



光盘内含各章节实例以及源代码可进行二次开发

MATLAB

及其在FPGA中的应用 (第2版)

■ 王旭东 靳雁霞 编著 ■

1. 本书重点介绍了FPGA设计中的Matlab联合仿真问题
2. 本书安排了3个笔者参与的综合项目设计
3. 本书以大量设计实例为切入点



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书紧密结合作者在 MATLAB 和 FPGA 应用领域中的实际经验,讲述了 MATLAB 的基本使用方法及其在 FPGA 设计中的应用。书中略去对 MATLAB 和 FPGA 的一般性介绍,以大量设计实例为切入点,将 MATLAB 强大的数值计算和算法仿真功能与当今电子设计领域快速发展的 FPGA 设计技术相结合,重点讲述了 FPGA 设计中的 MATLAB 联合仿真问题,最后以三个大型设计实例结束全书的讨论。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 及其在 FPGA 中的应用(第 2 版) / 王旭东, 靳雁霞编
著. —2 版. —北京: 国防工业出版社, 2008. 4
ISBN 978-7-118-05614-3

I. M... II. ①王... ②靳... III. 计算机辅助计算 - 软件包, MATLAB - 应用 - 可编程序逻辑器件 IV. TP332.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 027101 号

*

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 367 千字

2008 年 4 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 33.00 元(含光盘)

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

MATLAB 是 MATrix 和 LABoratory 的简称,也就是矩阵实验室的意思,是在 20 世纪 70 年代由美国新墨西哥大学的 Cleve Moler 教授发明的,最初的目的是用来在教学中用计算机演示矩阵运算。几年下来 Moler 教授的 MATLAB 教学软件使用效果非常好,极具商业头脑的 Little 在拉拢了 Moler 和 Steve Bangert 之后便在 1984 年成立了 Math-Works 公司,主营 MATLAB 软件,从此 MATLAB 软件走上了市场化的进程,得到了更广泛的传播和使用。随着时间的流逝,在大浪淘沙似的软件市场进程中, MATLAB 软件的功能不断扩充,内核也从最原始的 FORTRAN 语言转变成了 C 语言。如今, MATLAB 软件因其具有用法简单、程序结构性强、扩展性好、与其他程序接口方便等特点,而受到了广大工程人员的喜爱,现已成为从事电子信息和信号与信息处理领域人员必备的工具软件之一。

MATLAB 软件具有强大的数值运算能力。在 MATLAB 环境中,有超过 500 种数学、统计、科学及工程方面的函数可使用,各种功能函数的表述非常自然,使得问题和解答像数学式子一般简单明了,让使用者的思维可全力发挥在解题方面,而非浪费在计算机操作上。

MATLAB 软件具有先进的图形、图像显示功能。MATLAB 强大的绘图功能,使得用户能够非常方便地将计算结果以各种图形、图像的方式输出,并制作高品质的图形,完成科学性或工程性图文并茂的文章。

MATLAB 软件具有强大的直观解释性语法输入,做为一种直译式的程序语言, MATLAB 允许使用者在短时间内写完程序,所花的时间约为用 FORTRAN 语言或 C 语言的 1/10,而且不需要编译及链接即能执行,同时包含了更多及更容易使用的内建功能。

MATLAB 软件具有开放的可延伸性架构, MATLAB 绝大多数的内部函数源代码是用户可见的,用户不仅可以调试这些内部函数,而且可以更改这些内部函数,甚至在有些 MATLAB 内部函数中加入自己的函数使 MATLAB 成为使用者所需要的环境。

MATLAB 软件具有丰富的程序工具箱, MATLAB 的程序工具箱是 MATLAB 软件的重要组成部分,它集成了某一应用领域的许多优秀的程序代码,使其成为一个灵活、开放且容易操作的集成开发环境。这些工具箱提供了使用者在某些特定应用领域所需的许多函数。现有的工具箱有:图像处理工具箱、统计分析工具箱、信号处理工具箱、人工神经网络工具箱、模拟信号分析工具箱、控制系统工具箱、实时控制系统工具箱、系统辨识工具箱、系统建模工具箱、曲线分析工具箱、最优化工具箱、模糊逻辑工具箱、小波分析工具箱等。

MATLAB 软件的发展很快,各版本都能够适应不同操作系统。本书主要介绍适应在

PC机 Windows2000、WindowsXP 操作系统上运行的 MATLAB7.0 版本,其中大量的实例程序也可以在 MATLAB7.0 版本上运行。对 MATLAB 软件的最新版本信息有兴趣的读者可以到 MathWorks 公司的网站 www.mathworks.com 上一探究竟。

FPGA 是英文 Field Programmable Gate Array 的缩写,即现场可编程门阵列,它是在 PAL、GAL、EPLD 等可编程器件的基础上进一步发展的产物,具有更高的集成度、更强的逻辑实现能力和更好的设计灵活性。FPGA 由许多独立的可编程逻辑模块组成,用户可以通过编程将这些模块连接起来实现不同的设计,它是作为专用集成电路(ASIC)领域中的一种半定制电路而出现的,既解决了定制电路的不足,又克服了原有可编程器件门电路数有限的缺点。FPGA 具有掩膜可编程门阵列的通用结构,它由逻辑功能块排成阵列组成,并由可编程的互连资源连接这些逻辑功能块以及相应的输入/输出单元来实现不同的设计。其中,FPGA 的功能由逻辑结构的配置数据决定。工作时,这些配置数据存放在片内的 SRAM 或熔丝上。基于 SRAM 的 FPGA 器件,在工作前需要从芯片外部加载配置数据,配置数据可以存储在片外的 EPROM 或其他存储体。用户可以控制加载过程,在现场修改器件的逻辑功能,即所谓的现场编程。采用 FPGA 设计 ASIC 电路,用户不需要投片生产,就能得到可用的芯片。FPGA 还可以做其他全定制或半定制 ASIC 电路的中试样片。FPGA 内部有丰富的触发器和 I/O 引脚资源。FPGA 是 ASIC 电路中设计周期最短、开发费用最低、风险最小的器件之一。FPGA 采用高速 CMOS 工艺,功耗低,可以与 CMOS、TTL 电平兼容。

可以说,FPGA 芯片是小批量系统提高系统集成度、可靠性的最佳选择之一。在发达国家,FPGA 技术已经成为大学电子类专业的必修课程,它已经像单片机一样,广泛地应用在各种需要数字逻辑的领域。

在国内 MATLAB 软件得到了广大工程技术人员的广泛应用,国内大学中关于 MATLAB 方面的课程也开设了不少。最近几年 FPGA 在电子设计中的应用越来越广泛,FPGA 的应用技能已经成为电子工程师们一项不可或缺的基本技能,各高校也都陆续开展了 FPGA 及其设计硬件描述语言 VHDL、Verilog HDL 等方面的课程。国内关于 MATLAB 应用、FPGA 设计(或 VHDL、Verilog HDL 硬件描述语言)方面的书籍非常多,本书不想做过多的重复劳动,力求新颖。全书在简要介绍了 MATLAB 常用函数和 FPGA 常用设计软件及其设计硬件描述语言 VHDL 之后,着重叙述了 MATLAB 在 FPGA 设计联合仿真中的应用。全书以大量实例为基础,介绍软件的基本语法规则,做到先呈现整体再详细介绍内部函数的风格。最后,本书以三个设计实例为基础,进一步从整体上让读者把握这种 MATLAB、FPGA 联合设计方法,从而达到对本书前面所介绍内容的掌握。

本书在内容安排上,共分 6 章、三大部分内容。第 1、2 章主要讲述 MATLAB 软件的基本使用方法,着重以 MATLAB 在信号处理领域的应用为背景;第 3、4、5 章主要介绍 FPGA 的基本知识及其编程所用硬件描述语言 VHDL 的基本语法规则,以及 FPGA 设计中常用的 EDA 软件的使用方法;第 6 章首先简单介绍了 MATLAB 在 FPGA 设计中的一般应用方法,然后以三个设计实例为基础,着重讲述了 MATLAB 在 FPGA 设计中,系统算法验证和软件联合仿真方面的应用。

本书由南京航空航天大学王旭东和中北大学靳雁霞编著,其中靳雁霞编写了第4章~第6章。在本书编写过程中,得到了 www.mathworks.com 和 www.fpga.com.cn 网站的支持,孙明智、夏伟杰、徐文明等同志在本书的编写过程中也给予作者诸多鼓励和帮助,在此对他们一并表示感谢。许多读者在阅读本书第一版时,通过电子邮件发来了大量卓有成效的修改意见,对此我们备受鼓舞,深表谢意。

由于作者水平有限,书中错误、不妥之处,恳请广大读者批评指正。若不吝赐教,请将修改意见发至:xudong173@163.com。

编者
2007年8月

目 录

第 1 章 MATLAB 软件简介	1	2.5 MATLAB 中函数及其调用	39
1.1 MATLAB 软件构成	1	2.5.1 MATLAB 中函数编写规范	40
1.2 MATLAB 软件安装	1	2.5.2 用户自定义函数	43
1.2.1 安装 MATLAB7.0 对计算机的 要求	1	2.5.3 MATLAB 中常用数学函数	56
1.2.2 MATLAB7.0 安装时的功能 选择	2	2.5.4 MATLAB 中常用数据分析函数	63
1.3 MATLAB 软件启动	3	2.5.5 MATLAB 中常用统计分析 函数	67
1.4 MATLAB 软件主要窗口	4	2.5.6 快速傅里叶变换函数	72
1.4.1 MATLAB 主界面窗口	4	2.6 MATLAB 绘图功能	74
1.4.2 MATLAB 命令窗口	9	2.6.1 简易绘图功能	75
1.4.3 MATLAB 工作台窗口	9	2.6.2 MATLAB 绘图选项设置	76
1.4.4 其他窗口	9	2.6.3 三维绘图	81
1.5 小结	10	第 3 章 可编程逻辑器件基础知识	85
第 2 章 MATLAB 在信息信号处理 领域的应用	11	3.1 可编程逻辑器件发展历程	85
2.1 MATLAB 程序编辑窗口的 基本操作	11	3.2 可编程逻辑器件分类	86
2.2 基本运算操作	17	3.3 可编程逻辑器件的典型代表: FPGA 简介	87
2.2.1 简单数学操作	17	3.4 可编程逻辑器件结构特点	88
2.2.2 变量存储及读取	20	3.4.1 查找表型 FPGA 结构	88
2.3 MATLAB 中的矩阵操作	21	3.4.2 基于乘积项的可编程逻辑器件	92
2.3.1 矩阵基本运算	22	3.4.3 其他结构的可编程逻辑器件	94
2.3.2 常用矩阵函数	23	3.5 FPGA 编程	95
2.4 MATLAB 中常用输入输出功能	33	3.6 Altera 公司及其代表器件	95
2.4.1 基于命令窗口的交互式输入 输出	34	3.7 用 FPGA 实现数字系统流程	98
2.4.2 基于文件的数据输入输出	35	3.7.1 用 FPGA 实现数字系统概述	98
		3.7.2 基于单一软件平台的 FPGA 设计流程	100
		3.7.3 基于多种 EDA 工具的 FPGA 设计流程	103

3.8 可编程器件选型	106	4.6.2 关系运算符	136
3.8.1 FPGA与CPLD的区别	106	4.6.3 算术运算符	137
3.8.2 用CPLD实现设计的好处	107	4.6.4 并置(连接)运算符	137
3.8.3 用FPGA实现设计的好处	109	4.7 组合逻辑电路设计	138
第4章 VHDL硬件描述语言	110	4.7.1 并行语句	138
4.1 硬件描述语言综述	110	4.7.2 顺序语句	140
4.1.1 硬件描述语言现状	110	4.7.3 几种语句的比较	147
4.1.2 硬件描述语言的发展历史	110	4.8 同步时序逻辑电路设计	147
4.1.3 使用硬件描述语言的理由	111	4.9 状态机的优化设计	148
4.1.4 硬件描述语言的主要特征	112	4.10 层次化设计	154
4.1.5 硬件描述语言设计流程及 设计方法	112	4.11 库	156
4.1.6 VerilogHDL与VHDL比较	115	4.12 包	157
4.1.7 HDL与计算机语言的区别	116	4.13 元件	159
4.1.8 硬件描述语言发展趋势	116	4.14 函数	161
4.2 VHDL硬件描述语言基本结构	117	4.15 过程	162
4.2.1 VHDL基本组成	117	第5章 常用FPGA设计软件	164
4.2.2 实体	119	5.1 Quartus II软件使用方法	164
4.2.3 结构体	120	5.1.1 Quartus II项目操作	164
4.2.4 进程	125	5.1.2 Quartus II设计输入	171
4.3 VHDL数据对象	126	5.1.3 Quartus II与其他EDA软件 连接	176
4.3.1 常数	126	5.1.4 Quartus II编译	180
4.3.2 信号	127	5.1.5 Quartus II延时分析	182
4.3.3 变量	127	5.1.6 Quartus II仿真	183
4.3.4 信号与变量的区别	127	5.1.7 Quartus II下载	186
4.4 VHDL数据类型	131	5.2 ModelSim软件使用方法	187
4.4.1 枚举型	131	5.2.1 ModelSim简介	187
4.4.2 整数型、实数型	131	5.2.2 代码仿真	187
4.4.3 阵列数据类型	132	5.2.3 门级仿真和时序仿真	192
4.4.4 记录类型	132	5.2.4 仿真需要的文件	192
4.4.5 VHDL数据类型及子类型	133	5.2.5 仿真步骤	192
4.4.6 VHDL数据类型转换	133	5.3 Synplify软件使用方法	196
4.5 属性	134	5.3.1 Synplify和Synplify Pro.简介	196
4.6 VHDL运算符	135	5.3.2 界面及菜单介绍	196
4.6.1 逻辑运算符	136	5.3.3 建立工程	197

5.3.4	语法检查	198	实现	223
5.3.5	RTL 视图与结构导航	198	6.2.4 ModelSim 与 MATLAB 联合仿真	225
5.3.6	文本与图形联合检验	200	6.3 FIR 滤波器的 FPGA 实现及其 Quartus II 与 MATLAB 仿真	229
5.4	三种软件综合应用示例	201	6.3.1 查找表结构 FIR 算法	230
5.4.1	编写设计代码	201	6.3.2 FPGA 实现过程及主要模块功能介绍	231
5.4.2	设计综合	214	6.3.3 Quartus II 与 MATLAB 联合仿真	234
5.4.3	设计功能仿真	214	6.4 正交变换的 FPGA 实现	237
5.4.4	设计时序仿真	215	6.4.1 正交变换算法的比较与选择	237
第 6 章 MATLAB 在 FPGA 设计中的应用		217	6.4.2 Rader 正交变换算法的 FPGA 实现	242
6.1	引言	217	参考文献	247
6.2	全并行结构 FFT 的 FPGA 实现	217	附录 光盘说明	248
6.2.1	全并行 FFT 算法介绍	217		
6.2.2	算法 MATLAB 验证	218		
6.2.3	全并行结构 FFT 的 FPGA			

第 1 章 MATLAB 软件简介

1.1 MATLAB 软件构成

首先, 简要列举 MATLAB 软件的主要特色功能。

(1) 功能强大的数值运算能力。在 MATLAB 环境中, 有超过 500 种数学、统计、科学及工程方面的函数可使用; 各种功能函数的表述非常自然, 使得问题和解答像数学式子一般简单明了, 让使用者的思维可全力发挥在解题方面, 而非浪费在电脑操作上。

(2) 先进的图形、图像显示功能。MATLAB 强大的绘图功能, 使得用户能够非常方便地将计算结果以各种图形、图像的方式输出, 并制作高品质的图形, 完成科学性或工程性图文并茂的文章。

(3) 功能强大的直观解释性语法输入。做为一种直译式的程序语言, MATLAB 允许使用者在短时间内写完程序, 所花的时间约为用 FORTRAN 语言或 C 语言的 1/10, 而且不需要编译(compile)及链接(link)即能执行, 同时包含了更多及更容易使用的内建功能。

(4) 开放的可延伸性架构。MATLAB 绝大多数的内部函数源代码是用户可见的, 用户不仅可以调试这些内部函数, 而且可以更改这些内部函数, 甚至在这些 MATLAB 内部函数中加入自己的函数使 MATLAB 成为使用者所需要的环境。

(5) 丰富的程序工具箱。MATLAB 的程序工具箱是 MATLAB 软件的重要组成部分, 它集成了某一应用领域的许多优秀的程序代码, 使其成为一个灵活、开放且容易操作的集成开发环境。这些工具箱提供了使用者在某些特定应用领域所需的许多函数。现有的工具箱有: 图像处理工具箱、统计分析工具箱、信号处理工具箱、人工神经网络工具箱、模拟信号分析工具箱、控制系统工具箱、实时控制系统工具箱、系统辨识工具箱、系统建模工具箱、曲线分析工具箱、最优化工具箱、模糊逻辑工具箱、小波分析工具箱、化学计量分析工具箱等。

MATLAB 软件的发展很快, 各版本都能够适应不同操作系统。本书主要介绍适应在 PC 机 Windows 2000、Windows XP 操作系统上运行的 MATLAB7.0 版本, 其中大量的实例程序也可以在 MATLAB7.0 版本上运行。对 MATLAB 软件的最新版本信息有兴趣的读者可以到 MathWorks 公司的网站 www.mathworks.com 上一探究竟。

1.2 MATLAB 软件安装

1.2.1 安装 MATLAB7.0 对计算机的要求

MATLAB7.0 的平台适应性非常良好, 不仅可以安装在常用的 PC 机上, 而且可以安

装在工作站上。MATLAB7.0 也可以适应不同的操作系统，在 Windows 2000、Windows XP、UNIX 等操作系统环境下都可以安装。当然，必备的硬件环境还是要有的，比如光驱，不小于 1GB 的硬盘空间(如果是完全安装，包括 HELP 文档)，为了让您的 MATLAB 程序跑起来不至于“老牛拉破车”，您的计算机最好能够有大于 256MB 的内存。对于 CPU 的要求自然是越快越好了。一般来说 P4+40GB+256MBDDR 配置的个人 PC 也就足够了。

1.2.2 MATLAB7.0 安装时的功能选择

MATLAB7.0 安装软件一般有三张光盘：一张是应用软件，一张是 HTML 格式的 HELP 文档，另一张则是 PDF 格式的 HELP 文档。PDF 格式的帮助文件可以不安装，直接复制到计算机上或在光驱内用 Adobe Reader 软件即可阅读。在其他的安装步骤和一般的应用软件相同，需要注意的是为了节省硬盘空间，安装时可以对 MATLAB 不同组件加以选择。组件选择窗口如图 1-1 所示。

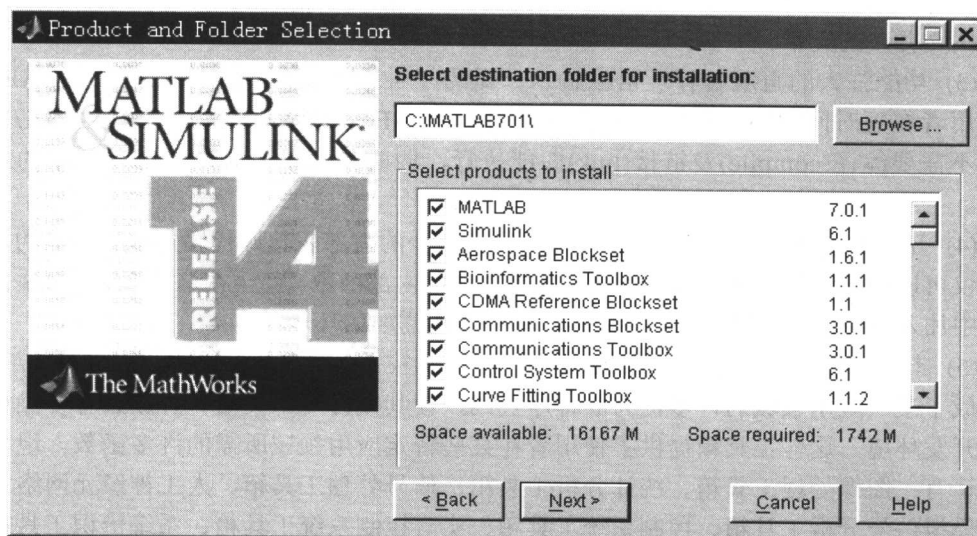


图 1-1 MATLAB7.0 功能组件选择窗口

安装过程中还可以选择只安装软件，还是只安装文档，还是既安装软件又安装文档。如果选择后者，则会在第一张盘安装结束后，弹出对话框给出提示，要求用户放入第二张光盘(HELP 文档光盘)。可以选择安装的 HELP 文档是英文的还是日文。图 1-1 中的选择框可以用来选择安装不同的组件，当然，最“傻瓜”的方法就是全选了，如果你的计算机硬盘已经大的显得有点浪费的时候建议您全选，否则还是选择需要的功能来安装。不过即使第一次安装没有选中你将来要用的组件也不用怕，只要将安装文件保存好，在安装好 MATLAB 软件之后仍然可以按照第一次安装时的步骤来修改你的安装组件(添加或删除)。为了给您在安装软件时提供选择组件提供方便，下面将 MATLAB7.0 的主要组件列于表 1-1 中。


表 1-1 MATLAB7.0 各组件的功能

组件名称	组件功能
1. 必须选择的内核组件	
MATLAB	这是 MATLAB7.0 的核心组件，是安装各版本 MATLAB 软件时必须选中的组件
2. 常用的工具包组件	
Symbolic Math	符号类数据的操作和运算，本书中的许多程序要用到此工具包中的函数
Simulink	动态仿真工具包
Optimization	包含求函数零点、极值、规划等优化程序
Matlab Compiler	把在 MATLAB7.0 中编写的*.m 文件编译成*.dll 或*.exe 文件，以便独立运行
Control System	MATLAB7.0 控制工具箱，虽然本书未对此工具箱做介绍，但是对于自动控制领域的同志来说本工具箱还是应该被选中的
Signal Process	信号处理工具箱，本书要用到，内含许多好用的信号处理函数
Statistics	统计工具箱，内含许多现成的统计函数

其他比较热门的工具箱，如模糊数学工具箱、人工神经网络工具箱、小波分析工具箱等，主要面向比较专业的应用领域，感兴趣的读者可以参阅相关书籍。需要说明的是，MATLAB 组件(工具箱)是不断发展和完善的，而且许多工具箱并不是 MathWorks 公司的产品，而是相关领域的科技工作者开发的，最后将它们集成在一起，成了 MATLAB 的一个组件。读者甚至可以开发面向自己应用领域的工具箱。

1.3 MATLAB 软件启动

在 Windows2000 中启动 MATLAB 软件与启动其他应用软件一样，一般有两种方法。

(1) 双击桌面上的 MATLAB 图标()，可以启动 MATLAB 软件，MATLAB 软件启动时的画面如图 1-2 所示。

(2) 选择“开始→程序→MATLAB7.0→MATLAB7.0”，如图 1-3 所示。

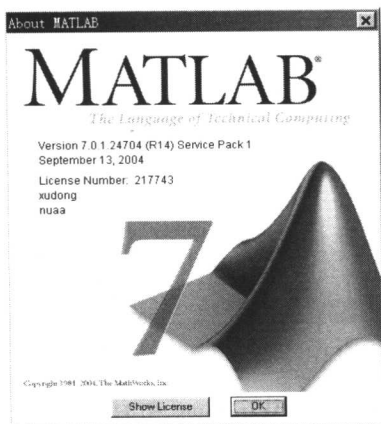


图 1-2 MATLAB7.0 启动画面

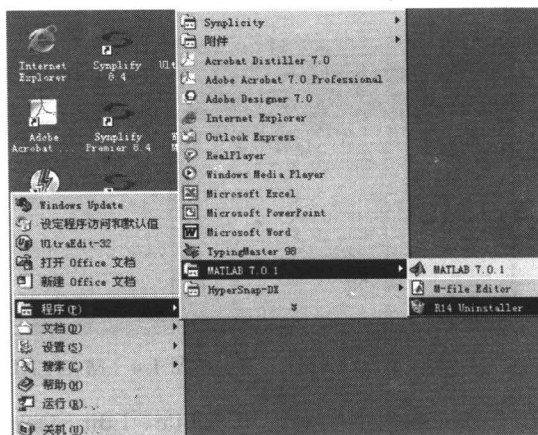


图 1-3 从开始菜单启动 MATLAB 命令

这里是以 Windows 经典“开始”菜单为例，如果是默认的“开始”菜单，则要单击“开始→所有程序 MATLAB7.0→MATLAB7.0”命令。启动画面显示的主要是 MATLAB 软件的一些版本信息，以及安装用户信息。本书主要介绍 MATLAB7.0 版本，书中的程序也是在 MATLAB7.0 版本下开发的，希望读者在学习和验证本书给出的例题时也能够 MATLAB7.0 环境下进行，这样可以避免因为版本的不同而造成的调试麻烦。如果在其他版本下运行可能会出现一些错误提示信息，如果遇到这种情况，读者可以根据 MATLAB 软件中给出的提示信息，对程序源代码做少量的调整便可。

1.4 MATLAB 软件主要窗口

1.4.1 MATLAB 主界面窗口

MATLAB 主界面窗口是运行 MATLAB 软件必须打开的窗口，如图 1-4 所示，其他窗口可以根据需要或读者的使用习惯打开或关闭。其他窗口可以在主界面窗口中显示也可以在单独的窗口中显示。下面将结合笔者的使用经验介绍主界面窗口中各下拉菜单中的 MATLAB 软件特有的常用功能选项的主要功能。其他与 Windows 常规应用软件相同的功能选项就一带而过，不作更详细的叙述了，各功能选项更详细和地道的说明请参阅 MATLAB 软件自带的 HELP 文档。

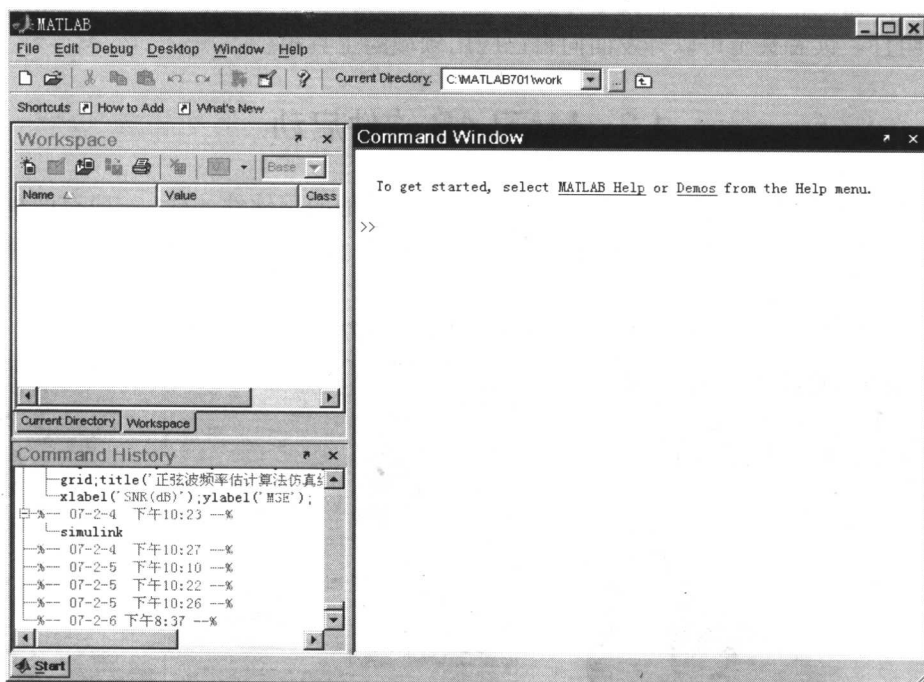



图 1-4 MATLAB 主界面窗口

在主界面窗口的菜单栏中有 File、Edit、Debug、Desktop、Windows 和 Help 6 个功能菜单，每一个下拉菜单之下各自又有下一层的功能选项/菜单。菜单栏下面是 MATLAB 软件的工具栏，相对于其他应用软件，MATLAB 的工具栏显得有些“单薄”，这是因为

MATLAB 软件已经将其常用工具按钮分散到不同的子窗口了，只有在本窗口中用得到的功能才会在工具栏中显示出来。这种处理方式使得工具栏非常简洁，方便了用户使用。MATLAB 工具栏如图 1-4 窗口上部所示，其中大部分按钮与其他应用软件类似，只是多了一个  按钮，用来启动 SimuLink 仿真库。还多了一个路径设置窗框，用来设置 MATLAB 的当前工作目录，相当于其他编程语言中的工程目录。一般在启动 MATLAB 后做的第一件事就是更改这里的工作目录，使其定位到用户自己的程序文件夹，如图 1-5 所示。

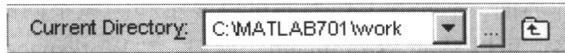


图 1-5 路径设置框

对于 MATLAB 主界面窗口的介绍，主要集中在 MATLAB 菜单的使用，下面将介绍这些下拉菜单中的一些主要功能选项/菜单中的内容。其他菜单的功能，读者可以自己结合软件的使用加以摸索学习。

(1) File 子菜单如图 1-6 所示，包含 NEW(新建一种 MATLAB 文件)、Close Command Window(关闭命令窗口)、Import Data(导入数据)、Save Workspace As(将工作台保存为)、Set Path(设置 MATLAB 搜索路径)、Preferenc(MATLAB 各种参数设置)等子菜单。其他的子菜单选项如“Print(打印)”、“Page Setup(页面设置)”等与 Windows 其他应用软件并无多大区别。这里将主要介绍前面几项菜单功能。

NEW 子菜单下的三个选项分别用来建立 MATLAB 可执行文件/函数：“*.m”文件(对应 M-file 选项)、“Figure(图像)”选项，用来建立一个新的图像文件；“Model(模型)”选项，用来建立一个新的 MATLAB SimuLink 动态仿真系统模型文件“*.mdl”文件；“GUI(Graphical User Interfaces 图形用户界面)选项”用来建立一个新的用户图形化界面程序。

“Close Command Window(关闭命令窗口)”选项用来关闭 MATLAB 命令窗口，也就是 MATLAB 主界面右边的命令输入和运行结果输出口。

(2) Edit 子菜单如图 1-7 所示，主要包含 Clear Command Window(清除命令窗口中的

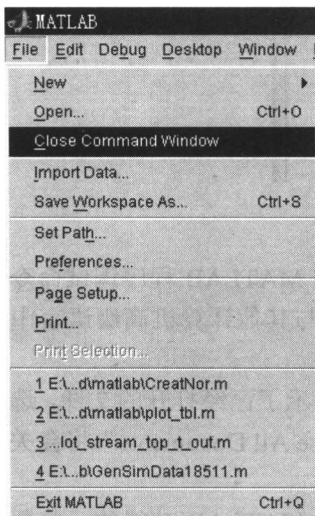


图 1-6 File 子菜单

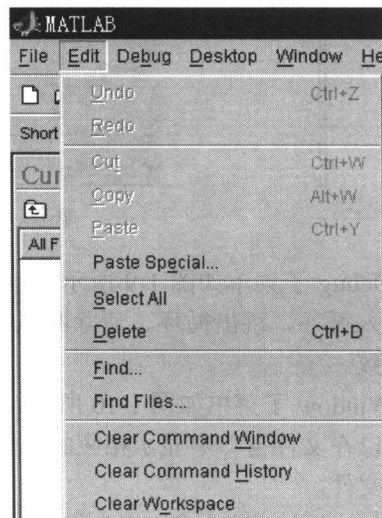


图 1-7 Edit 子菜单

显示内容，也可以通过在命令窗口中敲 `clc` 命令来完成此项功能)；Clear Command History(清除过去的命令)，此项功能用来完成清除 MATLAB Command History 窗口中的内容；Clear Workspace(清除用户工作台中的变量值)；Edit 子菜单中的其他选项同 Windows 其他应用软件的 Edit 菜单没有什么区别，如 Undo、Redo、Cut、Copy 等选项，这里不再介绍。

(3) Desktop 子菜单如图 1-8 所示，主要包含 Desktop Layout(工作界面风格选择)，用来选择不同风格的工作界面，不同的工作界面可以显示和隐藏不同的 MATLAB 窗口，一般选择“Default”风格，可以显示“Command”窗口、“Workspace”窗口、“Command History”三个窗口。其他窗口被隐藏。如果选择“All Tabbed”则显示所有五个 MATLAB 窗口，即除了“Default”风格下的三个窗口外，还包括“Current Directory”(当前路径)，此窗口主要用来显示 MATLAB 当前工作目录下的所有 MATLAB 文件，通过双击这些文件可以在 MATLAB 中直接执行，非常方便，此窗口也是广大 MATLAB 用户喜欢用的一个窗口之一；“Help”窗口则可以为用户提供所需的各种在线帮助文档，是学习 MATLAB 的好帮手。不同的 MATLAB 窗口打开之后读者还可以根据自己的爱好选择关闭一些不习惯用的窗口，而将剩下的窗口调整到自己喜欢的窗口位置上。与其他的 Windows 应用软件的操作方法并无二样。如果自己调整的窗口太乱，当然可以通过选择 Desktop 子菜单中的“Default”选项或其他选项恢复原样。

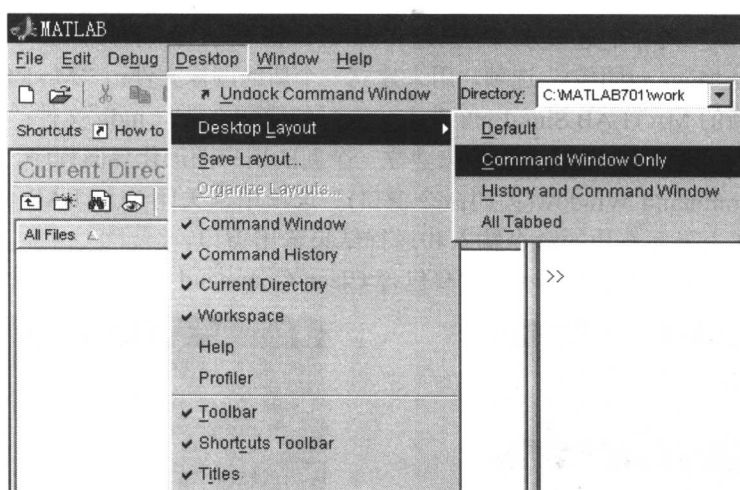


图 1-8 Desktop 子菜单

(4) Debug 子菜单如图 1-9 所示，包含一些常用的 MATLAB 程序调试命令，如单步执行、跳入循环、跳出循环、清除断点等，这些命令与其他计算机高级语言中的调试命令用法一致。

(5) Window 子菜单如图 1-10 所示，该下拉菜单显示了已经打开的文件，选择相应的文件名可以在文件窗口中显示相应的文件，选择“Close All Documents”将会关闭所有已经打开的文件。

(6) Help 下拉菜单如图 1-11 所示，主要包含关于 MATLAB 功能的一些帮助文档，点击“Full Product Family Help”选项，将弹出 MATLAB 帮助窗口，如图 1-12 所示。

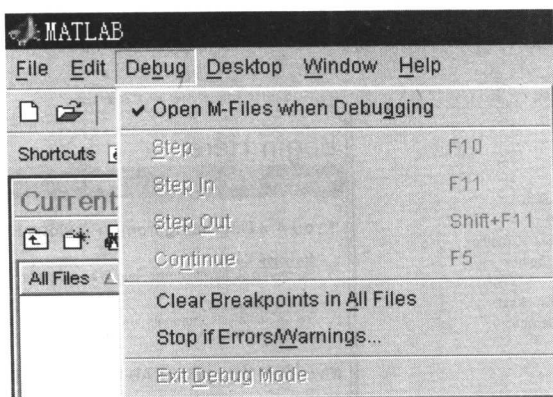


图 1-9 Debug 子菜单

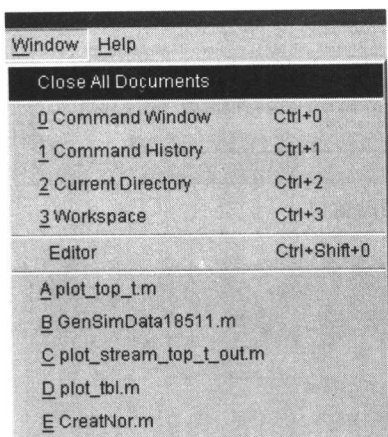


图 1-10 Window 子菜单

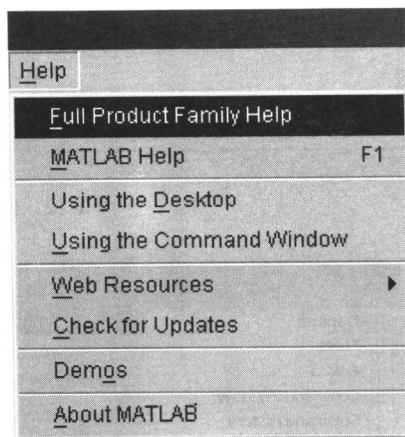


图 1-11 Help 下拉菜单

Help 窗口中提供的帮助内容非常丰富，而且内容简单易懂，只要有一定的英文基础都能够看得懂，Help 窗口提供的导航链接和按钮也很方便、易用。可以毫不夸张地说，MATLAB HELP 是学习 MATLAB 最好的手段，前面关于这些下拉菜单的介绍都可以从 MATLAB 提供的 HELP 中找到，这里不过是添加了一些笔者自己使用过程中的心得体会而已。希望这些内容对于 MATLAB 的入门能够有所帮助。在使用 MATLAB 帮助时，需要注意的是，由于 HELP 文档的内容很多，读者可以通过 HELP 窗口左边的导航栏选择自己感兴趣的部分来学习，也可以在阅读程序时选中自己感兴趣的函数，然后从鼠标右键弹出的菜单中选择相应的选项进入 MATLAB HELP 中关于相应函数的说明部分，这样使用 MATLAB HELP 就更有针对性了。另外，MATLAB HELP 文档是放在另外一张单独的光盘上的，在安装 MATLAB 软件的时候一般都会提示插入 HELP 文档光盘，安装软件会把光盘中的 HELP 文档复制到 MATLAB 安装目录下的“help”文件下。如果不希望在 Help 窗口导航栏内出现过与自己应用领域无关的帮助文档，则可以在 MATLAB 软件的“File”下拉菜单中选择“Preferences”选项，在弹出的窗口的右边导航栏中选择“help”选项，并选中 Select products... 按钮，然后在弹出的窗口中即可勾选所需的帮助文档。设置窗口全貌如图 1-13 所示。

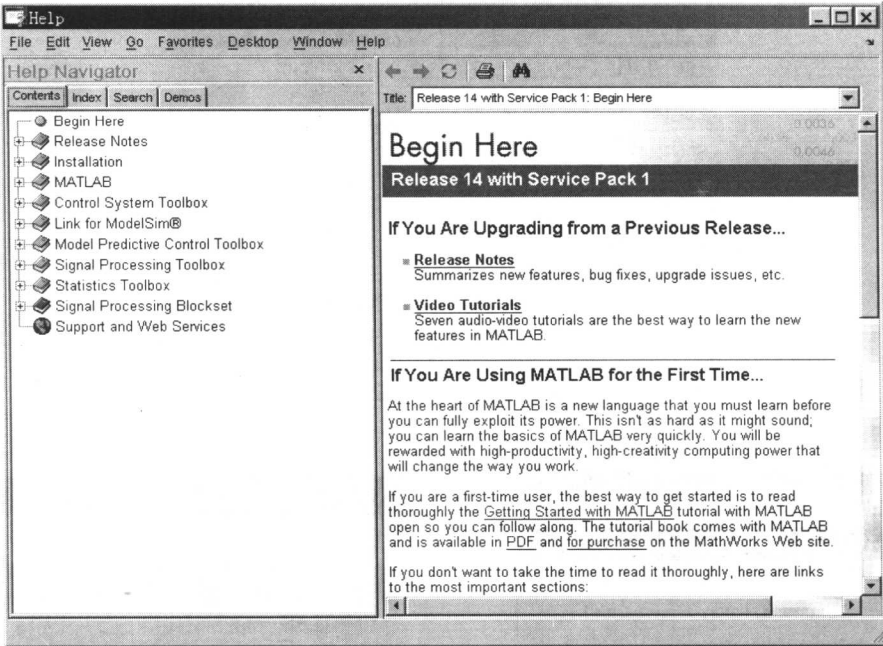


图 1-12 MATLAB 帮助窗口

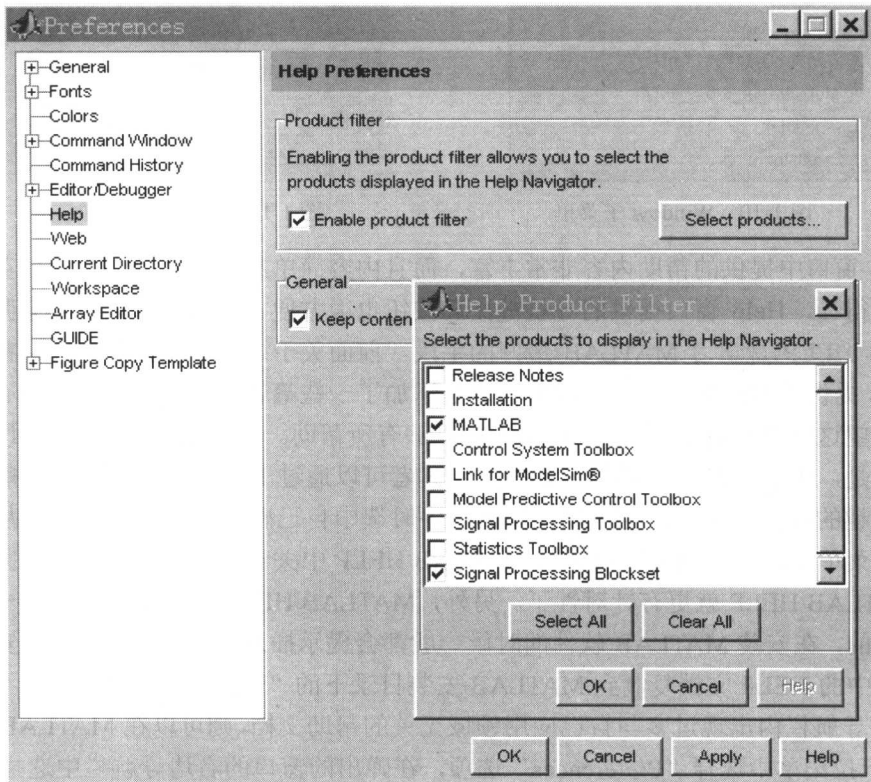


图 1-13 HELP 文档内容设置窗口

1.4.2 MATLAB 命令窗口

进入 MATLAB 之后,在主界面窗口中会看到一个视窗“MATLAB Command Window”,称为 MATLAB 命令窗口,如图 1-4 的右方所示。命令窗口是用户键入 MATLAB 命令的地方, MATLAB 也将通过此窗口将计算结果显示出来。可以通过 1.4.1 小节介绍的方法打开或关闭命令窗口。这里主要介绍在命令窗口中进行操作的一些基本技巧。

(1) 清除命令窗口中的内容。可以通过在命令窗口中直接敲“clc”命令来完成。

(2) 在命令窗口中显示或不显示运行结果。可以在运算式子的末尾加分号或不加分号来完成。加分号则不在命令窗口中显示运算结果,反之则显示运算结果。

(3) 如何在程序陷入死循环时退出程序?可以在命令窗口中用“Ctrl+C”热键来结束正在运行的程序。

(4) MATLAB 用户函数或内部函数可以在命令窗口中调用,调用时要注意函数的输入和输出形参的匹配。这和其他高级语言中的函数调用方法类似。

另外, MATLAB 利用了↑↓两个光标键可以将所用过的指令重现出来。按下↑则前一次指令重新出现,之后再按 Enter 键,可再执行前一次的指令,而↓键的功用则是往后选择指令。

1.4.3 MATLAB 工作台窗口

Workspace(工作台)窗口,如图 1-4 左上方所示,用来显示用户运行程序时的变量输出值。双击 Workspace 窗口中的变量名,将弹出如图 1-14 所示的变量显示窗口。

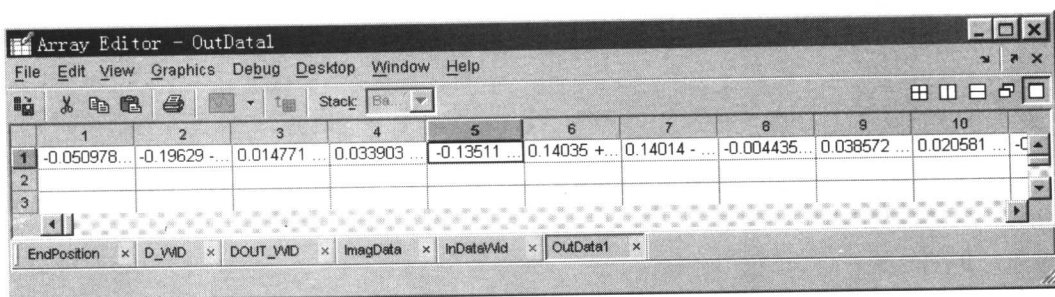


图 1-14 变量显示窗口

在命令窗口中键入“who”可以查看 Workspace 窗口中显示的所有变量名称,而键入“clear”则将删除 Workspace 窗口中所有定义过的变量名称;如果只是要删除 x 及 y 两个变量,则可以键入 clear x y。

1.4.4 其他窗口

除了上面介绍的这些窗口外, MATLAB 主界面中包含“Command History”(命令历史)窗口、“Current Directory”(当前路径)窗口等。这些窗口的相应功能在上面介绍主界面窗口时都已经提及,这里不再重复介绍。