

高等学校教材

SIGNALS & SYSTEMS

信号与系统

— MATLAB综合实验

谷源涛 应启珩 郑君里



高等教育出版社



《信号与系统》(第二版)(上、下册)

郑君里 应启珩 杨为理 著

ISBN7-04-007981-X ISBN7-04-007983-6

2000年5月

高等教育出版社

本书研究确定性信号经线性时不变系统传输与处理的基本概念和基本分析方法,从时域到变换域,从端口描述到状态空间描述,以实际应用为主要依据,兼顾离散和连续信号与系统之选材。本书在讲授传统内容的过程中充分体现时代气息,经典理论的论述与最新技术之引入密切融合,以当代信息科学的观点理解、审视、组织和阐述传统内容。注重结合基本概念,大量介绍各类应用实例(如PCM通信、CDMA通信、小波变换、宏观经济增长预测、人口模型等),强烈激发起学生的学习志趣和热情。第六章信号的矢量空间分析将正交、相关等重要概念以统一的数学和物理方法讲授,使学生对信号理论的学习步入更深层次,并初步理解它们的工程应用。这些内容的选取及其讲授方法为国内、外同类教材之首创,特色鲜明。

本书结构和选材有很大灵活性,能够适应电子工程与信息科学各类专业之需要。任课教师可根据实际情况选择不同章节组成深度和学时有区别的课程。目前至少有二百余所院校多种类型专业选用本书作教材,还有更多院校指定本书为研究生入学考试必读教程。



《信号与系统》学习辅导新书——

《教与写的记忆——信号与系统评注》

郑君里著

ISBN 7-04-017387-5

2005年8月

高等教育出版社

本书是郑君里等著《信号与系统》(第二版)的配套教学辅导书,主要内容是对第二版原著各章作详细的评注解读,注重概念理解、分析对比、历史背景和综合应用。讨论题目源于作者数十年授课实践之积累(包括讲稿、讨论题、习题、考试题等综合资料)。对于协助教师备课、引导学生自学、考研综合复习以及准备海外留学都是相当理想的参考读物。

结合研究讨论,作者回忆了五十年学习与工作的感受,纵论国内外教学变革,其中对于清华园景物的描述,读来使人如临其境。即使对信号与系统不了解的读者,阅后也会感受到本书的独特魅力。



ISBN 978-7-04-022559-4



9 787040 225594 >

定价 19.00元

高等学校教材

信号与系统

—MATLAB 综合实验

谷源涛 应启珩 郑君里



高等教育出版社

内容简介

本书是郑君里等著《信号与系统》(第二版)的 MATLAB 上机实验配套教材。全书分七篇,其中第一、四、七篇集中讲授 MATLAB 编程技术,由浅入深逐步为其他各篇做好准备;第二、三、五、六篇按照连续时间信号与系统、离散时间信号与系统、通信系统和控制系统的顺序将 MATLAB 编程和信号与系统的综合复习密切融合,每篇最后安排一章综合性实例练习(音乐合成、语音合成、通信系统仿真和控制系统仿真)。

本书特点如下:首先,比较完整、系统地讲授 MATLAB 编程原理和技巧;其次,与原著密切结合,理论实践并重;最后,四个综合实验(大作业)对于激发学生的学习志趣和热情,提高分析问题和解决问题的能力有很大帮助。除紧密配合原著外,本书的练习题也具有自成一体的特点,因此可以作为各种“信号与系统”教材的实验辅助教材。同时可以为报考研究生的读者提供综合、深入复习的参考素材。

图书在版编目(CIP)数据

信号与系统: MATLAB 综合实验/谷源涛, 应启珩, 郑君里.

—北京: 高等教育出版社, 2008.1

ISBN 978-7-04-022559-4

I. 信… II. ①谷…②应③郑… III. 信号系统-计算机辅助计算-软件包, MATLAB IV. TN911.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 186071 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787×960 1/16
印 张 16.25
字 数 300 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 1 月第 1 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 19.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22559-00

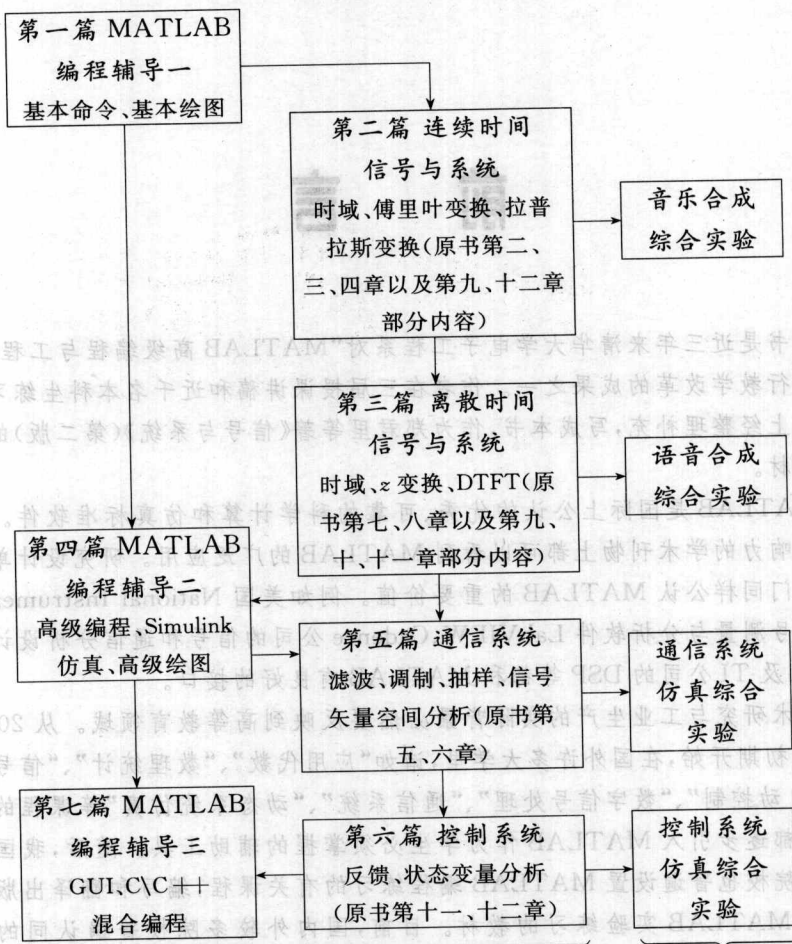
前 言

本书是近三年来清华大学电子工程系对“MATLAB 高级编程与工程应用”课程进行教学改革的成果之一。作者在三届授课讲稿和近千名本科生练习实践的基础上经整理补充,写成本书,作为郑君里等著《信号与系统》(第二版)的配套实验教材。

MATLAB 是国际上公认的优秀、可靠的科学计算和仿真标准软件。许多最具影响力的学术刊物上都可以看到 MATLAB 的广泛应用。研究设计单位和工业部门同样公认 MATLAB 的重要价值。例如美国 National Instruments 公司的信号测量与分析软件 LabVIEW、Cadence 公司的信号和通信分析设计软件 SPW 以及 TI 公司的 DSP 等都和 MATLAB 有良好的接口。

学术研究与工业生产的实际背景必然要反映到高等教育领域。从 20 世纪 90 年代初期开始,在国外许多大学里,诸如“应用代数”、“数理统计”、“信号与系统”、“自动控制”、“数字信号处理”、“通信系统”、“动态系统仿真”等课程的教学工作中都逐步引入 MATLAB 作为学生必须掌握的辅助工具。随后,我国的许多高等院校也普遍设置 MATLAB 编程练习的有关课程,编写和翻译出版了大量有关 MATLAB 实验练习的教材。目前,国内外较多院校普遍认同的引入 MATLAB 实验教学方式是将它和“信号与系统”理论课程密切结合讲授。按照这一指导思想编写的教材大体上可划分为三种类型:一是在“信号与系统”教材的理论内容之后增加用 MATLAB 实现的例题;二是在 MATLAB 语言教材的最后增加一篇“在信号与系统中的应用”;三是既不详细介绍“信号与系统”的基本概念和方法,也不用完整篇幅讲解 MATLAB 语言知识,而是直接提出“信号与系统”中的典型例题,再辅以 MATLAB 求解。本书的体系结构不同于以上三种类型,具有鲜明特色,显示全新风格。

下面以框图形式给出全书的基本内容和结构流程。可以看出,本书共包括七篇,按三条线索并行展开。首先考虑第一、四、七篇,这三篇集中讲授 MATLAB 编程技术,由浅入深逐步为其他各篇以及后续课程学习做好准备;其次是第二、三、五、六各篇将 MATLAB 编程练习和“信号与系统”课程的综合复习密切融合,学习这些内容可以获取、巩固编程技巧,综合深入掌握“信号与系统”基



MATLAB 编程技术
逐步深入
为其他章节做好准备

MATLAB 编程和“信号
与系统”课程复习密切结合
插入 MATLAB 知识点 24 个
本书结构框图

四个大作业实验
使本课程学习
进入更高境界

基础理论知识,达到双重效果;第三,与第二、三、五、六篇对应,每篇安排一章综合性应用实例练习,这是四个相对独立的大作业,可以拓展视野、激发学习兴趣,使本课程学习进入更高境界。

由此容易理解,本书具有以下特色。

1. 比较完整、系统地讲授 MATLAB 编程原理和技巧。除了第一、四、七篇集中介绍这些内容外,在其他各篇结合“信号与系统”课程的应用实例循序渐进、逐步深入,引导读者掌握编程方法,并且穿插安排了“MATLAB 知识点”栏目共

24个,以利于分层次、全面深入学习编程知识。在组织这些材料时,力求内容简洁,努力协助读者在较短时间内掌握全面、适当的编程知识。另一方面,在第七篇将编程知识适当深入扩展,以利于和后续课程、科研工作及毕业设计的密切衔接。

2. 与原著密切结合,理论与实践并重。郑君里等著《信号与系统》(第二版)教材的重要特色之一是例题和应用实例讨论丰富多彩,富有时代感。选择这些内容实现 MATLAB 编程具有得天独厚的优势,可以为授课教师安排作业、指导上机带来很大方便,同时也有利于学生自学并独立完成实验。本书中大部分例题选自教材并注明对应的章、节、题号。此外,仍沿袭主教材风格补充了一些综合性、涉及多领域的编程例题,并提供了必要的背景知识(如音乐合成、语音合成等)。本书写作与原著配合默契,是一本相当理想的实验配套教材。当然,这些练习也具有自成一体的特点,因此可以成为其他各种“信号与系统”教材的实验辅助教材。同时可以为报考研究生的读者提供综合、深入复习的参考素材。

3. 综合实验(大作业)的独特功能。四个大作业——综合实验的安排为本书增添了活力和风采。由此产生的影响和效果绝不止局限于一门课程的改革。在本科教学培养的全过程中具有重要意义。我们注意到,在我国许多高校开设的“信号与系统”、“数字信号处理”、“随机过程”等课程与国外同类课程相比较,在理论内容方面并无明显差异,但在实验和大作业方面相对落后,迫切需要改进和加强。在此写入四个大作业之后为学生深入学习、拓宽知识面、开展研究型教学以及激发学习志趣和热情创造了十分有利的条件。对于提高学生分析问题和解决问题的能力将产生积极的作用。

回顾清华大学电子工程系本课程改革之历程可以看出,这种更新虽已初步取得成功,然而也曾经经历曲折和困难,至今仍有一些问题有待改善。早在20世纪90年代中后期,我们编写了《MATLAB 软件编程与应用》(内部教材)作为“信号与系统”课程的实验指导书,提供给学生做课外上机练习之用。多年来积累了一定的教学经验,也感受到明显的不足之处——实验学时太少、内容简单枯燥、很难激发学习兴趣。为了走出这一困境,2005年夏季小学期,我们首次对信息工程专业和电子与科学技术专业共约330名本科生开设“MATLAB 高级编程与工程应用”课程,在刚刚结束的春季学期“信号与系统”64学时理论教学的基础上,为这门新课再提供32学时,其中讲授大约12学时,上机练习约20学时,大部分练习例题选自原书。这次改革取得了很好的教学效果,同学们普遍反映,在系统学习了这门新课之后,不但初步掌握了 MATLAB 语言,而且很好地复习总结了“信号与系统”理论课程。对于大作业的收获反响强烈。在学习后续“数字信号处理”、“通信原理”等课程中感觉更轻松,更有兴趣。

在编写本书过程中,感受到为写好大作业的背景知识,反复修改而经受的艰

辛历程。在教学实验过程中,也有同学害怕困难,不愿深入研究,但是较多同学还是努力克服困难,产生了强烈兴趣,收获显著。我们建议这些内容可以灵活安排,根据每个学生的能力和志趣因材施教,适当选做。

在2005年暑期新课程取得成功的基础上于2006年和2007年继续实施,每届学生人数和学时数都没有改变。而教学内容逐步丰富,并在同学们的支持下完成了本书的写作。

我们期望将本书奉献给各兄弟院校同类课程作为参考教材。同时考虑到各校具体情况的差异,有可能很难提供足够学时。因此,书中内容安排有较大灵活性,可以只选取第二、三、五、六各篇的基本内容提供上机练习。

考虑到计算机处理离散数据的特点,本书将主教材中稍后引入的离散时间信号与系统部分提前讲授,而把主教材中通信系统应用等内容移后。如果最后集中使用实验学时,当然这种安排不会在教学中引起麻烦。若将实验学时与理论教学穿插进行,必须注意本书第三篇的练习内容要适当推后,其他几篇也要陆续推之后移。

本书文字写作和MATLAB编程实验主要由谷源涛完成,应启珩、郑君里共同研究讨论全书结构和选材,参与部分写作并审阅了书稿。授课过程中与学生的密切交流对完成本书有很多重要的启发和帮助,特别要感谢姚卯青等同学提出的宝贵意见。

本书中涉及的网络资源请登录中国高校电工电子课程网获取,网址为<http://ee.cncourse.com/electron/bookcenter/indexdefault>。

限于水平及时间仓促,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者指正,联系方式如下:

谷源涛(邮编100084;通信地址:北京市清华大学电子工程系;电话:010-62792782;电子信箱:gyt@tsinghua.edu.cn)

作者

2007年8月31日

于清华园

目 录

第一篇

MATLAB 编程辅导一

第一章 MATLAB 基础知识	3
第一节 简介	3
第二节 数据类型、数据结构、函数和命令	5
第三节 数值、比较和逻辑计算	7
第四节 符号计算	9
第五节 M 文件——脚本和函数	10
第六节 阶跃信号与冲激信号	12
第七节 常用 MATLAB 命令	13
第二章 MATLAB 绘图	14
第一节 基本绘图操作	14
第二节 句柄图形	17
第三节 交互式绘图	19

第二篇

连续时间信号与系统

第三章 连续时间系统的时域分析	25
第一节 引言	25
第二节 微分方程式的建立与求解	28
第三节 零输入响应与零状态响应	31
第四节 冲激响应与阶跃响应	34
第五节 卷积	37
第六节 小结	40
练习题	41

第四章 傅里叶变换	42
第一节 傅里叶变换	42
第二节 周期信号的傅里叶级数分析	49
第三节 卷积特性(卷积定理)	52
第四节 小结	55
练习题	55
第五章 拉普拉斯变换、连续时间系统的 s 域分析	57
第一节 拉普拉斯变换和逆变换	57
第二节 系统函数(网络函数) $H(s)$	61
第三节 由系统函数零、极点分布决定时域特性	62
第四节 由系统函数零、极点分布决定频域特性	64
第五节 二阶谐振系统的 s 平面分析	67
第六节 小结	68
练习题	68
第六章 音乐合成	70
第一节 背景知识	70
6.1.1 乐音特征	70
6.1.2 乐音基波构成规律	70
6.1.3 乐音谐波的作用——音色	72
6.1.4 乐音波形包络	73
6.1.5 音调持续时间	73
6.1.6 音符的叠接	74
第二节 音乐合成综合实验	74
6.2.1 简单的合成音乐	74
6.2.2 用傅里叶级数分析音乐	75
6.2.3 基于傅里叶级数的合成音乐	76
第三篇	79

离散时间信号与系统

第七章 离散时间系统的时域分析	81
第一节 常系数线性差分方程的求解	81
第二节 离散时间系统的单位样值(单位冲激)响应	84
第三节 卷积(卷积和)	85
第四节 解卷积(反卷积)	87
第五节 小结	88
练习题	89
第八章 z 变换、离散时间系统的 z 域分析	90

第一节	z 变换定义、典型序列的 z 变换	90
第二节	逆 z 变换	91
第三节	利用 z 变换解差分方程	93
第四节	离散系统的系统函数	94
第五节	序列的傅里叶变换(DTFT)	96
第六节	离散时间系统的频率响应特性	101
第七节	小结	106
	练习题	107
第九章	语音合成	108
第一节	背景知识	108
1.1.1	发声机理	108
1.1.2	语音信号的时域特征	109
1.1.3	语音模型	109
1.1.4	分析和合成语音	112
第二节	语音合成综合实验	114
1.2.1	语音预测模型	114
1.2.2	语音合成模型	118
1.2.3	变速不变调	118
1.2.4	变调不变速	119
第四篇		121
MATLAB 编程辅导二		
第十章	高级编程知识	123
第一节	函数和变量	123
第二节	函数句柄	125
第十一章	Simulink 仿真	127
第一节	启动 Simulink	127
第二节	建立、打开和保存仿真模型	128
第三节	编辑仿真模型	128
第四节	运行仿真模型	133
第五节	建立子系统	134
第六节	利用 MATLAB 函数和程序	135
第七节	访问工作空间中的变量和硬盘上的数据文件	137
第八节	Simulink 支持的库和模块	138
第十二章	高级绘图技术	140
第一节	三维绘图和特殊图形	140
第二节	图形高级控制	145

第五篇

147

通信系统

第十三章	傅里叶变换应用于通信系统	149
第一节	利用系统函数 $H(j\omega)$ 求响应	149
第二节	无失真传输	151
第三节	理想低通滤波器	152
第四节	系统函数的约束特性	154
第五节	调制与解调	155
第六节	从抽样信号恢复连续时间信号	162
第七节	脉冲编码调制(PCM)	165
第八节	小结	167
	练习题	168
第十四章	信号的矢量空间分析	169
第一节	相关	169
第二节	能量谱和功率谱	171
第三节	信号通过线性系统的分析	171
第四节	匹配滤波器	174
第五节	小结	175
	练习题	176
第十五章	通信系统仿真	177
第一节	背景知识	177
15.1.1	频分多址(FDMA)	177
15.1.2	时分多址(TDMA)	177
15.1.3	码分多址(CDMA)	177
第二节	通信系统仿真综合实验	178
15.2.1	FDMA 的 Simulink 仿真	178
15.2.2	TDMA 的 Simulink 仿真	180
15.2.3	CDMA 的 Simulink 仿真	181
15.2.4	三种多址方式的比较	183

第六篇

185

控制系统

第十六章	反馈系统	187
第一节	引言	187

16.1.1	控制系统工具箱中的 LTI 模型	187
16.1.2	访问 LTI 模型的属性	188
16.1.3	LTI 模型的组合	189
第二节	反馈系统的基本特性及其应用	191
16.2.1	改善系统频响特性	191
16.2.2	使不稳定系统成为稳定系统	193
第三节	根轨迹	194
第四节	小结	198
	练习题	199
第十七章	系统的状态变量分析	200
第一节	状态矢量的线性变换	200
第二节	系统的可控制性与可观测性	203
第三节	小结	205
	练习题	205
第十八章	控制系统仿真	206
第一节	潜水艇下落控制	206
第二节	倒立摆平衡控制	211

第七篇

219

MATLAB 编程辅导三

第十九章	图形用户界面(GUI)设计	221
第一节	启动 GUI	221
第二节	设计和保存 GUI	223
第三节	运行 GUI	224
第四节	修改 GUI 控件属性	224
第五节	编程控制 GUI 的方法	226
19.5.1	OpeningFen 函数	226
19.5.2	回调函数(Callback Function)	226
19.5.3	访问控件	226
19.5.4	控件之间数据共享	227
19.5.5	访问工作空间中的数据	227
第六节	本例的程序和运行结果	227
第二十章	与 C/C++ 混合编程	230
第一节	准备工作	230
20.1.1	配置 C/C++ 编译器	230
20.1.2	理解 mxArray	231
第二节	从 MATLAB 中调用 C/C++ 程序	232

187	20.2.1 C MEX 文件结构	233
188	20.2.2 MEX API 函数	233
189	20.2.3 C MEX 文件实例	234
191	第三节 从 C/C++ 程序中调用 MATLAB 函数	236
191	20.3.1 引擎库 API 函数	236
193	20.3.2 程序实例	236
194	20.3.3 用 VC++ 编译程序	239

198	索引	241
-----	----	-----

199	参考文献	246
-----	------	-----

200	待变量变态并的变系	章十第
200	变变到变因量天亦代	节一第
203	并联版可已并时空可的变系	节二第
205	控小	节三第
205	题已题	章八第
206	真并变系变变	章八第
206	并空变不并冰并	节一第
211	并空变平并立并	节二第

MATLAB 编程指导

221	图形用户界面(GUI)设计	章十第
221	启动 GUI	节一第
223	图形用户界面 GUI 容果并并并	节二第
224	运行 GUI	节三第
224	修改 GUI 控件属性	节四第
226	编辑图形 GUI 的方法	节五第
226	19.2.1 OpeningFcn 函数	
226	19.2.2 回调函数(Callback Function)	
226	19.2.3 回调事件	
227	19.2.4 控件之间数据共享	
227	19.2.5 不同工作空间中的数据	
227	本节的总结和运行结果	节六第
230	混合 C/C++ 混合编程	章十二第
230	混合工作	节一第
230	20.1.1 设置 C/C++ 编译器	
231	20.1.2 理解 mxArray	
232	从 MATLAB 中调用 C/C++ 程序	节二第

第一篇

MATLAB 编程辅导一

MATLAB 基础
MATLAB 基础

第一章 MATLAB 基础知识

本章首先介绍 MATLAB 的基本知识,通过对界面的详细分析希望读者了解 MATLAB 的基本使用方法;然后从数据类型、数据结构、函数和命令入手,解释 MATLAB 的基本组成元素。从数值计算和符号计算两个方面举例讲解用 MATLAB 描述信号以及对信号进行运算的方法。接下来的两节介绍脚本和函数这两种 M 文件,并以阶跃函数和冲激函数为例做深入讲解。最后一节列出若干重要的函数和命令,同时介绍三个重要的函数集。

本章并不打算让读者对 MATLAB 有深入理解,只是希望对以后各章所需要用到的专项知识做基本的介绍,随着后续章节的学习,读者对 MATLAB 的理解会逐渐加强和深入。

第一节 简介

MATLAB 是一门计算机程序语言,取名源于 Matrix Laboratory,意在以矩阵方式处理数据。MATLAB 将数值计算和可视化环境集于一体,并提供很多函数,功能强大且直观简便,因而应用范围非常广泛。一般认为 MATLAB 的典型应用包括:(1) 数值计算与分析;(2) 符号运算;(3) 建模与仿真;(4) 数据可视化;(5) 图形处理及可视化;(6) 基于图形用户界面的应用程序开发。这些内容在本书中均有涉及。

MATLAB 由主包和数十个可选的工具箱组成。主包带有功能丰富和完备的数学函数库,大量复杂的数学运算和分析都可以直接调用 MATLAB 函数求解。工具箱为特定的学科和研究领域提供丰富的处理工具支持,本书主要涉及和“信号与系统”相关的若干工具箱,包括信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox)、通信工具箱(Communication Toolbox)、控制系统工具箱(Control System Toolbox)等。