

高等院校信息技术规划教材

MATLAB语言及其 在电子信息工程中的应用



王洪元 主编
石澄贤 郑明芳 李 格 副主编

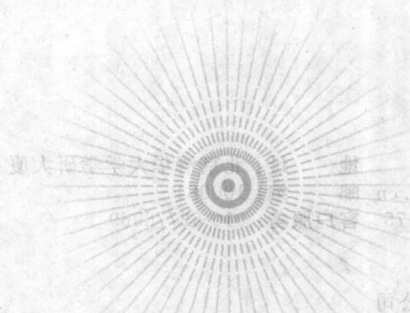


清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

本书是“MATLAB语言及其在电子信息工程中的应用”系列教材之一，主要介绍MATLAB语言的基本概念、基本语法、基本数据类型、基本运算、基本函数、基本图形、基本编程等。本书可作为高等院校电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、自动化等专业及相关专业的教材，也可供从事电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、自动化等工作的工程技术人员参考。

MATLAB语言及其 在电子信息工程中的应用



王洪元 主编
石澄贤 郑明芳 李 格 副主编

清华大学出版社

内 容 简 介

本书共8章,包含两部分内容。第一部分为第1至第4章,是MATLAB基础部分,主要介绍MATLAB语言的工作环境、基本语法和计算功能及图形功能、MATLAB的开发环境和工具、与其他语言接口、MATLAB的文件管理系统、M文件的编制与调试、数据分析函数库、矩阵的分解与变换函数库、多项式函数库、函数功能和数值积分函数库、字符串函数库、图形界面函数库等。第二部分为第5至第8章,介绍MATLAB在电子信息工程中的应用,主要讨论MATLAB在“信号与系统”、“自动控制”、“数字图像处理”及“人工神经网络”方面的应用。

本书内容丰富且实用,可作为工科学生电子类课程教材,也可作为相关领域科研人员的参考书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB语言及其在电子信息工程中的应用/王洪元主编. —北京:清华大学出版社,2004.12

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 7-302-10347-X

I. M… II. 王… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第004158号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客 户 服 务:010-62776969

组稿编辑:张 龙

文稿编辑:徐跃进

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印 张:21.75 字 数:510千字

版 次:2004年12月第1版 2004年12月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10347-X/TN·230

印 数:1~4000

定 价:28.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

编委会名单

主 任： 李文忠

副 主 任： 王正洪 鲁宇红 焦金生

成 员： （按拼音排序）

常晋义	邓 凯	范新南	高佳琴	高玉寰
龚运新	顾建业	顾金海	林 罡	刘训非
马正华	沈孟涛	王继水	王 骏	王 晴
王志立	吴访升	肖 玉	杨长春	袁启昌
张旭翔	张 燕	赵明生	郑成增	周凤石

策划编辑： 张 龙

序

preface

在科教兴国的方针指引下,我国高等教育进入了一个新的历史发展时期,招生规模和在校生数量都有了大幅度增长。我们在进行着世界上规模最大的高等教育。与此同时,对于高等教育的研究和认识也在不断深化。高等学校要明确自己的办学方向和办学特色,这既是不断提高高等教育水平的必然要求,更是高校不断发展和壮大必须首先考虑的问题。

教育部领导明确提出要有相当部分的高校致力于培养应用型人才,此类院校在计算机教学中如何实现自己的培养目标,如何选择适用的应用型教材,已成为十分重要和迫切的任务。应用型人才的培养不能简单照搬研究型人才的培养方案,要在丰富的实践基础上认真总结,摸索新形势下的教学规律,在此基础上设计相关课程、改进教学方法,同时编写应用型教材。这一工作是非常艰巨的,也是非常有意义的。

在清华大学出版社的大力支持和配合下,于2003年建立了应用型教材编委会。编委会汇集了众多高校的实践经验,并经过集中讨论和专家评审,遴选了一批优秀教材,希望能够通过这套教材的出版和使用,促进应用型人才培养的实践发展,为建立新的人才培养模式作出贡献。

我们编写应用型教材的主要出发点是:

(1) 适应教育部对高等教育的新要求,以及市场对应用型人才需求量的不断增加。

(2) 计算机技术不断更新,发展迅速,教材内容和教学方式也将适时更新和改进。

(3) 教育技术的发展,对教材建设提出了更高的要求,教材将呈现出纸介质出版物、电子课件以及网络学习环境等相互配合的立体化形态。

(4) 突出应用, 加强实训, 根据不同的专业要求, 加强了针对性, 使理论与实践紧密结合。

我们将努力建设一套全新的、有实用价值的应用型计算机教材。经过大家的努力, 第一批教材已经面世。教材将滚动式地不断更新、修正、提高, 逐渐树立起自己的品牌。希望使用本系列教材的广大师生不断反馈各类意见, 逐步建设具有应用型特色的精品教材。

李文忠

2004 年 9 月

前言

foreword

MATLAB是由MathWorks公司于1984年推出的一套面向科学与工程的计算软件,由总包和若干个工具箱组成,可以实现数值分析、自动控制、信号处理、图像处理、神经元网络等若干个领域的计算和图形显示,它将这些不同领域的计算用函数的形式分类成对用户完全透明的库函数,构成一个个针对专门领域的工具箱。使用时,用户直接调用这些库函数并赋予实际参数就能解决实际问题,因此,具有极高的编程效率。

近年来,MATLAB软件由于其编程方便、代码短小、功能强大、可扩展性好等特点,在国内已广泛应用于教学与科研。同时,MATLAB由于与其他编程语言(如C语言)有良好的接口,已越来越多用于实际工程中。

本书的作者从事电子类课程教学多年,一直采用国内许多优秀的MATLAB教程辅助教学,效果明显。但由于所涉及的课程多,国内还没有一本教程能完全满足我们的需求。学生往往要参考或购买多本教材才能满足教学要求,增加了学生负担,同时,由于不同教程的风格不尽相同,也给教师备课带来诸多不便。

鉴于上述原因,我们在原有讲稿的基础上,编写了本书。本书主要面向工科院校的电子信息类课程教学,可作为相关工科学生的教材;同时,也可作为相关领域研究人员的参考书。

本书共8章,包含两部分内容。第一部分的第1至第4章,是MATLAB基础部分,主要介绍MATLAB语言的工作环境、基本语法和基础计算功能及图形功能、MATLAB的开发环境和工具、与其他语言接口、MATLAB的文件管理系统、M文件的编制与调试、数据分析函数库、矩阵的分解与变换函数库、多项式函数库、函数功能和数值积分函数库、字符串函数库、图形界面函数库等。第二部分为第5至第8章,是MATLAB在电子信息工程相关课程中的



应用部分, 主要介绍 MATLAB 在“信号与系统”、“自动控制”、“数字图像处理”及“人工神经网络”课程中的应用等内容。

本书具体编写人员为: 王洪元、石澄贤、郑明芳、李格、陈岚萍老师。江苏省高校计算机基础教学委员会主任李文忠教授详细审阅了书稿并提出了具体的修改意见。在此, 我们表示衷心感谢!

由于编者水平有限, 书中的缺点错误在所难免, 欢迎读者批评指正。

王洪元

2004 年 7 月

目录

contents

第 1 章	MATLAB 语言概述	1
1.1	MATLAB 语言的发展	1
1.2	MATLAB 语言的特点	1
1.3	MATLAB 的工作环境	3
1.3.1	命令窗	3
1.3.2	图形窗	6
1.3.3	文本编辑窗	6
1.3.4	文件管理器	6
1.4	演示程序	6
第 2 章	基本语法	8
2.1	变量及其赋值	8
2.1.1	标识符与数	8
2.1.2	矩阵及其元素的赋值	8
2.1.3	复数	10
2.1.4	变量检查	11
2.1.5	基本赋值矩阵	13
2.2	矩阵的初等运算	14
2.2.1	矩阵的加减乘法	14
2.2.2	矩阵除法及线性方程组的解	16
2.2.3	矩阵的乘方和幂函数	18
2.2.4	矩阵结构形式的提取与变换	19
2.3	元素群运算	20
2.3.1	数组及其赋值	20
2.3.2	元素群的四则运算和幂运算	21
2.3.3	元素群的函数	22

2.4	逻辑判断及流程控制	23
2.4.1	关系运算	23
2.4.2	逻辑运算	26
2.4.3	流程控制语句	27
2.5	基本绘图方法	30
2.5.1	直角坐标中的二维曲线	31
2.5.2	线型、点型和颜色	32
2.5.3	多条曲线的绘制	32
2.5.4	屏幕控制和其他二维绘图	34
2.5.5	三维曲线和曲面	38
2.5.6	特殊图形和动画	41
2.5.7	彩色、光照和图像	42
2.5.8	低层图形屏幕控制功能	44
2.6	M 文件及程序调试	47
2.6.1	主程序文件	47
2.6.2	人机交互命令	48
2.6.3	函数文件	50
2.6.4	文件编辑器及程序调试	51
第 3 章 MATLAB 的开发环境和工具		52
3.1	MATLAB 与其他软件的接口	52
3.1.1	与磁盘操作系统的接口关系	52
3.1.2	与文字处理系统 WinWord 的关系	55
3.1.3	图形文件的转储	56
3.1.4	低层输入输出函数库	56
3.1.5	与 C 和 FORTRAN 子程序的动态链接	58
3.2	MATLAB 的文件管理系统	58
3.2.1	安装后的 MATLAB 文件管理系统	58
3.2.2	MATLAB 自身的用户文件格式	59
3.2.3	文件管理和搜索路径	59
3.2.4	与目录和搜索有关的命令	60
3.2.5	搜索顺序	61
3.3	MATLAB 6.0 的开发环境	61
3.3.1	桌面系统的内容	61
3.3.2	桌面命令菜单简介	62
3.3.3	MATLAB 6.0 的用户界面	63

第 4 章	MATLAB 的其他函数库	65
4.1	数据分析函数库	65
4.1.1	基本的数据分析	65
4.1.2	用于场论的数据分析函数	67
4.1.3	用于随机数据分析的函数	67
4.1.4	用于相关分析和傅里叶分析的函数	68
4.2	矩阵的分解与变换函数库	69
4.2.1	线性方程组的系数矩阵	69
4.2.2	矩阵的分解	70
4.2.3	矩阵的特征值分析	72
4.2.4	特殊矩阵库	73
4.3	多项式函数库	73
4.3.1	多项式的基本运算	74
4.3.2	多项式求导、求根和求值	75
4.3.3	多项式拟合	76
4.3.4	多项式插值	77
4.3.5	线性微分方程的解	78
4.4	函数功能和数值积分函数库	80
4.4.1	函数功能和数值积分函数库的主要子程序	80
4.4.2	非线性函数的分析	81
4.4.3	任意函数的数值积分	82
4.5	字符串函数库	84
4.5.1	字符串的赋值	85
4.5.2	字符串语句的执行	86
4.5.3	字符串输入输出	86
4.6	稀疏矩阵函数库	87
4.7	图形界面函数库	89
4.8	数据类型函数库	90
4.8.1	结构阵列	90
4.8.2	单元阵列	91
4.8.3	类和对象	93
第 5 章	MATLAB 在信号与系统中的应用	96
5.1	信号及其表示	96
5.2	工具箱中的信号产生函数	97



5.3	信号的基本运算	102
5.4	信号的能量和功率	104
5.5	线性时不变系统	105
5.6	系统的互连	112
5.7	线性时不变系统的时域响应	115
5.7.1	离散时间信号的卷积表示	116
5.7.2	时域响应工具箱函数	119
5.8	离散时间傅里叶变换	128
5.9	数字滤波器	132
5.9.1	IIR 滤波器	132
5.9.2	FIR 滤波器	135
 第 6 章 MATLAB 在自动控制原理中的应用		138
6.1	控制系统模型	138
6.1.1	控制系统的模型及转换	138
6.1.2	控制工具箱中的 LTI 对象	139
6.1.3	LTI 模型建立及模型转换函数	140
6.1.4	LTI 对象属性的获取和设置	143
6.1.5	LTI 模型的简单组合和运算符扩展	145
6.1.6	典型系统生成	147
6.1.7	连续系统和采样系统之间的变换	149
6.1.8	复杂模型的组合	151
6.2	控制系统的时域分析	152
6.3	控制系统的根轨迹	164
6.4	控制系统的频域分析	172
6.5	系统的状态空间分析函数	186
6.6	极点配置和观测器设置	190
6.7	最优控制系统设计	199
 第 7 章 MATLAB 在图像处理中的应用		209
7.1	概述	209
7.2	图形图像文件的读写和查询	210
7.3	图像的显示	213
7.3.1	标准图像显示技术	213
7.3.2	特殊图像显示技术	216
7.3.3	图像对象及其属性	220

7.4	图像的运算	222
7.4.1	图像的算术运算	222
7.4.2	图像数据类型的转换	225
7.5	图像的几何操作	225
7.5.1	插值运算	226
7.5.2	图像的放大、缩小和旋转	226
7.5.3	图像的剪裁和图像一般的几何变换	227
7.6	图像的邻域和块运算	229
7.6.1	滑块邻域操作	229
7.6.2	显式块操作	230
7.7	线性滤波与滤波器设计	232
7.7.1	线性滤波	232
7.7.2	滤波器设计	235
7.8	图像的变换处理	239
7.8.1	傅里叶变换	239
7.8.2	傅里叶变换的应用	242
7.8.3	离散余弦变换	244
7.8.4	Radon 变换	247
7.9	图像分析和增强	250
7.9.1	图像的像素值及其统计	250
7.9.2	图像分析	255
7.9.3	图像的灰度值调整	257
7.9.4	图像的除噪	262
7.9.5	消除图像的模糊	264
7.10	基于区域的图像处理	270
7.10.1	区域的选定	270
7.10.2	区域的滤波	272
7.10.3	区域的填充	273
7.11	小波分析在图像处理中的应用	274
7.11.1	小波分析的基本概念	274
7.11.2	如何使用小波	276
7.11.3	图像的小波除噪	283
7.11.4	图像的小波压缩	285
第 8 章	MATLAB 在人工神经网络中的应用	286
8.1	MATLAB 神经网络工具箱简介	286
8.1.1	神经网络设计	286



8.1.2	基于工具箱函数的神经网络设计	287
8.1.3	基于 Simulink 的神经网络设计	290
8.1.4	基于 GUI 的神经网络设计	292
8.2	感知器和线性神经网络	294
8.2.1	感知器神经元模型和网络	294
8.2.2	感知器神经网络设计	296
8.2.3	线性神经元模型和网络结构	298
8.2.4	线性神经元网络设计	299
8.3	BP 神经网络	301
8.3.1	BP 神经元模型和网络结构	301
8.3.2	BP 神经网络的学习和训练	302
8.3.3	BP 神经网络设计	305
8.4	径向基函数神经网络	307
8.4.1	径向基传递函数	307
8.4.2	径向基函数神经网络结构	308
8.4.3	径向基函数神经网络设计	308
8.4.4	广义回归网络	314
8.4.5	概率神经网络	316
8.5	其他神经元网络	318
8.5.1	自组织竞争神经网络结构与设计	318
8.5.2	学习矢量量化网络	320
8.5.3	Hopfield 回归网络结构与设计	325
8.5.4	Elman 回归网络结构与设计	327
参考文献		330

第1章

chapter 1

MATLAB 语言概述

1.1 MATLAB 语言的发展

MATLAB 是一种科学计算软件,适用于工程应用各领域的分析设计与复杂计算。它使用方便、运算效率高且内容丰富,很容易被用户自行扩展。因此,当前已成为美国和其他发达国家大学教学和科学研究中最常用且必不可少的工具。

MATLAB 是由美国 Mathworks 公司于 1984 年正式推出的,到 1988 年有了 3.x(DOS) 版本;1992 年推出 4.x (Windows) 版本;1997 年推出 5.1 (Windows) 版本。以后又升级到 5.3 (也称 R11) 版本。2000 年下半年,Mathworks 公司推出了他们的最新产品 MATLAB 6.0 (R12) 试用版,并于 2001 年初推出了正式版。随着版本的升级,内容不断扩充,功能更加强大。另一方面对使用环境也提出了更高的要求。近几年来,Mathworks 公司在将 MATLAB 语言运用于系统仿真和实时运行等方面,取得了很多成绩,更扩大了它的应用前景。

本书将主要介绍 6.0 版本,同时为了熟悉 4.0 版本的读者方便使用 6.0 版本,在前几章里也兼顾介绍 4.0 和 5.0。

MATLAB 是矩阵实验室(matrix laboratory)的缩写,它是一种以矩阵运算为基础的交互式程序语言,着重针对科学计算、工程计算和绘图的需求。与其他计算机语言相比,其特点是简洁和智能化,适应科技专业人员的思维方式和书写习惯,使得编程和调试效率大大提高。它用解释方式工作,输入程序立即得出结果,人机交互性能好,通过它的演示(demo)和帮助(help)命令,人们可以方便地在线学习各种函数的用法及其内涵。目前,也已成为国内外大学电子信息类学科的学生都应掌握的工具,也为相关科技人员所乐于接受。

1.2 MATLAB 语言的特点

MATLAB 语言具有以下特点。

1. 起点高

(1) 每个变量代表一个矩阵, 从 MATLAB 名字的来源可知, 它以矩阵运算见长。当前的科学计算中, 几乎无处不用矩阵运算, 这使它的优势得到了充分的体现。在 MATLAB 中, 每个变量代表一个矩阵, 它可以有 $n \times m$ 个元素。

(2) 每个元素都看做复数, 这个特点在其他语言中是不多见的。

(3) 所有的运算都对矩阵和复数有效, 包括加、减、乘、除、函数运算等。

2. 人机界面适合科技人员

(1) MATLAB 的语言规则与笔算式相似。MATLAB 的程序与科技人员的书写习惯相近, 因此, 易写易读, 易于在科技人员之间交流。

(2) 矩阵的行列数无需定义。要输入一个矩阵, 用其他语言时必须先定义矩阵的阶数, 而 MATLAB 则不必有阶数定义语句。输入数据的行列数就决定了它的阶数。

(3) 输入算式立即得到结果, 无需编译。MATLAB 是以解释方式工作的, 即它对每条语句解释后立即执行, 若有错误也会立即反应, 便于编程者随时改正。这些都大大减轻了编程和调试的工作量。

3. 强大而简易的作图功能

(1) 能根据输入数据自动确定坐标绘图。

(2) 能规定多种坐标系(极坐标系、对数坐标系等)。

(3) 能绘制三维坐标中的曲线和曲面。

(4) 可设置不同颜色、线型、视角等。

如果数据齐全, 通常只需一条命令即可出图。

4. 智能化程度高

(1) 绘图时自动选择最佳坐标, 大大方便了用户。

(2) 当数值积分时自动按精度选择步长。

(3) 自动检测和显示程序错误的能力强, 易于调试。

5. 功能丰富, 可扩展性强

MATLAB 软件包括基本部分和专业扩展两大部分。

基本部分包括矩阵的运算和各种交换、代数和超越方程的求解、数据处理和傅里叶变换及数值积分等等。可以充分满足大学理工科学生的计算需要。本书将介绍这部分的主要内容。

扩展部分称为工具箱。它实际上是用 MATLAB 的基本语句编成的各种子程序集, 用于解决某一方面的专门问题, 或实现某一类的新算法。现在已经有控制系统、信号处理、图像处理、系统辨识、模糊集合、神经网络及小波分析等工具箱, 并且向公式推导、系统仿真和实时运行等领域发展。

MATLAB 的核心内容在于它的基本部分,所有的工具箱子程序都是用基本语句编写的,学好这部分是掌握 MATLAB 必不可少的基础。

1.3 MATLAB 的工作环境

不同版本的 MATLAB 要安装在不同的操作系统下, MATLAB 3.x 之前的版本用的是 DOS 操作系统,而 MATLAB 4.x 以后的版本都以 Windows 操作系统为基础。MATLAB 的工作环境主要由命令窗(Command Window)、若干个图形窗(Figure Window)、文本编辑窗(File Editor)和文件管理窗(File Manager)组成, MATLAB 6.0 还增设了几个视图。各视图之间的切换可用 Alt+Tab 双键,即先按下 Alt 不放,再按 Tab 键;也可用鼠标在 Windows 界面的底部图标上单击实现。本章重点介绍命令窗,其他视图将在读者对 MATLAB 有初步认识后再作详细介绍。

1.3.1 命令窗

在 Windows 桌面上,双击 MATLAB 的图标,系统就会进入 MATLAB 的工作环境,首先出现 MATLAB 的标志图形,接着出现命令窗,如图 1-1 所示。

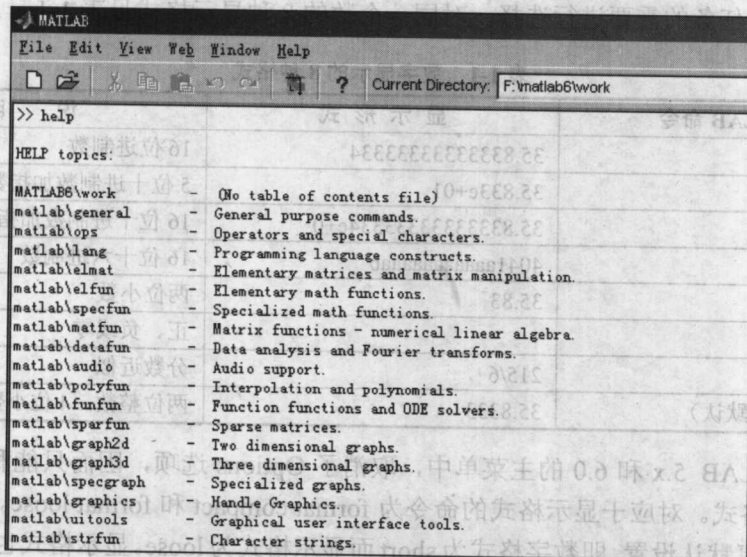


图 1-1 MATLAB 6.0 的命令窗界面顶部

命令窗是人们与 MATLAB 进行人机对话的主要环境,可以输入 MATLAB 的各种命令并读出相应的结果。例如输入:

$x1=\sqrt{5}$, $x2=1.37$, $y=3/x2$

命令窗口显示: