

TP312M1
Z36C TP317.4148
H44

MATLAB 程序设计与应用

张智星 著
九州恒润 审校

本书附盘可从本馆主页 <http://lib.szu.edu.cn/>
上由“馆藏检索”该书详细信息后下载，
也可到视听部复制

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

北京市版权局著作权合同登记号：01-2001-4910 号

本书中文繁体字版由台湾清蔚科技股份有限公司出版，版权归清蔚科技股份有限公司所有。本书中文简体字版由清蔚科技股份有限公司授权清华大学出版社出版，专有出版权属清华大学出版社所有。未经本书原版出版者和本书出版者的书面许可，任何单位和个人不得以任何形式或任何手段复制或传播本书的部分或全部内容。

内 容 简 介

本书主要针对 MATLAB 初学者，通过深入浅出地介绍 MATLAB 的程序设计与应用，引导读者探索 MATLAB 的奥妙。全书共分为基本概述、绘图功能、变量与数据结构、程序设计、数值运算以及其他应用面等五大篇进行介绍，最后附上了丰富的习题，方便读者学习使用。本书光盘中包含了完整的*.m 及*.c 源代码与可执行文件，对读者的学习有相当大的促进作用。

本书叙述详细、层次清晰、简洁明了，能给人耳目一新的感觉。完整的说明和充沛的网络支持，可使读者充分地掌握 MATLAB 的动态，拥有解决工程问题的最佳工具。本书可作为高校计算机、信息、自动化、数学、机械、生物医学等专业师生的参考教材，同时也是从事相关领域工作的科研人员的参考用书。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

书 名：MATLAB 程序设计与应用

作 者：张智星 著

审 校：九州恒润

责任编辑：朱英彪

出 版 者：清华大学出版社(北京清华大学学研大厦，邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印 刷 者：北京市清华园胶印厂

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：787×1092 1/16 **印张：**25.5 **字数：**589 千字

版 次：2002 年 4 月第 1 版 2002 年 4 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-900641-44-0

印 数：0001~5000

定 价：41.00 元(附光盘)

《工控与电子精品系列图书》序

“以信息化带动工业化”是我国今后几年乃至更长时间第二产业发展的主题，也是我国科学技术发展的必由之路。世纪之初既有机遇又有挑战，作为一个工程技术人员怎样面对挑战而抓住机遇，使自己登上工业化的快车？

每一位工程技术人员需要不断地去学习、去实践，丰富自己，才能跟上科技的步伐从而更适应激烈竞争的环境。本系列丛书完全从这个角度出发，使读者反复于学习与实践之间，不仅可以领会理论的精髓更可以掌握开发的技巧。

本系列丛书有以下特点：

实例丰富而详尽

针对目前图书市场现状，本系列丛书大多数以应用实例为主，其中有几本为应用实例集。文中所涉及硬件均有完整的电路图和源程序，更可贵的是大多数源程序都配有详尽的注释。涉及到操作步骤，更是详细而有序，手把手教习读者去开发真正的产品。

涉及范围广而精

本系列丛书针对目前乃至今后市场需求，由最底层的微电子技术到 EDA 工程，由信号处理技术到 DSP，由测控技术到单片机，由宽带网技术到智能建筑，讲解机理透彻，应用实例实用经典。本系列丛书还侧重于新技术的推广，为我国迎头赶上先进技术提供一些启发。

读者定位准确

本系列丛书中的每一本都是针对不同的工程技术人员，涉及到电子和工控行业大多数的技术人员，让每一位读者都可以找到适合自己的技术书籍。

本系列丛书的选题策划、稿件编辑，得到了广大高校教师和业内工程技术人员的大力支持与合作，才使得我们这个系列丛书能够以较高水准面向广大读者，在此表示衷心的感谢！

预祝每一位工程技术人员走向各自事业的成功！

《工控与电子精品系列图书》策划委员会
2001年8月

《工控与电子精品系列图书》策划委员会

主 编： 王俊峰

总策划： 李华君 曾 刚

策 划： 曾 刚 朱英彪 苗建强 刘建昌 陈仕云 许存权

作者序

如果你还在犹豫要使用什么软件来进行各种数值运算、控制系统仿真、数字信号处理、财经工程等，那么让我告诉你：选用 MATLAB，就是成功的一半！

笔者自从 1991 年开始接触 MATLAB 以来，就被它的简单语法及强大功能所吸引，此后无论是攻读博士、工作以及现在的教学工作，无一不与 MATLAB 及 Simulink 息息相关。尤有甚者，笔者在回新竹清华任教之前，曾有两年的时间于 MathWorks 公司担任研究工程师，并完成了“模糊逻辑工具箱”(Fuzzy Logic Toolbox)，因此相当清楚 MATLAB 及 Simulink 的核心部分。本书希望以深入浅出的方式，以实例为导向，配合个人研究 MATLAB 近十年的经验，来引领莘莘学子及各种从业人员进入 MATLAB 的殿堂。如果你和我一样，发觉学习 MATLAB 本身就是一种乐趣，那么这本书就成功了！

衷心感谢我的老友徐明哲在出版上的鼎力相助，钛思科技提供 MATLAB 的软件支持，新竹清华、台湾交大研究生的协力校稿，及清蔚科技全体员工在进度掌控与本书排版、美工设计所付出的用心及巧思。尤其要感谢我的老婆，在家庭及事业上让我无后顾之忧，本书才得以顺利付梓。谢谢！



2000 年 2 月于清华大学



对于大多数科研工作者来说，MATLAB 意味着乐趣。MATLAB 软件将人们从乏味的 Fortran、C 编程中解放出来，使他们真正地把精力放在科研和设计的核心问题上，大大提高了科研产出和发现的步伐。在问世后的近 20 年时间里，MATLAB 系列产品风靡全球，成为众多科研工作者和工程设计人员的首选工作平台。其核心产品 MATLAB 以简洁的语言、方便的操作以及开放的体系，在数值计算、数据分析、图形显示、应用编程等方面得到了广泛的接受和应用。

作为一个科研工作者，更希望自己能够以最少的时间系统地掌握 MATLAB 这个科研利器。台湾清华大学张智星教授编写的《MATLAB 程序设计与应用》一书的简体中文版的正式发行，为众多需要学习、了解 MATLAB 语言和编程的使用者提供了一个最佳的学习途径。

本书作者根据自己多年来开发、使用和讲授 MATLAB 的经验，以生动的笔触、丰富的算例系统完整地介绍了 MATLAB 程序设计的方法。在 MathWorks 的工作经历使作者能够掌握第一手资料，从更为独特的视角来讲述 MATLAB 产品及应用。在众多介绍 MATLAB 语言及编程的书籍之中，本书无疑为其中的佼佼者。

即便对于已经熟悉 MATLAB 的读者而言，也能够从本书中受益。通过阅读本书，您能够了解如何充分利用 MATLAB 所提供的各项功能，从而以最简洁的方式编写出运行效率更高的代码来。

清华大学出版社及时地引进和出版本书的简体版，为广大的 MATLAB 初学者和爱好者做了一件好事。在保持原书叙述风貌的前提下，对书中的科技用语进行了重新润色和整理，使其更容易为大家所理解和接受。清华大学出版社严谨的工作作风，保证了此书的权威性和高质量，更为此书增色不少。

谨以此序祝所有科技人员早日加入 MATLAB 使用者的行列，在 MATLAB 的使用中得到更多的乐趣！

北京九州恒润科技有限公司
(MATLAB 中国大陆惟一代理)
2002 年 3 月 25 日

目录

第一篇 基本概述

第 1 章	MATLAB 小传与外观.....	3
1-1	MATLAB 小传.....	4
1-2	MATLAB 第五版的外观.....	6
1-3	MATLAB 第六版的外观.....	9
第 2 章	初探 MATLAB.....	11
2-1	使用变量与基本运算.....	12
2-2	向量与矩阵的处理.....	13
2-3	常用数学函数.....	16
2-4	程序流程控制.....	19
2-5	M 文件.....	21
2-6	搜寻路径.....	23
2-7	工作空间与变量的储存及加载.....	25
2-8	退出 MATLAB.....	29

第二篇 绘图功能

第 3 章	二维平面绘图.....	33
3-1	基本的二维绘图命令.....	34
3-2	图形的控制.....	39
3-3	图轴的控制.....	41
3-4	加入说明文字.....	45
3-5	其他平面绘图命令.....	47
第 4 章	三维立体绘图.....	53
4-1	基本立体绘图命令.....	54
4-2	立体图形与图轴的基本技巧.....	60
4-3	曲面颜色的控制.....	64
第 5 章	特殊图形.....	71
5-1	长条图.....	72
5-2	面积图.....	75
5-3	扇形图.....	76

5-4	针头图	79
5-5	阶梯图	80
5-6	实心图	82
5-7	向量场图	84
5-8	等高线图	85
5-9	其他高级绘图功能	91
第 6 章	图像显示与读写	93
6-1	MATLAB 的图像格式	94
6-2	图像的显示与打印	97
6-3	8-bits 图像	99
6-4	图像文件的读取与写入	101
第 7 章	动画制作	105
7-1	MATLAB 动画简介	106
7-2	以电影方式产生动画	106
7-3	以对象方式产生动画	108
第 8 章	句柄图形与 GUI 设计	111
8-1	句柄图形简介	112
8-2	以 GUI 进行图形对象的属性存取	113
8-3	以命令行进行图形对象的属性存取	117
8-4	以 M 文件进行 GUI 的设计	121
8-5	以 M 文件设定鼠标事件的回调命令	128
第 9 章	GUIDE: GUI 设计环境	131
9-1	GUIDE 简介	132
9-2	GUIDE 控制面板、属性编辑器和回调编辑器	133
9-3	对齐编辑器	137
9-4	菜单编辑器	139
9-5	MATLAB 第六版的 GUIDE	141

第三篇 变量与数据结构

第 10 章	矩阵的处理与运算	147
10-1	矩阵的索引或下标	148
10-2	特殊用途矩阵	151
10-3	矩阵的数学运算	153
10-4	矩阵的内部数据类型	159
第 11 章	字符与字符串	161
11-1	基本概念	162
11-2	使用一个变量来储存多个字符串	165

11-3	字符串的比较、寻找、代换、分解与结合	167
11-4	字符串、数值与数组的转换	170
11-5	本章命令汇整	173
第 12 章	多维数组	175
12-1	多维数组的定义	176
12-2	多维数组的建立	178
第 13 章	异质数组	181
13-1	异质数组的建立	182
13-2	异质数组的内容显示	184
13-3	异质数组的内容取用	185
13-4	其他相关命令	187
13-5	本章命令汇整	190
第 14 章	结构数组	191
14-1	结构数组的建立	192
14-2	取用及改变结构数组的数据	194
14-3	取用及改变结构数组的字段	198
14-4	其他相关命令	199
第 15 章	稀疏矩阵	201
15-1	稀疏矩阵的建立	202
15-2	稀疏矩阵的储存空间	204
15-3	稀疏矩阵的观看与图标	205
15-4	稀疏矩阵的运算	208
15-5	本章命令汇整	209

第四篇 程序设计

第 16 章	MATLAB 的运算符	213
16-1	数学运算符	214
16-2	关系运算符	214
16-3	逻辑运算符	217
16-4	位运算符	218
16-5	集合运算符	219
第 17 章	M 文件	221
17-1	脚本	222
17-2	函数	224
17-3	子函数与私有目录	227
17-4	局部变量与全局变量	228
17-5	程序代码保护: p-code	229

第 18 章	程序流程控制	231
18-1	循环语句	232
18-2	条件语句	235
第 19 章	程序调试	239
19-1	程序调试概述	240
19-2	一般调试技巧	240
19-3	以命令行为主的程序调试	241
19-4	以图形界面进行程序调试	246
第 20 章	文件输出及输入	251
20-1	打开及关闭文件	252
20-2	读取 ASCII 文件	253
20-3	写入 ASCII 文件	257
20-4	读取二进制文件	258
20-5	写入二进制文件	260
20-6	控制文件位置指针	260
20-7	本章命令汇整	262
第 21 章	程序计时	263
21-1	整段程序代码的计时方法	264
21-2	个别函数的计时方法	265
21-3	本章命令汇整	269
第 22 章	程序代码与内存的最优化	271
22-1	程序代码的向量化	272
22-2	矩阵的预先配置	274
22-3	内存管理	275
第 23 章	应用程序接口	277
23-1	MATLAB 应用程序接口	278
23-2	编写能让 MATLAB 调用的 C 函数：前置测试	278
23-3	MATLAB 的数据结构及对应 API	282
23-4	一个最简单的 MEX 文件	283
23-5	处理二维矩阵的 MEX 文件范例	285
23-6	产生基本工作空间变量的 MEX 文件范例	290

第五篇 数值运算与其他应用面

第 24 章	线性代数	295
24-1	逆矩阵与行列式	296
24-2	特征值与特征向量	298
24-3	奇异值与奇异向量	300

24-4	联立线性方程式	301
24-5	本章命令汇整	304
第 25 章	多项式的处理与分析	305
25-1	多项式的加减乘除	306
25-2	多项式的求值、求根、微分与积分	307
25-3	矩阵的特征多项式	309
25-4	部分分式展开	310
24-5	多项式拟合	311
第 26 章	一般数学函数的处理与分析	313
26-1	MATLAB 的函数表示法	314
26-2	数学函数的绘图	315
26-3	函数的求根	320
26-4	函数的极小值	322
26-5	数值积分	326
26-6	本章命令汇整	328
第 27 章	内插法	329
27-1	一维内插法	330
27-2	二维栅格点内插法	332
27-3	二维散布点内插法	334
27-4	三维栅格点内插法	335
27-5	高维栅格点内插法	337
27-6	三角内插法与计算几何	338
27-7	本章命令汇整	342
第 28 章	曲线拟合与回归分析	345
28-1	线性回归	346
28-2	非线性回归	353
第 29 章	常微分方程式	359
29-1	ODE 命令简介	360
29-2	ODE 命令基本用法	360
29-3	ODE 命令的选项	365
29-4	ODE 文件的高级用法	371
附录 A	习题精选	375
附录 B	MathWorks 公司产品系列与工具箱/方块集	391

第一篇

基本概述

CH. 1 **MATLAB 小传与外观**

CH. 2 **初探 MATLAB**

第 1 章

MATLAB 小传与外观

本章重点

本章介绍 MATLAB 与 MathWorks 公司的背景和历史，并说明 MATLAB 第五版和第六版的外观。

1-1 MATLAB 小传

MATLAB 是由 MathWorks 公司于 1984 年推出的数学软件，其名称是由“矩阵实验室”（MATrix LABoratory）所合成的，由此可知其最早的开发理念是提供一套非常完善的矩阵运算命令。但随着数值运算需求的演变，MATLAB 已经成为各种系统仿真、数字信号处理、科学可视化的标准语言。

MATLAB 虽然在 1984 年首次推出商用版，但其前身早在 1978 年即已现身，其作者是任教于新墨西哥大学的 Cleve Moler 教授，不过当时的 MATLAB 是免费的，Cleve Moler 教授使用它来让学生更容易地了解线性代数及各种数值方法与矩阵理论。事实上，MATLAB 的许多核心计算技术源自于 LINPACK 及 EISPACK，这是两个美国国科会计划所开发的数值运算软件，当时 Cleve Moler 教授也是计划所负责人之一，因此 MATLAB 的数值计算能力，可说是经过了 20 多年的千锤百炼，并不是一般数学软件可以望其项背的（注：MATLAB 第六版采用了另一套数学程序库，称为“LAPACK”）。Cleve Moler 现在不但是该公司的首席科学家，而且以 60 岁的高龄，还常常亲自进行编写程序的工作，这是令笔者最为佩服的地方，也是促使笔者不断亲自开发各项程序的原动力。如果您有数值运算方面的高水平问题，寄到 MathWorks 后，大部分还是会由 Cleve Moler 亲自回答（各位是否记得在 1994 年，Pentium 芯片曾发生 Fdiv 的 bug？



Cleve Moler

当时 Cleve Moler 是第一个以软件解决此 bug 的人，曾一时脍炙人口）。

虽然 Cleve Moler 是 MATLAB 的原作者，但是第一个将 MATLAB 商品化的人并不是



Jack Little

他，而是 Jack Little。Jack Little 在 Stanford 大学主修控制，当时即接触到 MATLAB，直觉告诉他，这是一个潜力很大的软件。因此他在毕业后没多久，即决定将 MATLAB 以 C 语言重写（原先 Cleve Moler 教授是以 FORTRAN 写的），并于 1984 年成立 MathWorks 公司，首次推出 MATLAB 商用版。在公司创建的五年里，Jack Little 非常辛苦，常常身兼数职（董事长、总经理、行销、业务、收发兼工友），但公司一直稳定成长，从当初的一人公司，到 1993 年的 200 人，到现在（2000 年）的 500 余人，不但打败其他竞争软件，而且前景一片欣欣向荣。根据 Jack Little 个人的现身说法，MATLAB 早期成功的两大因素是：选用了 C

语言及选定 PC 为主要平台，这似乎和微软的成功有相互呼应之妙。

MathWorks 虽然已是超过 500 人的大公司，但至今仍然是私人企业，并未上市，这和 Jack Little 的个人理念有关，他觉得 MATLAB 的设计方向一直是以顾客的需求与软件的完整性为首要目标，而不是以获利为主。因此 MATLAB 一直是在稳定中求进步，而不会因为上市而受到股东左右发展方向（这也是为什么 MATLAB 新版本总是姗姗来迟，因为他们不会因为市场的需求而推出不成熟的产品）。此外，由于 Jack Little 保守的个性，也使得 MathWorks 不曾跨足 MATLAB/Simulink 以外的事业，当前市场上纷纷扰扰的购并或分家，MathWorks 完全是绝缘体。

笔者有幸于 1993~1995 年任职于 MathWorks 公司，深觉此公司的成功并非幸致。公司本身非常具有活力，夏天有全公司总动员的 Summer outing，冬天则有室内的 Sports party，每个星期有一天称为 Tuesday（不一定是星期二），是大伙儿下班后一起到 Pub 喝酒放松的日子（账单当然是由公司负责）。平常弹性时间上班，公司内还有免费的高级果汁及软饮料，晚上若不想回家，晚餐（大部分是 Bertucci's pizza）也由公司招待。在技术应用方面，MathWorks 深谙 Internet 的使用之道，不但很早就在 Newsgroup 上进行对使用者的技术指导，在 WWW 兴起之后，也很早就提供各项技术支持与搜索功能，并在企业网（Intranet）方面，以 Web 与数据库的整合来进行软件 bug 的管理、追踪与修复。MathWorks 对网络与 WWW 技术的善用，连其他专书与杂志都曾予以专题介绍。

MATLAB 早期以矩阵运算为主，但随着科学可视化（Scientific Visualization）的需求日增，于是在 MATLAB 第四版推出句柄图形（Handle Graphics），这是一个里程碑，自此之后，所有的 Demos 都包含友好的图形用户界面。另一个里程碑则是在 MATLAB 第五版，允许用户建立许多不同的数据类型（如多维数组、结构数组、异质数组等），而不再只是局限于二维的矩阵而已。

MATLAB 是一个计算核心，围绕着这个计算核心，有许多针对不同应用所开发的应用程序，称为工具箱（Toolboxes），这些工具箱的列表可详见附录 B。MathWorks 本身所提供的工具箱大概有 40 多个，另外还有其他公司或研究单位所提供的工具箱，这些工具箱的总数已有上百个之多，而且新的工具箱还在持续增加之中。因此如果您有特别的应用领域，您应该上网搜索是否有相关的工具箱，很可能已经有人将您所要的应用程序写成一个工具箱了！

除了 MATLAB 之外，MathWorks 还有两项主要相关产品，即 Simulink 及 Stateflow。Simulink 专用于连续或离散时间的动态系统仿真，Stateflow 则用于仿真有限状态机（Finite State Machines）或事件驱动系统（Event-driven Systems）。Simulink 是一个仿真核心，围绕着这个核心所开发的应用程序称为方块集（Blocksets）。这些产品的关系可用图 1.1 来表示。

从 MATLAB → Simulink → Stateflow 的发展过程来看，MathWorks 的大方向已由纯粹的数值运算慢慢转到计算仿真与硬件实现的集成（Integration）与快速原形（Rapid Prototyping），尤其是现有 Simulink 与 Stateflow 的 C 程序代码自动生成功能，以及将来的定点运算方块集（Fixed-point Blockset）与 C 程序代码至 VHDL 的自动转换功能，可以预见在不远的将来，从顶层的系统仿真到底层的芯片算法设计，都可以用 MATLAB/

Simulink/Stateflow 及相关的工具箱来实现。

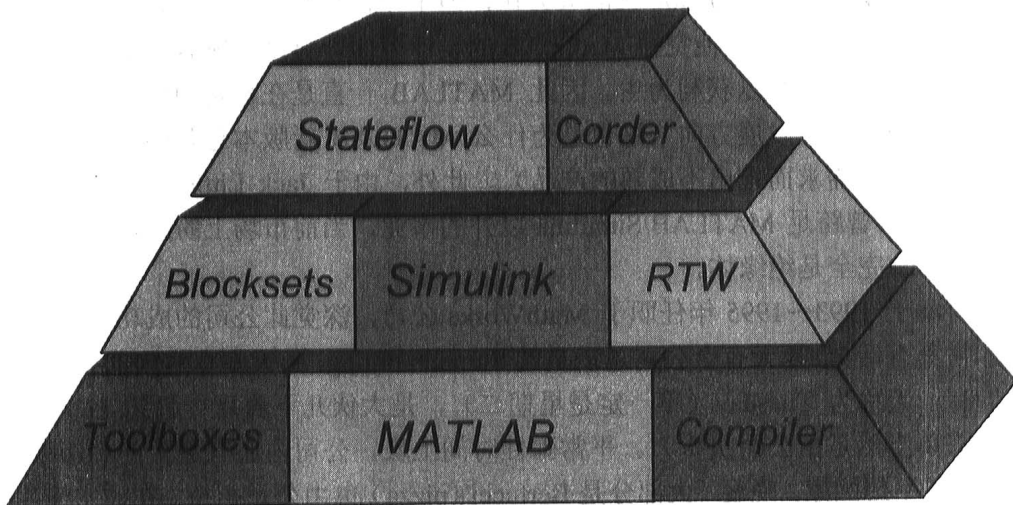



图 1.1 产品的关系图

1-2 MATLAB 第五版的外观

本节说明 MATLAB 第五版的外观，若您使用的是 MATLAB 第六版，则可直接跳读下一节。本节的说明，都以 MATLAB 5.3 版，即 Release11 为主。

一旦安装 MATLAB 第五版后，MATLAB 的图标（）即出现在您的桌面上，您可以用鼠标双击以启动 MATLAB。也可以在“开始”的主菜单下，选择“程序/MATLAB/MATLAB5.3”来启动 MATLAB。此外，如果您喜欢从 DOS 命令窗口使用命令（像我一样），也可以在 DOS 窗口输入下列命令来启动 MATLAB：

```
{MATLAB 根目录}\bin\matlab
```

（其中“{MATLAB 根目录}”需替换成 MATLAB 的根目录，对 MATLAB 5.3 版而言，其根目录是 C:\MATLAB R11。）上述这三种方法都可以打开 MATLAB 的命令窗口，其外观如图 1.2 所示。

您可以在 MATLAB 命令窗口下输入“version”，以获取版本信息。本书所依据的版本至少是 MATLAB 第五版，如果您还在用第四版，就表示该升级了。

在 MATLAB 命令窗口上，有标准的下拉式菜单（Pull-down Menu），如 File、Edit、View、Window、Help 等，其中较重要的是 File/Preference 下的对话框，其外观如图 1.3 所示。