II. ①陈… III. ①Matlab 软件-应用-信号系统-系统分析-高等学校-教材 IV. ①TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 008178 号

---

出版人 蒋东明  
责任编辑 哇蔚  
责任校对 胡佩  
装帧设计 蒋卓群  
责任印制 许克华

---

出版发行 厦门大学出版社  
社址 厦门市软件园二期望海路 39 号  
邮政编码 361008  
总编办 0592-2182177 0592-2181253(传真)  
营销中心 0592-2184458 0592-2181365  
网 址 <http://www.xmupress.com>  
邮 箱 [xmupress@126.com](mailto:xmupress@126.com)  
印 刷 南平市武夷美彩印中心印刷

---

开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 36.25  
字数 882 千字  
印数 1~3 000 册  
版次 2016 年 1 月第 1 版  
印次 2016 年 1 月第 1 次印刷  
定价 72.00 元

---

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换



厦门大学出版社  
微信二维码



厦门大学出版社  
微博二维码

# 内容简介

本书系统地介绍了信号及系统的基本概念和理论,给出了利用 Matlab 在计算机上实现信号及系统的分析、设计、计算实例。主要内容包括六大部分:(1) 连续时间信号及连续系统的时域分析,主要介绍连续时间信号特征及其计算、连续系统的时域分析;(2) 连续系统的频域分析,主要介绍周期信号傅立叶级数、非周期信号傅立叶变换、周期信号傅立叶变换、系统的傅立叶变换分析;(3) 连续系统的  $S$  域分析,主要介绍连续信号的拉普拉斯变换、连续系统的  $S$  域分析;(4) 离散信号及  $Z$  变换,主要介绍离散信号特征及其计算、离散信号  $Z$  变换、离散系统  $Z$  变换分析、离散信号傅立叶变换及其频谱分析;(5) 系统函数及系统结构,主要介绍系统函数的建立、零点极点与时域响应、系统函数与频率响应、系统函数导出系统结构;(6) Matlab 基本使用,主要介绍 Matlab 使用环境、数值计算及绘图、符号计算及绘图、Matlab 信号处理、Matlab 编程方法。

本书重点放在基本理论和基本设计上,强调对基本概念及其物理意义的透彻理解;每部分理论分析后再进行 Matlab 仿真,目的是先完整理解概念及理论再检验所学理论内容,加深对内容的理解。书中大量使用基于 Matlab 的应用实例,既有利于反映信号与系统的最新发展,又便于读者进行仿真实验。

本书体系新颖,内容取舍适度,重点突出,阐述通俗易懂,可作为高等院校电子信息工程、通信工程、电子科学与技术、自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、物联网工程、生物医学工程等专业本科生教材,也可作为其他专业本科生和研究生的选修课教材,还可供从事信号与信息处理的科技工作者参考。

本书使用的符号:模拟角频率—— $\omega$ ;傅立叶级数基频—— $\Omega$ ;数字角频率—— $\beta$ ;连续信号时间变量—— $t$ ;离散信号时间变量—— $n$ ;离散傅立叶变换频率变量—— $k$ 。

# 前 言

信号与系统是电子信息、光信息、通信、自动化、计算机科学等专业学生必须掌握的专业基础知识和必修内容,也是教育部规定的工科院校多数专业必修课程之一。但从大多数开设该课程院校的教学结果来看,很多学生虽然修了该课程,也通过了考试,却对信号、系统的基本概念、物理意义不甚理解,缺乏系统的认识与理解,也就不能利用所学理论解决实际的工程问题。分析其中原因,主要有:(1)现在使用的信号与系统教材大都是纯数学推导,使学习信号与系统像学习数学分析课程一样非常抽象,加之数学推导过多,使得信号与系统教材的可读性普遍较差,很难引起读者的阅读兴趣。(2)大部分教材对信号变换、系统响应算法的物理意义缺乏清晰的描述,也缺少实际工程应用的实例,使得很多学习者只知其然,不知其所以然,也就难以实现实际应用。(3)信号处理是一门理论性及实践性很强的学科,很多现实问题从信号处理的观点看很简单,多数学生虽然掌握了一定的信号处理理论,但对现实问题缺乏了解,同样很难将理论应用于解决现实问题中。

针对上述问题,我们充分利用 Matlab 软件,从符号数学计算、数值计算的角度出发编写了这本教材。教材主要阐述信号与系统的经典理论,在理论分析上尽量减少数学推导和数学表达式描述,而充分利用时域与频域可视化波形图直观显示,对信号及系统的基本概念尽量赋予清晰的物理意义,并以应用实例将理论应用于工程实践,真正达到对信号处理理论深入浅出的表述,使教材通俗易懂。理论与 Matlab 释义穿插进行,又针对不同学校不同专业课时差异,把理论与 Matlab 实现分节编排,便于组织教学。

在编写的过程中,本着“精选内容、注重应用、启发创新”的原则,尽量以通俗的语言和实例来说明信号处理基本概念、算法的物理意义。我们在追求理论分析完整性的前提下,尽量将理论寓于实践中,努力将信号处理理论与实际应用紧密结合。为编写此书,我们参考了大量书籍、网站等最新资料,注意学科发展动向,同时也融入了历年的理论教学经验、实践教学积累和科研成果沉淀。希望这是一本能够适合广大学生自学,适用于本一、本二、本三等不同层次学生的高等学校教材。

本书是校企合作编写教材,由陈金西主编,任志山、于季刚、刘虹、唐骏、吴炳煜参与编写。在本书的编写过程中,得到了厦门理工学院领导、老师的大力支持和帮助,并提出了许多宝贵的意见,谨致以衷心的感谢!

限于作者的水平和经验,书中存在疏漏或者不足之处在所难免,恳请各位专家和读者批评指正。

作 者

2016年1月

# 目 录

第 1 章 连续系统的时域分析	1
1.1 绪论	1
1.1.1 信号的概念	1
1.1.2 系统的概念	1
1.1.3 信号与系统的联系	2
1.2 信号	2
1.2.1 信号的分类	2
1.2.2 典型连续信号	8
1.3 信号的基本运算	13
1.3.1 信号的算术运算	13
1.3.2 信号的时间变换	19
1.4 奇异信号	22
1.4.1 阶跃函数	22
1.4.2 冲激函数	25
1.5 信号的 Matlab 实现	33
1.5.1 信号的 Matlab 表示	33
1.5.2 常用信号的 Matlab 仿真	35
1.5.3 信号运算的 Matlab 实现	37
1.6 系统	43
1.6.1 系统分类	43
1.6.2 系统的描述和分析方法	48
1.7 LTI 连续系统响应	52
1.7.1 微分方程的求解	52
1.7.2 冲激响应和阶跃响应	60
1.7.3 卷积积分	65
1.7.4 相关函数	74
1.8 系统时域分析的 Matlab 实现	78
1.8.1 代数方程求解	78
1.8.2 微分方程符号求解	79
1.8.3 连续系统数值求解	82
1.8.4 卷积运算	89
1.8.5 相关函数	92



1.9	习题	95
<b>第2章</b>	<b>连续系统的频域分析</b>	<b>104</b>
2.1	信号正交分解	104
2.1.1	向量正交与正交分解	104
2.1.2	信号正交与正交函数集	105
2.1.3	信号的正交分解(投影)	105
2.2	周期信号的傅立叶级数	106
2.2.1	傅立叶级数的三角形式	106
2.2.2	对称性波形的傅立叶级数特性	109
2.2.3	傅立叶级数的指数形式	110
2.2.4	周期信号的平均功率	110
2.3	周期信号频谱	111
2.3.1	信号频谱的概念	111
2.3.2	典型周期信号频谱	112
2.4	非周期信号频谱	114
2.4.1	傅立叶变换	114
2.4.2	常用函数的傅立叶变换	115
2.5	傅立叶变换的性质	119
2.5.1	线性性质	119
2.5.2	对偶性	119
2.5.3	奇偶虚实性	119
2.5.4	尺度变换	120
2.5.5	移位特性	121
2.5.6	卷积性质	123
2.5.7	微分性质	124
2.5.8	积分性质	125
2.5.9	相关性质	126
2.6	周期信号的傅立叶变换	126
2.6.1	常用周期信号的傅立叶变换	127
2.6.2	一般周期信号的傅立叶变换	127
2.6.3	周期信号傅立叶级数与傅立叶变换关系	128
2.7	能量谱和功率谱	129
2.7.1	帕斯瓦尔能量恒等式	129
2.7.2	能量谱	129
2.7.3	功率谱	130
2.8	LTI系统的频域分析	130
2.8.1	基本信号 $e^{j\omega t}$ 作用于 LTI 系统的响应	131
2.8.2	一般信号作用于 LTI 系统的响应	131
2.8.3	频率响应函数的求法	132

2.8.4	无失真传输与滤波	134
2.8.5	能量谱和功率谱分析	137
2.9	抽样定理	138
2.9.1	信号的抽样	138
2.9.2	时域抽样定理	140
2.9.3	频域抽样定理	141
2.9.4	信号重建	141
2.10	连续系统频域分析的 Matlab 实现	142
2.10.1	傅立叶变换	142
2.10.2	LTI 系统的频域分析	148
2.10.3	信号取样及取样定理	156
2.11	习题	162
<b>第 3 章</b>	<b>连续系统的复频域分析</b>	<b>173</b>
3.1	拉普拉斯变换	173
3.1.1	双边拉普拉斯变换	173
3.1.2	收敛域	174
3.1.3	单边拉普拉斯变换	175
3.1.4	常用函数的单边拉普拉斯变换	176
3.1.5	单边拉普拉斯变换与傅立叶变换的关系	177
3.2	拉普拉斯变换的性质	178
3.2.1	线性性质	178
3.2.2	尺度变换	179
3.2.3	移位特性	179
3.2.4	微分特性	180
3.2.5	积分特性	184
3.2.6	卷积定理	186
3.2.7	初值定理和终值定理	187
3.3	拉普拉斯逆变换	188
3.3.1	查表法	188
3.3.2	部分分式展开法	190
3.4	复频域分析	193
3.4.1	微分方程的变换解	194
3.4.2	系统的 S 域框图	196
3.4.3	电路的 S 域模型	200
3.5	复频域分析的 Matlab 实现	205
3.5.1	拉普拉斯变换	205
3.5.2	微分方程的拉普拉斯变换解	213
3.5.3	系统响应	214
3.6	习题	220





第4章 离散信号及系统分析	227
4.1 离散信号	227
4.1.1 离散信号的表示	227
4.1.2 离散信号的运算	232
4.1.3 离散信号的 Matlab 仿真	237
4.2 离散信号 Z 变换	245
4.2.1 单边 Z 变换	245
4.2.2 双边 Z 变换	246
4.2.3 收敛域	247
4.2.4 常用序列 Z 变换	250
4.2.5 Z 变换的基本性质	251
4.2.6 求 Z 变换的基本方法	259
4.2.7 逆 Z 变换	261
4.2.8 Z 变换的 Matlab 实现	266
4.3 离散信号的傅立叶变换	270
4.3.1 离散时间傅立叶变换(DTFT)	270
4.3.2 周期序列及其傅立叶级数(DFS)	274
4.3.3 四种傅立叶变换的特点和关系	278
4.3.4 离散傅立叶变换(DFT)	278
4.3.5 快速傅立叶变换(FFT)	295
4.3.6 离散信号傅立叶变换的 Matlab 实现	301
4.4 离散系统时域分析	312
4.4.1 系统分类	312
4.4.2 离散系统的差分方程描述	313
4.4.3 离散方程的经典解法	314
4.4.4 单位样值响应	316
4.4.5 线性卷积	316
4.4.6 离散系统时域分析的 Matlab 实现	318
4.5 离散系统 Z 域分析	326
4.5.1 差分方程的变换解	327
4.5.2 系统的 Z 域框图	330
4.5.3 离散系统的频率响应	332
4.5.4 离散系统 Z 域分析的 Matlab 实现	337
4.6 习题	346
第5章 系统函数与结构	353
5.1 系统函数与系统特性	353
5.1.1 系统函数的零极点分布图	353
5.1.2 系统函数与因果性和稳定性	354
5.1.3 系统函数与时域响应	355

5.1.4	系统函数与频率响应 .....	357
5.1.5	零极点及频率响应的 Matlab 分析 .....	358
5.2	系统信号流图 .....	361
5.2.1	信号流图 .....	361
5.2.2	梅森公式 .....	366
5.3	系统结构 .....	367
5.3.1	直接形式 .....	367
5.3.2	级联形式 .....	369
5.3.3	并联形式 .....	370
5.3.4	系统结构的 Matlab 实现 .....	374
5.4	习题 .....	380
<b>第 6 章</b>	<b>Matlab 软件使用 .....</b>	<b>388</b>
6.1	Matlab 在信号与系统中的应用 .....	388
6.2	Matlab 软件的环境介绍 .....	388
6.3	Matlab 数值运算 .....	390
6.3.1	算术运算 .....	390
6.3.2	向量运算 .....	393
6.3.3	矩阵运算 .....	396
6.3.4	多项式数值计算 .....	403
6.3.5	数据统计分析 .....	407
6.3.6	数字信号处理 .....	414
6.4	Matlab 符号运算 .....	435
6.4.1	变量定义 .....	435
6.4.2	符号四则运算 .....	437
6.4.3	函数运算 .....	438
6.4.4	微积分运算 .....	443
6.4.5	信号处理 .....	448
6.4.6	方程求解 .....	450
6.4.7	变量数据类型转换 .....	453
6.5	Matlab 基本绘图 .....	455
6.5.1	数值函数绘图 .....	455
6.5.2	符号函数绘图 .....	464
6.6	M 文件 .....	469
6.6.1	M 脚本文件及 M 函数文件 .....	469
6.6.2	局部变量和全局变量 .....	470
6.7	Matlab 程序流程控制 .....	470
6.7.1	for 循环结构 .....	470
6.7.2	while 循环结构 .....	471
6.7.3	if 分支结构 .....	471



6.7.4	switch 分支结构 .....	472
6.8	Matlab 命令函数表 .....	473
6.8.1	管理命令和函数 .....	473
6.8.2	管理变量和工作空间命令 .....	474
6.8.3	与文件和操作系统有关的命令 .....	474
6.8.4	窗口控制命令 .....	474
6.8.5	启动和退出命令 .....	475
6.8.6	一般 Matlab 信息 .....	475
6.8.7	运算符和特殊字符 .....	475
6.8.8	逻辑函数 .....	476
6.8.9	三角函数 .....	476
6.8.10	指数函数 .....	477
6.8.11	复数函数 .....	477
6.8.12	数值函数 .....	477
6.8.13	基本矩阵生成函数 .....	478
6.8.14	特殊变量和常数 .....	478
6.8.15	时间和日期函数 .....	479
6.8.16	矩阵操作命令 .....	479
6.8.17	矩阵分析命令 .....	479
6.8.18	线性方程函数 .....	480
6.8.19	特征值和奇异值函数 .....	480
6.8.20	矩阵函数 .....	480
6.8.21	泛函-非线性数值函数 .....	481
6.8.22	多项式函数 .....	481
6.8.23	建立和控制图形窗口命令 .....	482
6.8.24	建立和控制坐标系命令 .....	482
6.8.25	句柄图形操作 .....	482
6.8.26	打印和存储命令 .....	483
6.8.27	绘制基本 X-Y 图形命令 .....	483
6.8.28	绘制特殊 X-Y 图形命令 .....	483
6.8.29	图形注释命令 .....	484
6.8.30	Matlab 编程语言函数 .....	484
6.8.31	程序流程控制 .....	484
6.8.32	交互输入 .....	484
6.8.33	一般字符串函数 .....	485
6.8.34	字符串比较函数 .....	485
6.8.35	字符串与数值类型转换函数 .....	485
6.8.36	十进制与十六进制数转换函数 .....	486
6.8.37	建模命令 .....	486

6.8.38	系统模型转换函数.....	486
6.8.39	系统模型化简函数.....	487
6.8.40	系统模型实现函数.....	487
6.8.41	系统模型特性.....	487
6.8.42	时域响应.....	488
6.8.43	频域响应.....	488
6.8.44	根轨迹函数.....	489
6.8.45	增益控制函数.....	489
6.8.46	方程求解.....	490
6.8.47	演示示例.....	490
6.8.48	实用工具.....	490
习题参考答案.....		492
参考文献.....		566

# 第1章 连续系统的时域分析

## 1.1 绪论

什么是信号？什么是系统？为什么把这两个概念联系在一起？

### 1.1.1 信号的概念

**客观事物**：自然界客观存在的实物。如声、光、电、磁、矿物、植物、动物等。

**信息(information)**：通常把对客观事物的描述内容称为信息。如对人的描述用姓名、性别、籍贯、出生日期等信息描述。商品广告上的文字、图像、声音就是对商品信息的表述。多媒体信息是指数值、文字符号、语音、图像和视频。

**数字信息**：用数值表示信息，即信息数值化。如文字通过编码表示，图像通过像素编码表示，音量通过电流大小表示。

**信号(signal)**：信号是自然界物理属性，是信息的载体。通过信号传递信息。日常生活中经常使用信号，如声信号：上课铃声表示该上课了，防空警报声表示空中有危险；光信号：十字路口的红绿灯用于指挥交通，烽火台的火光表示有险情；电磁波信号：无线电台发送的无线电波；电信号：电视机处理的图像视频信号，表示电视节目内容；磁信号：电脑中磁盘存储的信号，表示电脑存储的信息内容。

**电子信号(电子信息)**：用电流或电压表示信号，通常称电子信号或电子信息。

### 1.1.2 系统的概念

信号的产生、传输和处理需要一定的物理装置，这样的物理装置称为系统。一般而言，系统指若干相互关联的事物组合而成具有特定功能的整体。如：人本身就是一个超智能系统，可以处理客观世界的各种信息；手机、电视机、通信网、计算机网等都可以看成一个电子系统，它们所处理的语音、音乐、图像、视频、文字等都可以看成信号。

系统的基本作用是对信号进行传输和处理，如图 1.1.1 所示。



图 1.1.1 系统框图



通信系统是为传送信息而装设的全套技术设备,如图 1.1.2 所示。

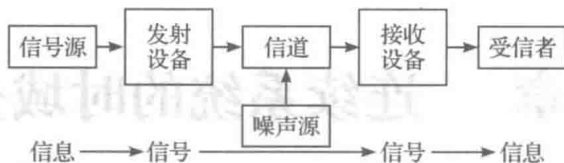


图 1.1.2 通信系统

### 1.1.3 信号与系统的联系

系统是用来产生或处理信号的。

**信号产生:**如系统振荡产生正弦信号、脉冲信号等。

**信号处理:**对信号进行某种加工或变换。信号处理目的是:(1)消除信号中多余的内容;(2)滤除混杂的噪声和干扰;(3)将信号变换成容易分析与识别的形式,便于估计和选择信号的特征参量。信号处理的应用已遍及各种科学技术领域。

**信号传输:**通信的目的是实现信息的传输。例如:

- (1) 原始的光通信系统。如古代利用烽火传送边疆警报。
- (2) 声音信号的传输。如击鼓鸣金,即古时两军作战时用鼓和金发号施令,击鼓则进,鸣金则退。
- (3) 利用电信号传送消息。如电报、电话、视频。
- (4) 利用电磁波传送无线电信号。如收音机、手机、美国全球定位系统 GPS(global positioning system)、中国北斗卫星导航系统(Beidou navigation satellite system, BDS)。

## 1.2 信号

信号是信息的一种物理体现。它一般是随时间变化(如声音信号)或位置变化(如图像信号)的物理量。在数学上,信号表示为一个或多个自变量的函数。

信号按物理属性分为电信号和非电信号。它们可以利用传感器相互转换。电信号容易产生,便于控制,易于处理。本书讨论的是电信号,简称“信号”。电信号的基本形式是随时间变化的电压或电流。

**描述信号的常用方法:**

- (1) 信号的函数表示。一般表示为时间变量的数学函数。
- (2) 信号的波形表示。根据数学函数,绘制出其随时间变化的波形图像。

### 1.2.1 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) 按实际用途划分,有电视信号、雷达信号、控制信号、通信信号、广播信号等。
- (2) 按所具有的时间特性划分,有确定信号和随机信号、连续信号和离散信号、周期信

号和非周期信号、左边信号与右边信号、因果信号与反因果信号、实信号与复信号、能量信号与功率信号、一维信号与多维信号等。下面介绍几种常用信号。

### 1.2.1.1 确定信号和随机信号

如果对于指定的某一时刻  $t$ , 有确定的函数值  $f(t)$  与之对应的信号, 则称为确定信号。如图 1.2.1(a) 为一个线性斜坡信号, 在  $t_1$  时刻, 对应的数值为  $y_1$ ; 在  $t_2$  时刻, 对应的数值为  $y_2$ 。确定信号可以用函数解析式、图表和波形来表示。

如果事先无法确定一个信号的变化值, 也无法预先知道其变化规律, 则称该信号为随机信号。如图 1.2.1(b) 所示为一个随机信号。在实际工作中, 系统总会受到各种干扰信号的影响, 这些干扰信号不仅在不同时刻的信号值是互不相关的, 而且在任一时刻信号的幅值和相位都是在不断变化的。因此, 从严格意义上讲, 绝大多数信号都是随机信号。只不过我们在研究信号与系统时, 常常忽略一些次要的干扰信号, 主要研究占统治地位的信号的性质和变化趋势。本书主要研究确定信号。

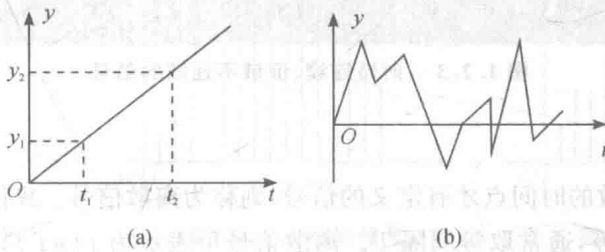


图 1.2.1 信号波形

### 1.2.1.2 连续信号和离散信号

#### 1. 连续时间信号

在连续的时间范围内 ( $-\infty < t < \infty$ ) 有定义的信号, 简称连续信号。用  $t$  表示连续时间变量。

注意: 这里的“连续”指函数的定义域(时间变量)是连续的, 但可含间断点。至于值域, 可连续(如图 1.2.2 所示), 也可不连续(如图 1.2.3 所示)。

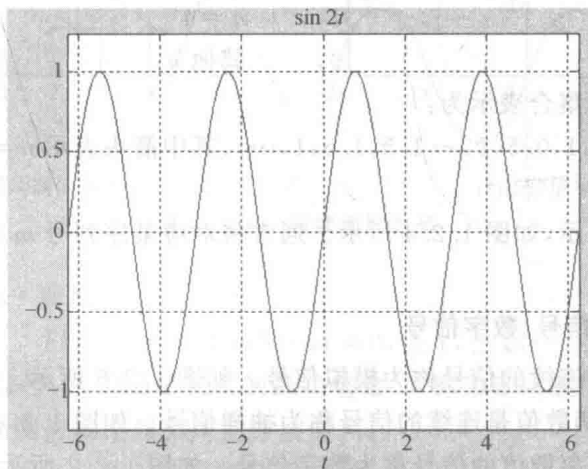


图 1.2.2 时域连续、值域连续的信号

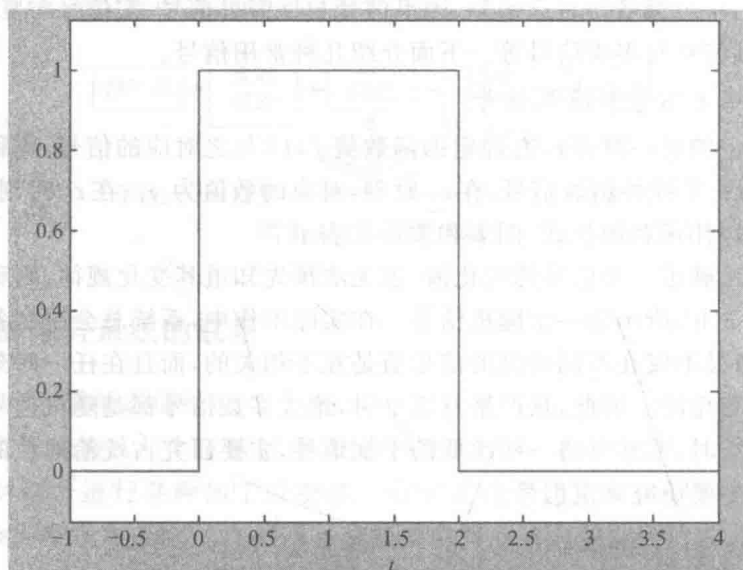


图 1.2.3 时域连续、值域不连续的信号

## 2. 离散时间信号

如果仅在一些离散的时间点才有定义的信号,则称为离散信号。离散点间隔  $T_n = t_{n+1} - t_n$  可以等间隔也可不等,通常取等间隔  $T$ 。离散信号可表示为  $f(nT)$ ,简称为  $f(n)$ ,这种等间隔的离散信号也常称为序列,其中  $n$  称为序号(离散时间变量)。序列可以表示成函数形式,也可以直接列出序列值或写成序列值的集合,还可以用波形表示。

如一离散信号用表达式表示为:

$$f(n) = \begin{cases} 1, & n = -1 \\ 0.5, & n = 0 \\ 2, & n = 1 \\ -1.5, & n = 2 \\ 1.5, & n = 3 \\ 1, & n = 4 \\ 0, & \text{其他 } n \end{cases}$$

它可以用序列值的集合表示为:

$$f(n) = \{\dots, 1, 0.5, 2, -1.5, 1.5, 1, \dots\}, \text{其中箭头表示 } n = 0 \text{ 的位置}$$



它也可以用图形表示,如图 1.2.4 所示。通常将对应某序列号  $m$  的序列值称为第  $m$  个样点的“样值”。

## 3. 模拟信号、抽样信号、数字信号

时间和函数值均为连续的信号称为模拟信号。如图 1.2.5 所示。

时间是离散值,而函数值是连续的信号称为抽样信号。如图 1.2.6 所示。

时间和函数值均为离散值的信号称为数字信号。如图 1.2.7 所示。

连续信号与模拟信号、离散信号与数字信号经常通用。



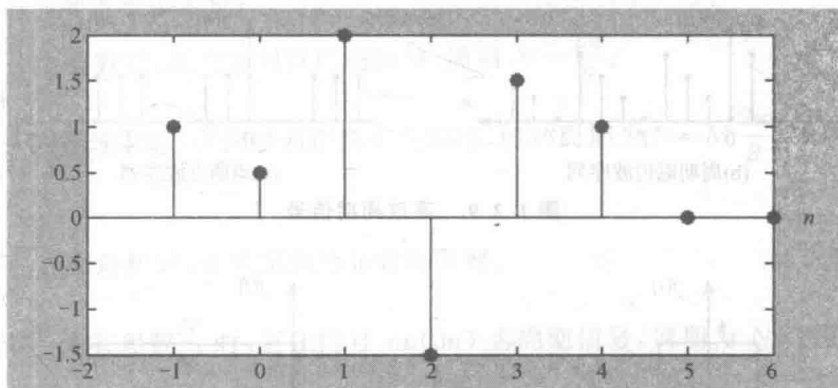


图 1.2.4 离散信号

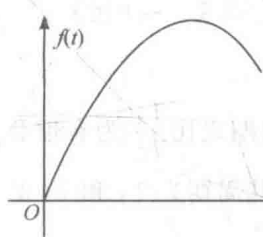


图 1.2.5 模拟信号

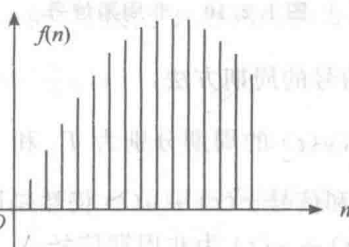


图 1.2.6 抽样信号

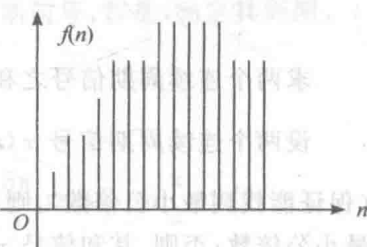


图 1.2.7 数字信号

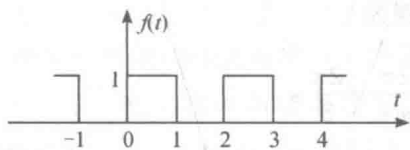
### 1.2.1.3 周期信号和非周期信号

定义在 $(-\infty, \infty)$ 区间,每隔一定时间 $T$ (或整数 $N$ ),按相同规律重复变化的信号。

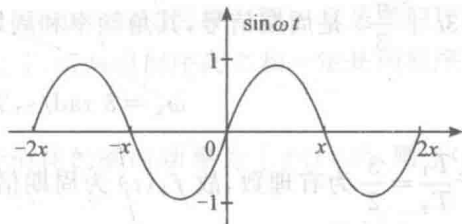
(1) 连续信号 $f(t)$ 满足关系式

$$f(t) = f(t + mT), m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

的信号称为周期信号,式中满足关系的最小 $T$ 称为该周期信号的周期。如图 1.2.8(a)(b)分为方波周期信号和正弦信号。



(a)方波周期信号



(b)正弦信号

图 1.2.8 连续周期信号

(2) 离散信号 $f(n)$ 满足

$$f(n) = f(n + mN), m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

的信号称为离散周期信号,式中满足关系的最小整数 $N$ 称为该离散周期信号的周期。如图 1.2.9(a)(b)分为周期锯齿波序列和周期方波序列。

(3) 不具有周期性的信号称为非周期信号。如图 1.2.10(a)(b)分为矩形脉冲信号和单位阶跃信号。