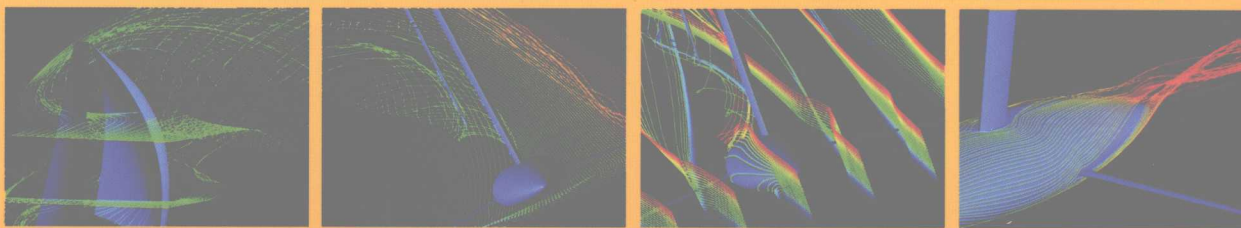


MATLAB 7.X 应用系列丛书

MATLAB



与

C/C++

混合编程

张亮 王继阳 等 编著

实例丰富

帮助读者较快地将MATLAB与C/C++混合编程的知识应用于实际工作中。

内容由浅入深

以工程应用为背景，详细讲解如何使用MATLAB和C/C++语言进行混合编程。

赠实例代码

书中所举实例的代码放在人民邮电出版社的官方网站上，供读者下载使用。

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TP312MA
548
12

MATLAB7.x 应用系列丛书



MATLAB 与C/C++ 混合编程

张亮 王继阳 等 编著

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 与 C/C++混合编程 / 张亮, 王继阳编著. —北京:
人民邮电出版社, 2008.11
(MATLAB7.x 应用系列丛书)
ISBN 978-7-115-18513-6

I. M… II. ①张…②王… III. ①计算机辅助计算—
软件包, MATLAB—程序设计②C 语言—程序设计
IV. TP391.75 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 104982 号

内 容 提 要

本书介绍了使用 MATLAB 与 C/C++语言进行混合编程的各种接口和技术, 主要内容包括使用 C/C++语言调用 MATLAB 引擎进行混合编程, 使用 MAT 文件实现 MATLAB 和 C/C++语言的数据共享, 使用 C/C++语言编写 C-MEX 文件供 MATLAB 调用, 在 C/C++中使用 COM 组件和 MATLAB 编译器等。

本书实例丰富, 条理清晰, 图文并茂, 既可供电子信息、通信工程、信号处理、自动控制、机械与自动化、电力电气等专业高年级本科生和研究生阅读, 也可供从事算法研究和开发的技术人员参考。

MATLAB7.x 应用系列丛书

MATLAB 与 C/C++混合编程

-
- ◆ 编 著 张 亮 王继阳 等
责任编辑 陈万寿
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16.5
字数: 398 千字
印数: 1—4 000 册
- 2008 年 11 月第 1 版
2008 年 11 月河北第 1 次印刷

ISBN·978-7-115-18513-6/TN

定价: 32.00 元

读者服务热线: (010)67120142 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

丛书前言

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一，具有强大的科学计算能力、可视化功能、开放式可扩展环境，所附带的工具箱支持 30 多个领域的计算、仿真等应用，因此，在许多科学领域中 MATLAB 成为计算机辅助设计和分析、算法研究及应用开发的基本工具和首选平台。同时，MATLAB 具有其他高级语言难以比拟的一些优点——编写简单、效率高、易学易懂，因此，MATLAB 语言也被通俗地称为演算纸式的科学算法语言。MATLAB 在信号处理、通信、自动控制及科学计算等领域中被广泛应用，被认为是最能够提高工作效率，改善设计手段的工具软件。掌握了 MATLAB，就掌握了一把开启专业领域科学研究大门的钥匙。

然而，目前市面上与 MATLAB 技术相关的书籍，由于受到各种因素的制约，往往存在着内容不够全面，没有和相关技术发展结合的问题，不能满足新技术发展的需要。同时，MATLAB 图书如果缺乏实际应用例子的介绍，就会让读者感觉参考价值不高。

本系列丛书旨在用 MATLAB 的最新版本软件工具实现数字信号处理、图像处理、小波分析和系统仿真等相关应用领域的新技术、新算法，使读者可以通过解读书中所举的应用实例快速掌握 MATLAB 的新功能、新特性，同时能够快速解决读者所关注领域的新问题。

本系列丛书重点介绍了 MATLAB 工具箱的最新内容和相关专业的新理论，能够紧跟技术发展。另外，本系列丛书注重理论与实际的结合，对所有基础理论和重要算法的讨论都通过 MATLAB 工具箱中相关函数进行了实现，具有较高的工程应用价值。

前 言

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一,在许多科学领域中成为计算机辅助设计与分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。然而, MATLAB 作为一种解释性语言,与 C/C++语言相比,还具有一定的局限性,如:运行效率低;M 文件为文本文件,文本编辑器可以直接打开,不利于算法保密;访问硬件能力相对较差,图形用户界面功能也不够灵活。

C/C++是当今最常用的应用程序开发语言,具有高效、灵活等特点,而且在当今主流操作系统 Windows 和 Linux 中都有集成开发环境支持,这些集成开发环境功能强大,是开发独立应用程序的首选。

因此,在实际工程应用中,可以充分发挥 MATLAB 和 C/C++语言各自的优势,降低开发难度,缩短开发周期。本书将主要介绍如何结合 MATLAB 和 C/C++语言的优点,利用 MATLAB 提供的各种混合编程接口进行混合编程。

本书内容由浅入深,以工程应用为背景,对如何使用最新的 MATLAB7.x 和 C/C++语言进行混合编程做了极为详细的讲解。全书共分 12 章,第 1 章介绍了 MATLAB7.x 的基础知识;第 2 章介绍了 MATLAB 编程的基础知识;第 3 章简述 MATLAB 与 C/C++混合编程的各种接口等基本知识;第 4 章到第 11 章分别介绍了各种接口的具体细节,并有相应的简单实例;第 12 章介绍了 MATLAB 混合编程综合实例——SAR 图像处理系统。

我们将书中所举实例的代码放在人民邮电出版社的官方网站(<http://www.ptpress.com.cn>)上,供读者下载使用,以便更好地学习和掌握本书内容。

本书论述清楚,语言简练,实例典型,结构合理;内容上由浅入深,表述上深入浅出,软件操作、专业知识与实际应用紧密结合。读者通过使用本书,可以学到大量的混合编程技巧和基本方法,快速解决学习、科研和工程实际中的问题。

由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。读者可将宝贵的意见和建议发至责任编辑电子邮箱 chenwanshou@ptpress.com.cn。

作 者

目 录

第 1 章 MATLAB 简介1	
1.1 MATLAB 产品概述.....1	
1.2 MATLAB7.x 新增功能及改进.....3	
1.2.1 MATLAB7.x 升级内容.....4	
1.2.2 MATLAB 升级及新增的 模块.....5	
1.3 MATLAB 语言概述.....7	
第 2 章 MATLAB 编程9	
2.1 M 文本编辑器概述.....9	
2.2 MATLAB 数据类型.....9	
2.3 MATLAB 程序流程控制.....17	
2.3.1 for 循环结构.....17	
2.3.2 while 循环结构.....17	
2.3.3 if-else-end 选择结构.....18	
2.3.4 switch-case 选择结构.....19	
2.3.5 try-catch 结构.....20	
2.3.6 程序中常用的其他命令.....21	
2.4 脚本文件和函数文件.....22	
2.4.1 M 脚本文件.....22	
2.4.2 M 函数文件.....22	
2.4.3 局部变量和全局变量.....23	
2.4.4 M 文件的一般结构.....23	
2.4.5 MATLAB 的搜索过程.....24	
2.5 表达式演算函数.....24	
2.5.1 eval.....24	
2.5.2 feval.....25	
2.5.3 内联函数.....26	
2.6 函数句柄.....28	
2.6.1 函数句柄的创建和观察.....28	
2.6.2 函数句柄的基本用法.....29	
2.7 MATLAB 面向对象编程.....31	
2.8 程序的跟踪和调试.....34	
2.8.1 直接调试法.....34	
2.8.2 调试器的使用.....35	

2.8.3 程序性能分析.....37	
2.9 MATLAB 程序优化.....41	
2.9.1 矢量化操作.....41	
2.9.2 给数组预定义维数.....41	
2.9.3 下标或者索引操作.....42	
2.9.4 尽量多使用函数文件而 少使用脚本文件.....42	
2.9.5 将循环体中的内容转换 为 C-MEX.....42	
2.9.6 内存优化.....43	
2.9.7 程序优化的其他措施.....43	
第 3 章 MATLAB 与 C/C++ 混合编 程技术概述44	
3.1 MATLAB 混合编程的优点.....44	
3.2 MATLAB 应用程序接口概述.....45	
3.3 混合编程技术概述.....47	
3.3.1 使用 MATLAB 引擎.....47	
3.3.2 使用 ActiveX 控件.....47	
3.3.3 使用 MAT 文件共享 数据.....48	
3.3.4 使用 C-MEX 技术.....48	
3.3.5 使用 MATLAB COM Builder.....48	
3.3.6 使用 Mideva 工具.....49	
3.3.7 使用 MATLAB Add-in.....49	
3.3.8 使用 MATLAB 编译器实 现混合编程.....49	
第 4 章 在 VC 环境中使用 MATLAB 引擎51	
4.1 MATLAB 计算引擎的概念和 功能.....51	
4.2 MATLAB 计算引擎的使用.....52	
4.3 在 VC6.0 及 VC.Net 环境下调用 MATLAB 计算引擎.....55	

4.3.1	VC6.0 环境设置及应用实例	55	7.1.2	COM 组件的有关概念	114
4.3.2	VC.Net 环境设置及应用实例	61	7.2	MATLAB Builder for .Net	115
第 5 章 使用 MAT 文件实现数据共享		70	7.2.1	MATLAB Builder for .Net 简介	115
5.1	MAT 文件概述	70	7.2.2	MATLAB Builder for .Net 用法	116
5.1.1	MATLAB 中操作 MAT 文件	70	7.2.3	MATLAB COM 编译器产生的 COM 组件	126
5.1.2	MAT 文件格式	72	7.3	在 VC6.0 及 VC.Net 中使用 MATLAB 的 COM 组件	132
5.2	用 C/C++ 语言操作 MAT 文件的 API 函数	73	7.3.1	在 VC6.0 中使用 MATLAB 编译的 COM 组件	133
5.3	VC6.0 及 VC.Net 中操作 MAT 时的环境设置	79	7.3.2	在 VC.Net 中使用 MATLAB 编译的 COM 组件	139
5.4	使用 MAT 文件共享数据实例	82	第 8 章 使用 MATLAB 编译器实现混合编程		143
5.4.1	在 VC6.0 环境下使用 MAT 文件共享数据实例	82	8.1	MATLAB 编译器	143
5.4.2	在 VC.Net 环境下使用 MAT 文件共享数据实例	88	8.1.1	MATLAB 编译器概述	143
第 6 章 使用 C-MEX 文件实现混合编程		90	8.1.2	MATLAB 编译器新特点	144
6.1	MEX 技术概述	90	8.1.3	C/C++ 代码的生成	145
6.2	使用 MEX 文件的环境配置	91	8.1.4	MATLAB 组件运行环境 (MCR)	145
6.3	MEX 文件的结构和执行流程	92	8.1.5	MATLAB 组件技术文件 (CTF)	146
6.3.1	MEX 文件结构	92	8.1.6	MATLAB 编译器选项	146
6.3.2	MEX 文件的执行流程	96	8.2	MATLAB 编译器的安装、设置和使用	147
6.4	常用库函数概述	97	8.2.1	安装	147
6.5	C-MEX 混合编程实例	100	8.2.2	设置	147
6.5.1	MEX 命令的使用	100	8.2.3	使用	149
6.5.2	VC6.0 环境下编译与调试 MEX 文件	101	8.2.4	编译后程序的发布	151
6.5.3	VC.Net 环境下编译与调试 MEX 文件	106	8.3	使用 MATLAB 编译器实现混合编程	152
第 7 章 使用 COM 技术实现混合编程		113	8.3.1	使用 MATLAB 编译器和 VC6.0 实现混合编程	152
7.1	COM 技术概述	113	8.3.2	MATLAB 图形绘制在 MFC 界面上	157
7.1.1	COM 简介	113			

8.3.3 将 MATLAB Figure 窗口 嵌入 MFC 程序	168	第 11 章 使用 MATLAB Add-in 实现 混合编程	202
8.3.4 将 M 文件编译为可执行 文件进行混合编程	173	11.1 MATLAB Add-in 概述	202
第 9 章 使用 Mideva 实现混合 编程	177	11.2 MATLAB Add-in 安装及 VC6.0 环境设置	202
9.1 Mideva 概述	177	11.3 MATLAB Add-in 混合编程 实例	206
9.2 Mideva 的安装及使用	178	第 12 章 MATLAB 混合编程综合实例	208
9.2.1 Mideva 的安装	178	12.1 系统需求分析	208
9.2.2 Mideva 的使用	180	12.1.1 软硬件环境需求	208
9.3 VC6.0 使用 Mideva 的环境 设置	183	12.1.2 用户界面需求	208
9.4 VC6.0 与 Mideva 混合编程 实例	184	12.1.3 软件质量需求	209
第 10 章 使用 ActiveX 技术实现 混合编程	193	12.2 系统模块划分	209
10.1 ActiveX 技术概述	193	12.3 模块的实现及系统集成	209
10.2 利用 ActiveX 自动控制器 实现混合编程	194	12.3.1 底层平台的实现	209
10.3 利用 ActiveX 的自动化服务器 进行混合编程	196	12.3.2 图像处理模块的实现	214
		12.3.3 系统集成与发布	235
		参考文献	254

第 1 章 MATLAB 简介

MATLAB 经过几十年的发展完善,已经成为国际公认的标准计算软件,并在大学里广泛使用,深受师生们的喜爱。在欧美的一些大学里, MATLAB 已经成为理工科大学学生、硕士生、博士生必须掌握的基本工具之一。 MATLAB 在科学计算领域已经成为主流工具,而且 MATLAB 能够与各种程序语言进行混合编程,大大加快了实际开发周期。这也是它广泛应用于科学计算领域的一个重要原因。

本章主要内容包括:

- ◆ MATLAB 产品概述;
- ◆ MATLAB7.x 新增功能及改进;
- ◆ MATLAB 语言概述。

1.1 MATLAB 产品概述

MATLAB 诞生于 20 世纪 70 年代,它的开发者是 Cleve Moler 博士和他的同事。当时, Cleve Moler 博士和他的同事开发了 EISPACK 和 LINPACK 的 Fortran 子程序库,这两个程序库主要是求解线性方程的程序库。但是, Cleve Moler 发现学生使用这两个程序库时有困难,主要是接口程序不好写,很费时间。于是 Cleve Moler 自己动手,在业余时间编写了 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序。 Cleve Moler 给这个接口程序取名为 MATLAB,意为矩阵(Matrix)和实验室(Laboratory)的组合。

1984 年, Cleve Moler 和 John Little 成立了 MathWorks 公司,正式把 MATLAB 推向市场并继续进行 MATLAB 的开发。1993 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB4.0; 1995 年, MathWorks 公司推出 MATLAB4.2C (For Windows3.x); 1997 年推出 MATLAB5.0; 2000 年 10 月, MathWorks 公司推出 MATLAB6.0; 2002 年 8 月推出 MATLAB6.5; 2004 年 6 月, MATLAB7.0 版本开始发布。每一次新版本的推出都使 MATLAB 有长足的进步,界面越来越友好,内容越来越丰富,功能越来越强大。

MATLAB 以商品形式出现后,仅短短几年就以良好的开放性和运行的可靠性淘汰了当时众多的软件包。进入 20 世纪 90 年代后, MATLAB 已经成为国际公认的标准计算软件,并在大学里广泛使用,深受大学师生的喜爱。在欧美的一些大学里,诸如应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书都把 MATLAB 作为教学内容, MATLAB 成为攻读学位的本科生、硕士生、博士生必须掌握的基本工具之一。

MATLAB 长于数值计算,能处理大量的数据,而且效率比较高。 MathWorks 公司在此基

基础上开拓了符号计算、文字处理、可视化建模和实时控制能力，增强了 MATLAB 的市场竞争力，使 MATLAB 成为了市场主流的数值计算软件。经过多年的工程实践，人们已经发现 MATLAB 作为计算工具和科技资源，可以扩大科学研究的服务范围，提高工程生产的效率，缩短开发周期，加快探索步伐，激发创作活力。

MATLAB 是支持从概念设计、算法开发、模型仿真到实时实现的理想集成环境。无论进行科学研究还是工程应用，MATLAB 都是必不可少的模型和算法仿真工具。一般而言，MATLAB 的典型应用包括：

- (1) 数据分析和可视化；
- (2) 数值和符号计算；
- (3) 建模、仿真和原型开发；
- (4) 算法预设计与验证；
- (5) 图形用户界面设计；
- (6) MATLAB 应用与 C、C++、Java 以及 Web 集成；
- (7) 图像和视频信号处理；
- (8) 一些特殊的矩阵计算应用，例如自动控制理论、统计、数字信号处理（时间序列分析）等。

MATLAB 由一组面向具体应用的工具箱组成，包含了完整的函数集，用来对数字图像、控制系统和神经网络等进行分析和设计。MATLAB 的工具箱是开放的，因此 MATLAB 的工具箱越来越多，功能也越来越强大。用户可以编写自己的工具箱，使用时与使用 MATLAB 提供的工具箱一样。因此，出现了越来越多的免费或商业 MATLAB 工具箱。

MATLAB 的主要产品构成如下。

1. MATLAB 集成开发环境

MATLAB 提供了一个集成的开发环境，方便用户开发自己的应用程序。它有一系列的工具和功能体，其中大部分具有图形用户界面，包括桌面（Desktop）、命令窗口、历史（History）窗口、工作空间（Workspace）、文件和搜索路径等。

2. MATLAB 数学函数库

MATLAB 提供了强大的数学函数库，既包括最基本的矩阵运算函数，如矩阵求逆等，又包括一些特殊的数学函数，如贝塞尔函数等。数学函数库是 MATLAB 进行数据分析的基础。

3. MATLAB 图形用户接口（GUI）

MATLAB 提供了图形用户接口函数，包括二维和三维图形显示、图像处理、动画和图形显示的高级命令。设计图形用户接口的工具包括布局编辑器、排列工具、属性观察器和菜单编辑器等。

4. MATLAB 的专用领域工具箱

MATLAB 提供了一系列专用领域的工具箱，如模型仿真、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理等，用于解决特定领域的工程问题。工具箱是开放和可扩展的，用户可以根据需要选择购买和选择安装需要的工具箱。

5. MATLAB Compiler

MATLAB Compiler（编译器）提供了将 MATLAB 语言编写的 M 文件自动转换为 C 或 C++ 格式文件的能力，支持用户进行独立应用开发。利用 MATLAB Compiler，用户可以快速

地开发出功能强大的独立应用。

6. MATLAB Simulink

MATLAB Simulink 是一个对动态系统进行建模、仿真和分析的软件包。它既可以仿真线性系统，又可以仿真非线性系统。它使得 MATLAB 的功能得到了进一步的扩展。

(1) 实现了可视化建模，在 Windows 环境下，用户可以通过简单的鼠标操作建立直观的系统模型，进行分析仿真。

(2) 实现了与 MATLAB 中 M 文件的数据共享，甚至可以与硬件实现实时信息交换。

(3) 将理论与工程实际有机地结合在一起。

7. Stateflow

与 Simulink 的模型框结合，描述复杂事件驱动系统的逻辑行为，驱动系统在不同的模块之间进行切换。

8. Real-Time Workshop

Real-Time Workshop 与 Stateflow 直接从 Simulink 模型与 Stateflow 框图中生成高效的可移植 C 代码或 Ada 代码。只需要简单的操作，用户无需烦琐的手工编程与调试就可以生成应用代码。

1.2 MATLAB7.x 新增功能及改进

MATLAB 的版本发展较快。2004 年 MathWorks 推出了 7.0 版本，它较以前版本有了较大的改进。MATLAB7.0 的特点在于全新的桌面及各种不同领域的集成工具，以方便用户使用。后来推出 MATLAB7.3 版本，其桌面如图 1-1 所示。

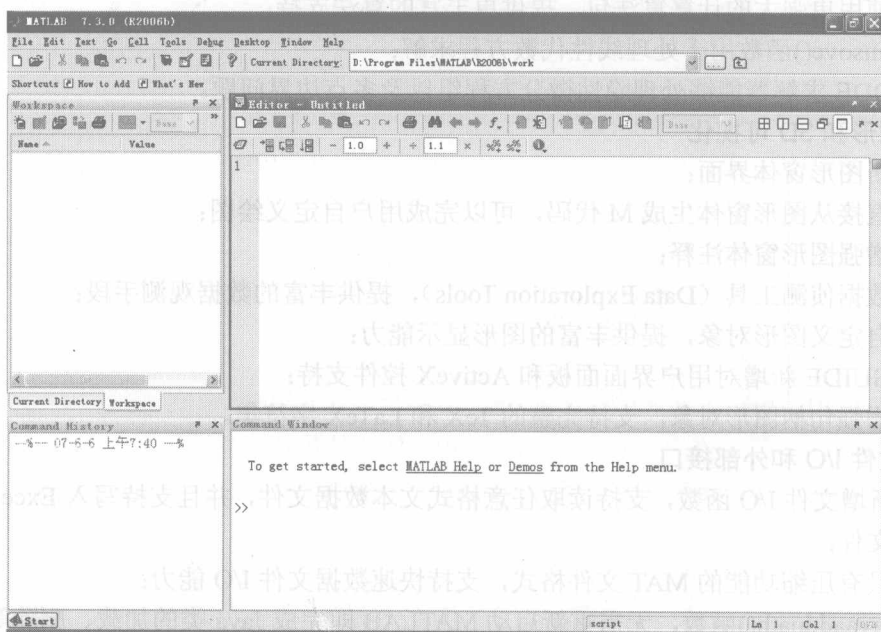


图 1-1 MATLAB7.3 桌面

1.2.1 MATLAB7.x 升级内容

MATLAB7.x 针对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 等方面进行升级, 具体内容包括以下几方面。

1. 开发环境

(1) 重新设计的桌面环境, 针对多文档界面应用提供了简便的管理和访问方法, 允许用户自定义桌面外观, 创建常用命令的快捷方式;

(2) 增强数组编辑器 (Array Editor) 和工作空间浏览器 (Workspace Brower) 功能, 用于数据的显示、编辑和处理;

(3) 在当前目录浏览器 (Current Directory Browser) 工具中, 增加代码效率分析、覆盖度分析等功能; M-Lint 编码分析, 辅助用户完成程序性能分析, 提高程序执行效率;

(4) 增强 M 文件编辑器 (M-Editor), 支持多种格式源代码文件可视化编辑, 例如 C/C++、HTML、Java 等。

2. 编程

(1) 支持创建嵌套函数 (Nested Function), 提供更灵活的代码模块化方式;

(2) 匿名函数 (Anonymous Function) 功能, 支持在命令行或者脚本文件中创建单行函数 (Single Line Function);

(3) 支持条件分支断点, 可以在条件分支语句中进行程序中断调试;

(4) 模块化注释, 支持为代码段注释。

3. 数学

(1) 支持整数算术运算;

(2) 支持单精度数据类型运算, 包括基本算术运算、线性代数、快速傅里叶变换等;

(3) 使用更强大的计算算法包, 提供更丰富的算法支持;

(4) `linsove()` 函数用于处理线性代数方程求解;

(5) ODE 求解器能够处理隐性微分方程组以及多点边界问题。

4. 图形和 3D 可视化

(1) 新图形窗体界面;

(2) 直接从图形窗体生成 M 代码, 可以完成用户自定义绘图;

(3) 增强图形窗体注释;

(4) 数据侦测工具 (Data Exploration Tools), 提供丰富的数据观测手段;

(5) 自定义图形对象, 提供丰富的图形显示能力;

(6) GUIDE 新增对用户界面面板和 ActiveX 控件支持;

(7) 增强句柄图形对象, 支持完整的 TeX 和 LaTeX 字符集。

5. 文件 I/O 和外部接口

(1) 新增文件 I/O 函数, 支持读取任意格式文本数据文件, 并且支持写入 Excel 和 HDF5 格式数据文件;

(2) 具有压缩功能的 MAT 文件格式, 支持快速数据文件 I/O 能力;

(3) `javaaddpath()` 函数, 无需重新启动 MATLAB 即完成 Java 类的加载、删除等功能;

(4) 支持 COM、服务器事件以及 VBS;

(5) 支持 SOAP, 使用网络服务;

(6) FTP 对象, 直接访问 FTP 服务器;

(7) 支持 Unicode 编码格式, 增强 MAT 文件字符集。

6. 性能与系统平台支持

(1) JIT 加速器支持所有数值数据类型;

(2) 在 Windows XP 系统下支持 3GB 内存访问。

1.2.2 MATLAB 升级及新增的模块

MATLAB7.3 升级了 29 个产品模块, 新增了 12 个产品模块。主要模块特性总结如下。

1. Control System Toolbox 6

Control System Toolbox 6 工具箱为动态系统闭环控制器设计与分析提供了强大的工具, 主要新特性包括:

(1) 使用基于 LAPACK 和 SLICOT 算法引擎的强大数值计算引擎, 提高计算速度与精度;

(2) 针对非稳态系统提供了更好的模型缩减算法;

(3) 新开发了模型分解命令。

2. Database Toolbox 3

Database Toolbox 3 支持在 MATLAB 环境中访问支持 ODBC/JDBC 标准的数据库, 使用 Visual Query Builder 工具可以完成数据库的访问、修改等工作, 这一过程不需要工程师了解任何 SQL 语言, 主要新特性包括:

(1) 支持 Java 语言的 SQL 对象 BINARY 和 OTHER;

(2) 支持脱离 Visual Query Builder 直接向 ODBC/JDBC 数据库写入数据;

(3) Visual Query Builder 支持结构和数值数组。

3. Filter Design Toolbox 3

Filter Design Toolbox 3 支持高级数字滤波器的设计、仿真与分析工作, 提供了基本滤波器体系结构和设计方法, 包括自适应滤波器和多速率滤波器, 并且可以用于复杂的实时 DSP 系统开发, 主要新特性包括:

(1) 扩展支持二阶 IIR 滤波器, 提供滤波器的设计、重构、定标、量化与图形化分析的能力;

(2) 支持多速率滤波器的设计与分析, 将单速率滤波器与多速率滤波器分析设计工作集成;

(3) 增强的定点滤波器仿真、分析和集成功能, 支持 Signal Processing Toolbox;

(4) FIR 滤波器设计函数;

(5) 改进 FDATool 工具, 包含了高级滤波器的设计方法、多速率滤波器设计功能, 改进了量化设计功能等;

(6) 支持通过 Filter Design HDL Coder 将滤波器设计结果进行 FPGA 仿真。

4. Instrument Control Toolbox 2

Instrument Control Toolbox 2 提供了与各种仪器设备进行数据通信的能力, 该工具箱支持 GPIB、VISA、TCP/IP 以及 UDP 等通信方式。工程师可以在 MATLAB 环境下生成数据, 发送给相应的仪器设备, 或者从仪器设备中读取数据并进行分析和可视化工作, 主要的新特性

包括:

(1) 支持 IVI、VXI Plug and Play 等设备, MATLAB 的仪器驱动无需用户了解仪器特性即可开展工作;

(2) 新开发的图形界面工具 TM Tool, 用户管理设备驱动。

5. Mapping Toolbox 2

Mapping Toolbox 2 提供在 MATLAB 环境下进行地理信息显示、分析函数以及相应的图形化界面工具, 主要新特性包括:

(1) 支持标准 GIS 和地理信息数据文件格式;

(2) 支持 Transverse Mercator 项目和 PROJ.4 项目数据库。

6. MATLAB Compiler 4

MATLAB Compiler 4 能够将 MATLAB 的算法和应用程序文件, 转变成可以发布的独立可执行的应用程序, MATLAB Compiler 4 支持更多的 M 语言特性, 主要新特性包括:

(1) 兼容 MATLAB 面向对象数据类型;

(2) 共享库函数开发环境, 兼容 R14 和 R13 版本的程序开发;

(3) 增强 C++ 语言集成;

(4) 支持生成各种独立可执行的应用程序, 包括 C/C++ 共享库、COM 组件和 Excel Plug-in 等。

7. MATLAB Report Generator 2

使用 MATLAB Report Generator 2 可以根据用户开发的 MATLAB 应用程序自动创建各种文档报告, 主要新特性包括:

(1) 重新设计的图形界面工具;

(2) 更快的文档生成速度;

(3) 支持生成 Adobe PDF 格式文档;

(4) 增加 MATLAB 组件, 支持 Axes、句柄图形以及 MATLAB 属性表格。

8. Optimization Toolbox 3

Optimization Toolbox 3 提供了针对通用问题或者大规模优化问题处理的算法, 支持线性规划、二次规划、非线性最小二乘法、非线性方程求解等功能, 主要新特性包括:

(1) 二进制整数规划问题求解;

(2) 针对中等规模问题实现无约束优化算法函数 `fminunc`;

(3) 增加使用单纯形算法的线性规划函数 `linprog`。

9. Signal Processing Blockset 6 (原来的 DSP Blockset)

Signal Processing Blockset 6 适用于扩展 Simulink, 进行针对帧信号的数字信号处理系统设计、仿真与分析工作。它能够完成通信系统、音频/视频系统、数字控制器、雷达/声呐系统、消费类电子产品以及医疗器械等信号处理系统的开发工作, 主要新特性包括:

(1) 音频与语音处理功能, 包括 LPC to/from RC, G.711 Codec, CIC 等;

(2) 扩展的数字滤波器, 包括 4 类浮点滤波器和 15 类定点结构滤波器;

(3) 增强的定点支持 (需要 Simulink Fixed-Point) 用于滤波器、信号统计模块等功能;

(4) 新开发的定点参数设置对话框用于设置模型的定点特性, 例如字长、二进制小数位以及整数溢出等;

(5) 新改进的 Scope 模块, 支持 Waterfall Scope。

10. Virtual Reality Toolbox 4

Virtual Reality Toolbox 4 可以将三维虚拟现实场景引入到 Simulink 模型中, 用于 Simulink 模型运算结果的可视化显示工作, 主要新特性包括:

- (1) 支持动画显示结果的录制;
- (2) 支持向量、矩阵数据输入, 用于控制场景动画;
- (3) 支持从 Simulink 模型中控制动画显示速率;
- (4) 改进的三维场景观测器 (Viewer), 用于模型的创建和观察;
- (5) 支持 USB Space Mouse、Space Traveler 运动控制输入设备, 以及力回馈操纵杆输入设备。

1.3 MATLAB 语言概述

MATLAB 易学易用, 其函数名和表达很接近我们书写计算公式的思维表达方式, 用 MATLAB 编写程序犹如在草稿纸上排列公式与求解问题。MathWorks 公司将 MATLAB 称为第 4 代编程语言。同其他的程序设计语言一样, MATLAB 语言提供了流控制、函数、数据结构、输入/输出功能以及面向对象的程序设计方法。

MATLAB 具有不同于其他语言 (如 Fortran、C 语言等) 的特点, 被称为第 4 代计算机语言, 又称为“草稿纸式”的语言。MATLAB 把工程技术人员从烦琐的程序代码中解放出来, 可以快速地验证自己的模型和算法。概括起来, MATLAB 语言具有如下主要特点。

1. 方便的矩阵和数组运算

MATLAB 是以矩阵为基础的, 可以方便地进行矩阵的算术运算、关系运算和逻辑运算等。MATLAB 有特殊矩阵专门的库函数, 可以高效地求解诸如信号处理、控制、优化等问题。变量不需要预先定义, 也不需要预先定义矩阵 (包括数组) 的维数。

2. 编程效率极高

MATLAB 是一种面向科学和工程计算的高级语言。它以矩阵运算为基础, 极少的代码即可实现复杂的功能。例如求矩阵的秩, MATLAB 只需要一条语句 `det()`, 而 C 语言等则需要几十甚至上百条代码。

3. 易学易用, 使用方便

MATLAB 易学易用, 其函数名和表达更接近我们书写计算公式的思维表达方式。MATLAB 是一种解释性语言, 不需要专门的编译器。具体地说, MATLAB 运行时, 可直接在命令行输入 MATLAB 语句, 系统立即进行处理, 完成编译、链接和运行的全过程。因此, MATLAB 语言不仅是一门语言, 广义上是一种语言调试系统。

4. 可扩充性强

MATLAB 有着丰富的库函数, 在进行复杂的数学运算时可以直接调用。用户可以根据需要方便地编写和扩充函数库。为了充分利用 Fortran 和 C 语言资源, 用户可以通过混合编程在 MATLAB 中调用 Fortran 和 C 语言的源程序, 也可以在 Fortran 和 C 语言中使用 MATLAB 的数值计算功能。

5. 方便的可视化

MATLAB 的绘图是十分方便的，它有一系列绘图函数，例如象限坐标、对数坐标、半对数坐标、极坐标等，均只需要调用不同的绘图函数，在图上标出图题、 x 轴和 y 轴标注、格绘制也只需要调用相应的命令，简单易行。另外，在调用绘图函数时调整自变量可绘出不同颜色的点、线、复线或多重线，这种为科学研究着想的设计，通过其他编程语言实现都是比较麻烦的。

6. 可移植性好

MATLAB 本身是用 C 语言编写的，而 C 语言的可移植性好。MATLAB 函数可以很方便地移植到 C 语言平台。除了内部函数以外，MATLAB 的绝大部分函数和工具箱函数都是公开的，可以用文本编辑器打开。但是，MATLAB 作为一种解释性语言，与 C 语言等其他高级语言相比较，也存在着以下一些缺点：

- (1) 运行效率较低，执行相同功能的代码运行时间较长；
- (2) M 文件为文本文件，文本编辑器可直接打开，不利于算法保密；
- (3) 访问硬件能力相对较差，图形用户界面功能也不够灵活。

第 2 章 MATLAB 编程


进行混合编程的前提是熟悉 MATLAB 编程。本章主要向读者介绍 MATLAB 编程的基本知识,包括编写 MATLAB 程序所需要的环境——M 文本编辑器、MATLAB 的基本数据类型、程序的流程控制、脚本文件和函数文件的基础知识、函数句柄的创建和使用、MATLAB 的面向对象程序设计,最后介绍 MATLAB 的跟踪和调试,以及 MATLAB 程序的优化。

2.1 M 文本编辑器概述


MATLAB Editor/Debugger 是一个集编辑与调试两种功能于一体的工具环境,利用它不仅可以完成基本的文本编辑操作,还可以对 M 文本进行调试。

本节系统地介绍编辑调试器的文件编辑功能,调试功能在本书 2.8 节介绍。


(1) 为创建新 M 文件,启动编译器的 3 种操作方法。

- ① 在 MATLAB 指令窗运行指令 `edit`。
- ② 单击 MATLAB 指令窗的工具条上的  图标。
- ③ 利用 MATLAB 指令窗的【File: New】子菜单,再从右拉菜单中选择“M-file”项。

(2) 打开已有的 M 文件的 3 种操作方法。

- ① 在 MATLAB 指令窗运行指令 `edit filename`。`filename` 是待打开文件名,可不带扩展名。
- ② 点击 MATLAB 指令窗的工具条上的  图标,再从弹出对话框中点选所需打开的文件。
- ③ 选中 MATLAB 指令窗【File: Open】子菜单,再从弹出对话框中点选所需打开的文件。

(3) 经编写或修改后,文件的保存方法。

单击编辑器工具条上的  图标,或选取编辑器的【File: Save】子菜单,若是已有文件,则以上操作便完成了保存;若是新文件,则会弹出“保存”文件对话框,经过存放目录和文件名的选择,才可完成保存。

2.2 MATLAB 数据类型

MATLAB 数据类型包括内建数据类型,此外还有其他专门设计的类,如符号类、内联函数类、控制工具包中的线性时不变类、神经网络类等。表 2-1 列出了 MATLAB 中的主要数据类型。