

 国外名校最新教材精选

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

线性系统与信号

Linear Systems and Signals

B. P. LATHI

B.P. 拉兹 著
刘树棠 王薇洁 译

(第2版)



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

 国外名校最新教材精选

Linear Systems and Signals
(Second Edition)

线性系统与信号

(第2版)

B. P. Lathi
Professor Emeritus of Electrical Engineering
California State University, Sacramento

[美] B. P. 拉兹 著

刘树棠 王薇洁 译

刘树棠 审校



西安交通大学出版社

Xi'an Jiaotong University Press

内容简介

本书全面系统地论述了线性系统与信号分析的基本理论和方法。全书除“背景知识”一章外共 10 章,内容包括:信号与系统,连续时间系统时域分析与拉普拉斯变换分析,离散时间系统时域分析与 z 变换分析,连续时间与离散时间信号的傅里叶分析,采样以及状态空间分析等。每章有足够数量的例题和附有答案的练习题,章末还有丰富多彩的习题。各章还配有单独的“MATLAB 课时”供读者学习和应用。单立的“背景知识”一章汇集了本课程以及后续课程经常用到的一些基础知识和常用公式。

本书内容的深度与广度与国内各大学开设的“信号与系统”及类似课程所涉及的完全吻合,既可作为各专业开设此类课程的教材使用,也可以供从事信息获取、转换、传输及处理工作的研究生、教师和广大科技工作者参考。

Copyright © 2004 by Oxford University Press
This translation of *Linear Systems and Signals*, 2E, originally published in English in 2004, is published by arrangement with Oxford University Press, Inc.

本书中文简体字翻译版由牛津大学出版社授权西安交通大学出版社独家出版发行。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制和抄袭本书的任何部分。

陕西省版权局著作权合同登记号:25-2005-020 号

图书在版编目(CIP)数据

线性系统与信号:第 2 版/(美)拉兹著;刘树棠,王薇洁译. —西安:西安交通大学出版社,2006.4
(国外名校最新教材精选)
书名原文:Linear Systems and Signals
ISBN 7-5605-2174-6

I. 线... II. ①拉... ②刘... ③王... 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(2006)第 025235 号

书 名:线性系统与信号
著 者:[美]B. P. 拉兹
译 校 者:刘树棠 王薇洁
出版发行:西安交通大学出版社
地 址:西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)
电 话:(029)82668357 82667874(发行部)
(029)82668315 82669096(总编办)
电子邮件:xjtupress @ 163.com
印 刷:西安交通大学印刷厂
字 数:1305 千字
开 本:787mm×1092mm 1/16
印 张:47.75
印 次:2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷
印 数:0 001~4 000
书 号:ISBN 7-5605-2174-6/TN·85
定 价:69.00 元

版权所有 侵权必究

译者前言

B. P. 拉兹(Lathi)教授及其多部著作早已被我国广大同行所熟悉。远在 20 世纪六七十年代,他所著的教材就被引入国内而受到重视,并对我国改革开放后有关教材的体系变化、内容更新和改革有过重要的影响。

拉兹教授在他一生的教学生涯中,到目前为止,在信号与线性系统、信号处理、控制及通信等领域共出版了 7 部教材(见作者简介),其中多部被一再修订再版。这些书多数均被我国同行作者引用为参考教材。本书第 1 版于 1992 年出版,本次译本是原著第 2 版的 2005 年版本。

作者在前言中已就本书的特色和变化作过介绍。总的来说,本书内容的广度和深度与我国大学本科所开设的“信号与系统”或类似课目的课程所涉及的并无异样,可以说是完全吻合的,只不过是内容组织和处理上不尽相同。本书以单边变换为主,并先讨论系统分析的拉普拉斯和 z 变换,再讨论信号分析的傅里叶变换。诸如此类的问题,笔者认为这些都是一个可以讨论并且一定还是一个见仁见智的问题,不打算在此给予评论。除了作者在前言中所提到的特色外,笔者认为本书还是有不少独到之处。首先比较贴近实际,作者总是力图将一些抽象的定义、信号和概念与实际和实际应用挂钩,启发读者思考并求得理解和深化。这些方面可以说是遍及全书而不厌其烦。其次,本书写得非常细。在学习过程中可能会引发读者疑惑的很多地方都几乎一一提到,并竭力用各种各样的比拟、模仿来给予阐明。对于这种写法可能又是一个见仁见智的问题,但读者或许会比较满意。最后,在一些重要而又难以理解的概念(如混叠及其后果等)阐述上确有不少独到之处。与笔者曾译过的 A. V. Oppenheim 等著《信号与系统》(西安交通大学出版社,1998)一书相比,笔者认为本书作者及其有关著作是另一种体系和风格的代表人物和代表作之一,而且在我国各高校仍有较大需求。

本书中文版有几点需作说明。第一,全书作者用了 5 幅带有诙谐、幽默甚至调侃性质的漫画用以释疑或点破某一难点或论题,借以调动读者兴趣。笔者曾将画中的文字部分逐一译出。但是译后看来总觉什么地方不够到位,似乎意犹未尽而又想不出更合适的译法。所以,最后决定不将它们译出,原汁原味留给读者课余饭后互相切磋琢磨。这样既不影响内容的完整性,又能增加读者对英语和专业的学习兴趣。第二,本书在通常情况下也不区分正弦和余弦信号,统称正弦信号(Sinusoid),只有必要时才区分正弦(Sine)和余弦(Cosine)信号。因此,在译文中会常有“正弦信号”后边出现“ $\cos t$ ”的情况,这不是笔者的粗心或笔误,而是原文如此。实际上,正弦和余弦只不过是参考点的取法不同,并无实质性差异。最后,原文中有个别地方含有一些哲理性的内容,限于译者水平不太有把握,而在译出中文的同时将原文也一并给出供读者鉴赏,以免误人。

在本书的翻译过程中始终有幸得到西安交通大学大学外语部英语系杨婕老师的鼎力相助。她在教学工作异常繁忙之际,对笔者提出的难点和疑点都给予认真的求证、校核和解答。没有她的无私帮助,中译本是不可能如此之快地与读者见面的,笔者对她所给予的帮助表示衷

心感谢。王薇洁同学为本书译了第2章和第3章,以及每一章最后的“MATLAB 课时”部分。笔者对她所译部分均作了仔细校对。王薇洁同学系本校在读研究生,第一次正式参加译书工作就表现出良好的专业素质和英语水平,工作踏实、认真负责,十分难能可贵。她在紧张繁忙的学习和科研工作之余,仍挤出时间为笔者分担了任务,在此也致以诚挚谢意。感谢在读研究生余小玲、许晶和王薇洁三位同学完成了最后译稿校对任务。西安交通大学出版社赵丽萍编审多年来一直支持笔者的翻译工作,在这本书中尤其如此,谢谢了!

这本书译得非常辛苦,一方面是篇幅太大,又想在半年内赶译出来以便早日能与读者见面;更为主要的是“廉颇老矣”!即将步入古稀之年的笔者要在半年之内,用手写完成这部译著确实有些自不量力和不识时务,其间几次都累得几乎难以为继,但最后还是挺了过来,所幸终于完成了。自1998年以来,笔者已连续翻译了11本著作,大多是当年出版的美国一些名校著名教授写的名著。在这项工作中既备受艰辛,也享受愉悦。一些教材在国内得到较好反响,取得了较好的社会效益,笔者能为及时引进国外优秀教材做了一点工作,甚感欣慰。这些译著除两本外都由西安交通大学出版社出版。此次可能是笔者最后一本译著了!此时此刻,不得不令人想到已故西安交通大学出版社前社长叶尚思编审,是他于1985年在极为困难的条件下,为我提供机会果断出版了我的第一本译著,才有了随后一段乐此不疲的历程,让我享受了人生。我愿借此机会向他表示深深谢意和深切怀念,他虽然离开我们已有多年,但仍时常有人念叨。前任总编朱兆雪编审,前任社长和总编杨鸿森教授,现任社长兼总编林全编审,白居易和赵丽萍编审,叶涛和伍胜副编审,贺峰涛和秦茂盛编辑,以及薛玲玲、程文卫、赵志良等诸多同志,我都从他(她)们那里得到过很多有效帮助和支持,借此也一并谢谢了。多年来,最为煎熬和委曲的当属我的妻子孙漪教授,她为我的工作甘愿奉献,默默无闻,任劳任怨,作出了最大的贡献和牺牲,也借此一角向她表示由衷的歉意和深深的谢意。

对于译文和出版当中的缺点和错误以及不当之处,欢迎批评指正。

刘树棠

2005年7月于西安交通大学

作者简介

B. P. 拉兹(Bhagwandas Pannalal Lathi)原籍印度。在印度 Poona University 获电信工程学士学位后,赴美先后获 University of Illinois 电气工程硕士学位,Stanford University 电气工程博士学位,之后在这两所大学做过短期研究助理,还在纽约州通用电气电子实验室(General Electric's Electronics Laboratory, Syracuse, NY)做过研究工程师,1962 年成为 Bradley University 电气工程系副教授。从此,一生从事教学和研究工作。现为 California State University (Sacramento)荣誉退休电气工程教授(Professor Emeritus of Electrical Engineering)。一生成果颇丰,著作等身。他的主要著作有:

1. Signals, Systems and Communication, John Wiley & Sons Inc. ,1965
2. Communication Systems, John Wiley & Sons Inc. ,1968
3. Signals, Systems and Controls, Intext Educational Publishers, 1973
4. Signals and Systems, Berkeley-Cambridge Press, 1987
5. Modern Digital and Analog Communication Systems,
Holt Rinehart and Winston; 2nd edition, 1989.
Oxford University Press; 3rd edition, 1998
6. Linear Systems and Signals,
Berkeley-Cambridge Press, 1992.
Oxford University Press, 2nd edition, 2004
7. Signal Processing and Linear Systems, Oxford University Press, 1998

作者前言

《线性系统与信号》这本书在一种基础性的水平上将信号与线性系统给出了一种综合性论述。像我的所有著作一样,通过启发式的推理,并利用各种比喻、模仿以及一些富有创造性想象力的阐述以强调各种概念的物理内涵。这种途径与单纯采用数学符号运算的纯演绎方法是完全不同的。总是有那么一种想法,要将工程问题的论述当作应用数学的一个分支来对待,这种做法正好与将工程课程看作一种单调乏味的课目的普遍印象相吻合。它忽视了隐藏在各种推导背后的物理意义,并且剥夺了一个学生对问题本身可推想而知的直观理解并由此带来的愉悦感受。这本书用了不太多的数学来证明公理性的理论,用以支撑和增强物理的和直观的理解。只要有可能,理论上的结果都会以启发式的方式给予解释,并由精心挑选的例子和比拟给予深化。

本书的第2版在结构组织上是与第1版相同的,但是吸取了来自各方面所提供的建议 and 变化并做了提炼。增添的部分包括波特图,将已设计的模拟系统用脉冲响应不变法的数字滤波器应用,无穷级数的收敛,带通系统,群时延与相时延以及傅里叶分析在通信系统中的应用等等。在 MATLAB® (这是 MathWorks, Inc. 的注册商标) 方面显著而大幅度的增加是由 North Dakota State University (北达科他州立大学) 的 Roger Green 博士提供的。Green 博士在本前言的结尾部分详述了他的贡献。

组织结构

本书可设想为划分成五个部分:

1. 导论(背景知识和第1章)。
2. 线性时不变(LTI)系统的时域分析(第2,3章)。
3. LTI系统的频(变换)域分析(第4,5章)。
4. 信号分析(第6~9章)。
5. LTI系统的状态空间分析(第10章)。

在讲授连续时间和离散时间概念方面,本书的组成还容许有更多的灵活性。各章的自然顺序是表明欲将连续时间分析和离散时间分析作为一个整体来对待的。利用这样一种顺序途径也是可能的,即先覆盖全部连续时间分析(第1,2,4,6,7和第8章),再跟着离散时间分析(第3,5和第9章)。

使用本书的建议

本书很容易裁剪为横跨30~45课时的各种课程。前8章的大部分内容可以很轻松地在大约45课时内覆盖,仅包含模拟部分的内容(第1,2,4,6,7章和精选第8章的某些内容)可以用作30课时的课程。另外,也可以选取第1~5章的内容专门用作系统分析或变换技术方面

的课程。为了将连续和离散时间系统作为一个整体(或并列)方式来讨论,合适的章次顺序是第 1,2,3,4,5,6,7 和第 8 章。对于先集中讨论连续时间分析再紧随离散时间分析的顺序方式,合适的章次顺序是第 1,2,4,6,7,8,3,5 和第 9 章(取决可利用的时间)。

按常规来说,傅里叶变换应放在拉普拉斯变换的前面。事实上,在另一本姊妹篇的书 *Signal Processing and Linear Systems*(Oxford,1998)中就用的是这种方法。然而,相当多的教师都感到学生们在学完拉普拉斯变换后再学习傅里叶变换会更容易些。由于在难度上要有一个渐进的过程,所以对这样一种途径就有特别的需求,这本书就是为兼容这一观点而写就的。对于那些仍希望将傅里叶变换放在拉普拉斯变换之前讲授的教师可用 *Signal Processing and Linear Systems* 一书。

本书特点

本书的主要特点包括以下几点:

1. 全书突出概念的直观性和启发式理解,以及数学结果的物理意义。对学生来说,这种做法不仅导致对各种概念的深入理解和易于领悟,而且会使他们对学习感受乐趣。

2. 不少学生在诸如复数、正弦、快速画出函数波形变化、部分分式展开、克莱姆法则和矩阵代数等基本知识方面掌握不够全面和充分,所以另添一章专门介绍这些在电气工程中普遍遇到的基本内容,受到学生的一致赞同。

3. 为了测试学生的理解程度,除了练习题(通常都有答案)外还有多达 200 多道已解出的例题。章末还有大量的不同难度的精选习题。

4. 对于想让学生涉及计算机的教师来说,借助于 MATLAB 已经拟就了若干例题,而 MATLAB 在当今电气工程课目中已经成为标准软件包。在每章末还附有一节 MATLAB 课时。在习题中含有若干计算机方面的题。利用计算机的这些例题和习题对于使用本书来说虽不是绝对必要的,但是还是竭力予以推荐。

5. 离散时间和连续时间系统可以按先后次序集中讨论,也可以采用并列方式作为整体来讨论。

6. 每章末的小结有助于学生总结出在这一章所得到的主要结论。

7. 若干历史背景材料可增强学生对本专题的兴趣,这些内容将学生引入到曾影响电气工程发展的那些历史背景中去。

材料出处说明

承蒙 Smithsonian Institution Libraries 恩准,重印了 Gauss(高斯),Laplace(拉普拉斯),Heaviside(海维赛德),Fourier(傅里叶)以及 Michelson(米切尔森)等的肖像。承蒙 The Library of Congress 的恩准重印了 Cardano(卡丹)和 Gibbs(吉布斯)的画像。经 Bettamann/Corbis 允许重印了 Napoleon(拿破仑)的雕像。

致谢

在本书的筹划过程中已经得到多位朋友的帮助。对于几位审阅者的建设性意见本人非常感激。最为让我感激的是 Columbia University 的 Yannis Tsividis 教授,他对本书给出了全面、深透而细致的反馈意见。对另一位全书的审阅者 Roger Green 教授也表示深切的谢意。

感谢 Tennessee Technological University 的 Joe Anderson 教授, University of Texas at Arlington 的 Kai S. Yeung 教授和 University of Alabama at Huntsville 的 Alexander Poularikis 教授所作的富有创见性的评阅。对于以下诸位提出的有益建议也一并表示感谢: University of Memphis 的 Babajide Familoni 教授, Duke University 的 Leslie Collins 教授, University of Arizona 的 Rajgopalan 教授, 以及 U. S. Air Force Research Laboratory 的 William Edward Pierson 教授等。唯有写书的人才会明白, 完成这样一本书是耗时巨大的工作, 它会给家庭成员带来很多磨难, 而其中最为甚者当属他的妻子。因此除了感谢我的妻子 Rajani 外, 我要说的是她为此作出了大量而且是无形的牺牲。

B. P. Lathi(拉兹)

MATLAB

MATLAB 是一种高级语言, 作为一种功能强大的工具用在范围广泛的各个领域都能对问题求得更为透彻的理解, 其中包括控制理论, 滤波器设计, 自然还有线性系统与信号。MATLAB 灵活的编程结构提升了快速开发和分析过程, 突出的可视化功能提供了深入了解系统行为和信号特征的能力。通过使用 MATLAB 对课程的探究, 会大大提高你对课程内容的兴趣和理解。

和其他任何语言一样, 学习 MATLAB 也是需要一步一步逐渐积累的, 并且要求实际操作。本书提供了两个层次的 MATLAB 内容。第一个是一些短小的计算机例子, 它们穿插在全书当中用以强化概念和完成各种计算。这些例子利用了标准的 MATLAB 函数, 以及从控制系统、信号处理和符号数学工具箱中引入的一些函数。MATLAB 有很多工具箱可资利用, 但是这三种工具箱在许多工程系科是常常用到的。

第二个层次也是稍深一些的 MATLAB 内容, 是由每章末尾用单独的 MATLAB 课时来完成的。将这些合在一起, 这 11 个部分的课时内容为 MATLAB 环境提供了一个完整的介绍, 即便是一位初学者, 通过这些也能很快达到熟练和胜任应用 MATLAB。这些课时为如何应用 MATLAB 来解决在线性系统与信号中的问题给出了详细的操作指南。除了最后一章外, 在其余章的 MATLAB 课时中都特别小心, 以避免使用工具箱中的函数。相反, 要将读者引领到建立他们自己代码的过程中。这样一来, 对于不用工具箱进入的这些读者并不是一种损失。

全部计算机代码都可以从网上获得(www.mathworks.com/support/books)。位于某一章的计算机例题的代码, 例如 xx 章, 则命名为 CE_{xx}. m。由 MATLAB 课时 xx 中的程序 yy 则命名为 MS_{xx}Py_y. m。另外, 每一单独的 MATLAB 课时的全部代码命名为 MS_{xx}. m。

Roger Green(罗杰·格林)

目 录

译者前言

作者简介

作者前言

第 B 章 背景知识

B.1 复数	(1)
B.1-1 历史回顾	(1)
B.1-2 复数代数	(4)
B.2 正弦信号	(13)
B.2-1 正弦相加	(15)
B.2-2 用指数表示正弦:欧拉(Euler)公式	(17)
B.3 概略画出信号波形	(17)
B.3-1 单调指数	(17)
B.3-2 指数变化的正弦信号	(18)
B.4 克莱姆(Cramer)法则	(19)
B.5 部分分式展开	(21)
B.5-1 消去分式法	(21)
B.5-2 海维赛德(Heaviside)“掩盖(Cover-Up)”法	(22)
B.5-3 $Q(x)$ 的重复因式	(25)
B.5-4 海维赛德“掩盖”法和消去分式法的混合应用	(26)
B.5-5 $m=n$ 的假有理函数 $F(x)$	(27)
B.5-6 修正的部分分式	(28)
B.6 向量和矩阵	(28)
B.6-1 几个定义和性质	(29)
B.6-2 矩阵代数	(30)
B.6-3 矩阵的导数和积分	(34)
B.6-4 矩阵特征方程:凯利-哈密顿(Cayley-Hamilton)定理	(35)
B.6-5 矩阵指数和矩阵幂的计算	(37)
B.7 其他	(38)
B.7-1 洛必达(L'Hôpital)法则	(38)
B.7-2 泰勒(Taylor)和马克劳林(Maclaurin)级数	(38)
B.7-3 幂级数	(38)

B.7-4 求和公式	(38)
B.7-5 复数	(39)
B.7-6 三角恒等式	(39)
B.7-7 不定积分	(40)
B.7-8 常用导数公式	(41)
B.7-9 几个有用的常数	(41)
B.7-10 二次和三次方程的解	(42)
参考文献	(42)
MATLAB 课时 B:初步操作	(43)
习题	(51)

第1章 信号与系统

1.1 信号的大小	(56)
1.1-1 信号能量	(56)
1.1-2 信号功率	(56)
1.2 几种有用的信号运算	(60)
1.2-1 时间移位	(60)
1.2-2 时间尺度变换	(61)
1.2-3 时间倒置(反转)	(63)
1.2-4 组合运算	(64)
1.3 信号分类	(64)
1.3-1 连续时间和离散时间信号	(64)
1.3-2 模拟和数字信号	(65)
1.3-3 周期和非周期信号	(66)
1.3-4 能量和功率信号	(67)
1.3-5 确定性和随机信号	(68)
1.4 几个有用的信号模型	(68)
1.4-1 单位阶跃函数 $u(t)$	(68)
1.4-2 单位冲激函数 $\delta(t)$	(71)
1.4-3 指数函数 e^{at}	(73)
1.5 偶函数与奇函数	(75)
1.5-1 奇、偶函数性质	(75)
1.5-2 信号的奇偶分量	(76)
1.6 系统	(77)
1.7 系统分类	(78)
1.7-1 线性与非线性系统	(78)
1.7-2 时不变与时变系统	(82)
1.7-3 瞬时与动态系统	(83)
1.7-4 因果与非因果系统	(83)

1.7-5 连续时间与离散时间系统	(85)
1.7-6 模拟与数字系统	(86)
1.7-7 可逆与不可逆系统	(86)
1.7-8 稳定与不稳定系统	(87)
1.8 系统模型:输入-输出描述	(87)
1.8-1 电气系统	(87)
1.8-2 机械系统	(89)
1.8-3 机电系统	(92)
1.9 系统的内部和外部描述	(93)
1.10 内部描述:状态空间描述	(95)
1.11 小结	(98)
参考文献	(100)
MATLAB 课时 1:使用函数	(100)
习题	(105)

第 2 章 连续时间系统的时域分析

2.1 引言	(116)
2.2 系统对内部条件的响应:零输入响应	(117)
2.2-1 关于系统零输入行为的剖析	(124)
2.3 单位冲激响应 $h(t)$	(125)
2.4 系统对外部输入的响应:零状态响应	(128)
2.4-1 卷积积分	(130)
2.4-2 卷积运算的图形解释	(136)
2.4-3 互联系统	(145)
2.4-4 对于 LTIC 系统的一种特别函数:无始无终的指数 e^{st}	(147)
2.4-5 完全响应	(148)
2.5 微分方程的经典解法	(149)
2.5-1 强迫响应:待定系数法	(150)
2.6 系统稳定性	(156)
2.6-1 内部(渐近)稳定	(157)
2.6-2 BIBO 与渐进稳定之间的关系	(159)
2.7 系统行为的直观剖析	(161)
2.7-1 系统行为对特征模式的依赖关系	(161)
2.7-2 系统的响应时间:系统时间常数	(163)
2.7-3 系统时间常数与上升时间	(164)
2.7-4 时间常数与滤波	(164)
2.7-5 时间常数与脉冲弥散(展宽)	(165)
2.7-6 时间常数与信息传输速率	(166)
2.7-7 谐振现象	(166)

2.8 附录 2.1: 冲激响应的确定	(167)
2.9 小结	(169)
参考文献	(170)
MATLAB 课时 2: M 文件	(170)
习题	(177)

第 3 章 离散时间系统的时域分析

3.1 引言	(186)
3.1-1 离散时间信号的大小	(187)
3.2 有用的信号运算	(188)
3.3 几个有用的离散时间信号模型	(192)
3.3-1 离散时间脉冲函数 $\delta[n]$	(192)
3.3-2 离散时间单位阶跃函数 $u[n]$	(192)
3.3-3 离散时间指数 γ^n	(193)
3.3-4 离散时间正弦 $\cos(\Omega n + \theta)$	(196)
3.3-5 离散时间复指数 $e^{j\Omega n}$	(196)
3.4 离散时间系统举例	(197)
3.4-1 离散时间系统分类	(203)
3.5 离散时间系统方程	(204)
3.5-1 差分方程的递归(迭代)解法	(205)
3.6 系统对内部条件的响应: 零输入响应	(208)
3.7 单位脉冲响应 $h[n]$	(212)
3.8 系统对外部输入的响应: 零状态响应	(215)
3.8-1 卷积和的图解方法	(220)
3.8-2 互联系统	(224)
3.8-3 LTID 系统的一种特别函数: 无始无终指数 z^n	(226)
3.8-4 完全响应	(227)
3.9 线性差分方程的经典解法	(227)
3.10 系统稳定性: 外部(BIBO)稳定性准则	(232)
3.10-1 内部(渐进)稳定性	(233)
3.10-2 BIBO 稳定与渐进稳定之间的关系	(235)
3.11 系统行为的直观剖析	(237)
3.12 附录 3.1: 一种特殊情况的脉冲响应	(238)
3.13 小结	(238)
MATLAB 课时 3: 离散时间信号与系统	(239)
习题	(243)

第 4 章 连续时间系统的拉普拉斯变换分析

4.1 拉普拉斯变换	(258)
------------------	-------

4.1-1 求反变换	(264)
4.2 拉普拉斯变换性质	(272)
4.2-1 时移	(273)
4.2-2 频移	(275)
4.2-3 时域微分性质	(276)
4.2-4 时域积分性质	(277)
4.2-5 时域卷积与频域卷积	(278)
4.3 微分和微积分方程的求解	(281)
4.3-1 零状态响应	(285)
4.3-2 稳定性	(289)
4.3-3 逆系统	(291)
4.4 电气网络分析:变换网络	(291)
4.4-1 有源电路分析	(298)
4.5 方框图	(300)
4.6 系统实现	(303)
4.6-1 直接 I 型实现	(303)
4.6-2 直接 II 型实现	(305)
4.6-3 级联和并联实现	(307)
4.6-4 转置实现	(309)
4.6-5 采用运算放大器的系统实现	(311)
4.7 反馈和控制中的应用	(315)
4.7-1 一个简单控制系统分析	(317)
4.8 LTIC 系统的频率响应	(321)
4.8-1 对因果正弦输入的稳态响应	(326)
4.9 波特图	(326)
4.9-1 常数 ka_1a_2/b_1b_3 项	(328)
4.9-2 原点的极点(或零点)	(328)
4.9-3 一阶极点(或零点)	(330)
4.9-4 二阶极点(或零点)	(332)
4.9-5 从频率响应求传递函数	(339)
4.10 用配置 $H(s)$ 零极点的滤波器设计	(339)
4.10-1 频率响应与 $H(s)$ 零极点的依赖关系	(339)
4.10-2 低通滤波器	(342)
4.10-3 带通滤波器	(344)
4.10-4 陷波(带阻)滤波器	(344)
4.10-5 实际滤波器及其特性参数	(346)
4.11 双边拉普拉斯变换	(347)
4.11-1 双边拉普拉斯变换性质	(352)
4.11-2 线性系统的双边变换分析	(353)

4.12 小结	(355)
参考文献	(356)
MATLAB 课时 4: 连续时间滤波器	(356)
习题	(364)
第 5 章 离散时间系统的 z 变换分析	
5.1 z 变换	(378)
5.1-1 求反变换	(383)
5.2 z 变换性质	(387)
5.3 线性差分方程的 z 变换解法	(393)
5.3-1 LTID 系统的零状态响应: 传递函数	(395)
5.3-2 稳定性	(399)
5.3-3 逆系统	(399)
5.4 系统实现	(400)
5.5 离散时间系统的频率响应	(405)
5.5-1 频率响应的周期性质	(409)
5.5-2 混叠和采样率	(412)
5.6 从零极点分布求频率响应	(414)
5.7 模拟信号的数字处理	(421)
5.8 拉普拉斯变换与 z 变换之间的联系	(426)
5.9 双边 z 变换	(429)
5.9-1 双边 z 变换性质	(433)
5.9-2 LTID 系统的双边 z 变换分析	(433)
5.10 小结	(435)
参考文献	(436)
MATLAB 课时 5: 离散时间 IIR 滤波器	(436)
习题	(443)
第 6 章 连续时间信号分析: 傅里叶级数	
6.1 周期信号的三角函数型傅里叶级数表示	(456)
6.1-1 傅里叶频谱	(461)
6.1-2 对称性效果	(468)
6.1-3 基波频率和周期的确定	(469)
6.2 傅里叶级数的存在与收敛	(472)
6.2-1 级数收敛	(472)
6.2-2 幅度谱和相位谱在波形形成中的作用	(474)
6.3 指数型傅里叶级数	(479)
6.3-1 指数傅里叶频谱	(481)
6.3-2 帕斯瓦尔(Parseval)定理	(486)

6.4 LTIC 系统对周期输入的响应	(488)
6.5 广义傅里叶级数:信号作为向量	(491)
6.5-1 一个向量的分量	(491)
6.5-2 信号比较和信号分量	(492)
6.5-3 延伸到复信号	(494)
6.5-4 用正交信号集的信号表示	(495)
6.6 D_n 的数值计算	(503)
6.7 小结	(504)
参考文献	(505)
MATLAB 课时 6:傅里叶级数应用	(506)
习题	(511)

第 7 章 连续时间信号分析:傅里叶变换

7.1 非周期信号的表示:傅里叶积分	(519)
7.1-1 傅里叶变换的物理解释	(524)
7.2 几个常用函数的变换	(526)
7.2-1 傅里叶变换与拉普拉斯变换之间的关系	(533)
7.3 傅里叶变换性质	(534)
7.4 信号通过 LTIC 系统	(547)
7.4-1 信号传输失真	(549)
7.4-2 带通系统与群时延	(551)
7.5 理想与实际滤波器	(553)
7.6 信号能量	(556)
7.7 通信系统中应用:幅度调制	(558)
7.7-1 载波抑制双边带(DSB-SC)调制	(559)
7.7-2 幅度调制(AM)	(562)
7.7-3 单边带调制(SSB)	(565)
7.7-4 频分多路复用	(568)
7.8 数据截断:窗函数	(569)
7.8-1 利用窗函数的滤波器设计	(573)
7.9 小结	(574)
参考文献	(575)
MATLAB 课时 7:傅里叶变换	(575)
习题	(580)

第 8 章 采样:从连续到离散的过渡

8.1 采样定理	(590)
8.1-1 实际采样	(594)
8.2 信号重建	(597)

8.2-1 信号重建中的实际困难	(599)
8.2-2 采样定理的几个应用	(606)
8.3 模拟-数字(A/D)转换	(608)
8.4 时域采样的对偶:频谱采样	(610)
8.5 傅里叶变换的数值计算:离散傅里叶变换(DFT)	(612)
8.5-1 DFT 性质	(622)
8.5-2 DFT 应用	(624)
8.6 快速傅里叶变换(FFT)	(627)
8.7 小结	(629)
参考文献	(631)
MATLAB 课时 8:离散傅里叶变换	(631)
习题	(636)
第 9 章 离散时间信号的傅里叶分析	
9.1 离散时间傅里叶级数(DTFS)	(644)
9.1-1 周期信号的离散时间傅里叶级数表示	(645)
9.1-2 周期信号 $x[n]$ 的傅里叶频谱	(646)
9.2 非周期信号的傅里叶积分表示	(651)
9.2-1 傅里叶频谱的性质	(654)
9.2-2 DTFT 与 z 变换之间的关系	(660)
9.3 DTFT 性质	(660)
9.4 LTI 离散时间系统的 DTFT 分析	(667)
9.4-1 无失真传输	(669)
9.4-2 理想和实际滤波器	(670)
9.5 DTFT 与 CTFT 的关系	(672)
9.5-1 利用 DFT 和 FFT 对 DTFT 的数值计算	(673)
9.6 DTFT 到 z 变换的推广	(674)
9.7 小结	(676)
参考文献	(676)
MATLAB 课时 9:DTFS 和 DTFT 的计算	(677)
习题	(683)
第 10 章 状态空间分析	
10.1 引言	(692)
10.2 确定状态方程的系统步骤	(694)
10.2-1 电路系统	(694)
10.2-2 从传递函数到状态方程	(696)
10.3 状态方程解法	(702)
10.3-1 状态方程的拉普拉斯变换解法	(702)