

MATLAB
MATLAB
MATLAB
MATLAB

MATLAB

及其在 **FPGA** 中的应用

王旭东 潘广桢 主编



國防工業出版社

National Defense Industry Press

MATLAB 及其在 FPGA 中的应用

王旭东 潘广楨 主编

國防工業出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 及其在 FPGA 中的应用 / 王旭东, 潘广楨
主编. 北京: 国防工业出版社, 2006. 1

ISBN 7-118-04282-X

I. M... II. ①王...②潘... III. ①计算机辅助计算—软件包, MATLAB②现场可编程门阵列 IV. TP391.75②TP331.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 153701 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

新华书店经营

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 370 千字

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 28.00 元

(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,他是在 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 在联合了 Moler 和 Steve Bangert 之后便在 1984 年成立了 MathWorks 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 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,而非浪费在电脑操作上。

MATLAB 软件具有先进的图形、图像功能, MATLAB 强大的绘图功能,使得用户能够非常方便的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 或 C 的十分之一,而且不需要编译(compile)及联结(link)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。

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:符号运算工具箱(利用 Maple V 的计算核心执行)、影像处理工具箱、统计分析工具箱、信号处理工具箱、人工神经元神经网络工具箱、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 MATLAB6.5 版本,其中大量的实例程序也可以在 MATLAB6.5 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 还可以做其它全定制或半定制 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 CHMOS 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。

目前 FPGA 的品种很多,有 XILINX 的 XC 系列、ALTERA 公司的 STRATIX 系列、TI 公司的 TPC 系列等。

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,广泛的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,各高校也都陆续开设了 FPGA 及其设计硬件描述语言 VHDL、Verilog 等方面的课程。国内关于 MATLAB 应用、FPGA 设计(或 VHDL、Verilog 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,本书以作者所指导的三个本科生毕业设计实例为基础,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,然后以三个本科生毕业设计实例为基础,着重讲述了 MATLAB 在 FPGA 设计中,系统算法验证和 EDA 联合仿真方面的应用。

在本书编写过程中,得到了国防工业出版社编辑、老师的大力支持,另外还得到了 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。

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,请将意见发至:xudong173@163.com。

作者

2005 年 8 月

目 录

第 1 章	MATLAB 软件简介	1
1.1	MATLAB 软件构成	1
1.2	MATLAB 软件安装	2
1.2.1	安装 MATLAB6.5 对计算机的要求	2
1.2.2	MATLAB6.5 安装时的功能选择	2
1.3	MATLAB 软件的启动	3
1.4	MATLAB 软件的主要窗口	4
1.4.1	MATLAB 主界面窗口	4
1.4.2	MATLAB 命令窗口	9
1.4.3	MATLAB 工作台窗口	9
1.4.4	其他窗口	10
1.5	小结	10
第 2 章	MATLAB 在信息信号处理领域的应用	11
2.1	MATLAB 程序编辑窗口的基本操作	11
2.2	基本运算操作	17
2.2.1	简单的数学操作	17
2.2.2	变量的存储及读取	20
2.3	MATLAB 中的矩阵操作	21
2.3.1	矩阵基本运算	21
2.3.2	常用矩阵函数	24
2.4	MATLAB 中常用输入输出功能	33
2.4.1	基于命令窗口的交互式输入输出	34
2.4.2	基于文件的数据输入输出	35
2.5	MATLAB 中函数及其调用	39
2.5.1	MATLAB 中函数编写规范	40
2.5.2	用户自定义函数	43
2.5.3	MATLAB 中常用的数学函数	56
2.5.4	MATLAB 中常用的数据分析函数	63
2.5.5	MATLAB 中常用的统计分析函数	66
2.5.6	快速傅里叶变换函数	72
2.6	MATLAB 的绘图功能	74
2.6.1	简易绘图功能	74

2.6.2	MATLAB 绘图选项设置	76
2.6.3	三维绘图	81
第 3 章	可编程逻辑器件基础知识	84
3.1	可编程逻辑器件的发展历程	84
3.2	可编程逻辑器件的分类	85
3.3	可编程逻辑器件的典型代表:FPGA 简介	86
3.4	可编程逻辑器件结构特点	88
3.4.1	查找表型 FPGA 结构	88
3.4.2	基于乘积项的可编程逻辑器件	91
3.4.3	其他结构的可编程逻辑器件	93
3.5	FPGA 编程	93
3.6	Altera 公司及其代表器件	94
3.7	用 FPGA 实现数字系统的流程	97
3.7.1	用 FPGA 实现数字系统概述	97
3.7.2	基于单一软件平台的 FPGA 设计流程	99
3.7.3	基于多种 EDA 工具的 FPGA 设计流程	102
3.8	可编程器件的选型	105
3.8.1	FPGA 与 CPLD 的区别	105
3.8.2	用 CPLD 实现设计的好处	106
3.8.3	用 FPGA 实现设计的好处	108
第 4 章	VHDL 硬件描述语言	109
4.1	硬件描述语言(HDL)综述	109
4.1.1	硬件描述语言现状	109
4.1.2	硬件描述语言的发展历史	109
4.1.3	使用硬件描述语言的理由	110
4.1.4	硬件描述语言的主要特征	111
4.1.5	硬件描述语言设计流程及设计方法	111
4.1.6	Verilog HDL 与 VHDL 比较	114
4.1.7	HDL 与计算机语言的区别	115
4.1.8	硬件描述语言的发展趋势	115
4.2	VHDL 硬件描述语言的基本结构	115
4.2.1	VHDL 的基本组成	115
4.2.2	实体(Entity)	118
4.2.3	结构体(Architecture)	119
4.2.4	进程(Process)	124
4.3	VHDL 的数据对象(Data Objects)	125
4.3.1	常数(Constant)	125
4.3.2	信号(Signals)	126
4.3.3	变量(Variable)	126

4.3.4	信号与变量的区别	126
4.4	VHDL 的数据类型	130
4.4.1	枚举型	130
4.4.2	整数型、实数型	130
4.4.3	阵列数据类型	131
4.4.4	记录类型	131
4.4.5	VHDL 数据类型及子类型	132
4.4.6	VHDL 数据类型转换	132
4.5	属性(Attributes)	134
4.6	VHDL 运算符	134
4.6.1	逻辑运算符	135
4.6.2	关系运算符	135
4.6.3	算术运算符	136
4.6.4	并置(连接)运算符	136
4.7	组合逻辑电路设计	137
4.7.1	并行语句(Concurrent)	137
4.7.2	顺序语句(Sequential)	139
4.7.3	几种语句的比较	146
4.8	同步时序逻辑电路设计	146
4.9	状态机的优化设计	147
4.10	层次化设计	153
4.11	库(Library)	155
4.12	包(Package)	157
4.13	元件(Component)	158
4.14	函数(Function)	160
4.15	过程(Procedure)	161
第 5 章	常用 FPGA 设计软件	163
5.1	Quartus II 软件使用方法	163
5.1.1	Quartus II 项目操作	163
5.1.2	Quartus II 的设计输入	169
5.1.3	Quartus II 与其他 EDA 软件的连接	175
5.1.4	Quartus II 编译	179
5.1.5	Quartus II 延时分析	181
5.1.6	Quartus II 仿真	182
5.1.7	Quartus II 下载	184
5.2	ModelSim 软件使用方法	185
5.2.1	ModelSim 简介	185
5.2.2	代码仿真	185
5.2.3	门级仿真和时序仿真	190

5.2.4	仿真需要的文件	190
5.2.5	仿真步骤	190
5.3	Synplify 软件的使用方法	194
5.3.1	Synplify 和 Synplify Pro. 简介	194
5.3.2	界面及菜单介绍	194
5.3.3	建立工程	195
5.3.4	语法检查	196
5.3.5	RTL 视图与结构导航	196
5.3.6	文本与图形联合检验	198
5.4	3 种软件综合应用示例	199
5.4.1	编写设计代码	199
5.4.2	设计综合	216
5.4.3	设计功能仿真	216
5.4.4	设计时序仿真	217
第 6 章	MATLAB 在 FPGA 设计中的应用	219
6.1	MATLAB 在 FPGA 设计中的应用简介	219
6.2	全并行结构 FFT 的 FPGA 实现	219
6.2.1	全并行 FFT 算法介绍	219
6.2.2	算法的 MATLAB 验证	220
6.2.3	全并行结构 FFT 的 FPGA 实现	225
6.2.4	ModelSim 与 MATLAB 联合仿真	228
6.3	FIR 滤波器的 FPGA 实现及其 Quartus II 与 MATLAB 仿真	232
6.3.1	查找表结构 FIR 算法	232
6.3.2	用 FPGA 实现过程及主要模块功能介绍	233
6.3.3	QuartusII 与 MATLAB 联合仿真	237
6.4	正交变换的 FPGA 实现	240
6.4.1	正交变换算法的比较与选择	240
6.4.2	Rader 正交变换算法的 FPGA 实现	244
	参考文献	249

第 1 章 MATLAB 软件简介

1.1 MATLAB 软件构成

MATLAB 是 MATrix 和 LABoratory 的简称,也就是矩阵实验室的意思,他是在 20 世纪 70 年代由美国新墨西哥大学的 Cleve Moler 教授发明的,最初的目的是在教学中用计算机演示矩阵运算。Moler 教授最初是用 FORTRAN 语言来编写的 MATLAB,因为 FORTRAN 计算机编程高级语言已经有了一定的发展,在数值计算领域得到了广泛应用, FORTRAN 库函数也相当丰富。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 在联合了 Moler 和 Steve Bangert 之后便在 1984 年成立了 MathWorks 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 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,现以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。

下面简要列举 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的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 或 C 的十分之一,而且不需要编译(compile)及联结(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 成为使用者所须要的环境。

(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:符号运算工具箱(利用 Maple V 的计算核心执行)、影像处理工具箱、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 MATLAB6.5 版本，其中大量的实例程序也可以在 MATLAB6.X 版本上运行。对 MATLAB 软件的最新版本信息有兴趣的读者可以访问 MathWorks 公司的网站 www.mathworks.com。

1.2 MATLAB 软件安装

1.2.1 安装 MATLAB6.5 对计算机的要求

MATLAB6.5 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。MATLAB6.5 也可以适应不同的操作系统，在 Windows 2000、Windows XP、Linux 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 973+340MB 的硬盘空间（如果是完全安装的话，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 的配置的个人 PC 也就足够了。

1.2.2 MATLAB6.5 安装时的功能选择

MATLAB6.5 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，直接拷贝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。

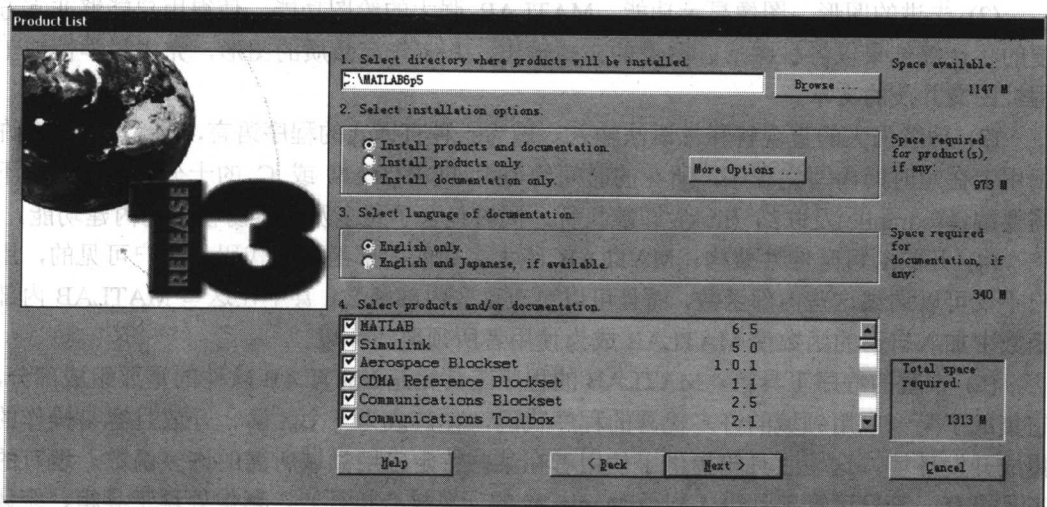


图 1-1 MATLAB6.5 功能组件选择窗口

可以选择的是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）。在图 1-1 中还可以选择安装的 HELP 文档是英文的还是日文的，可惜没有中文的选项，看来只好选择英文了。最下面的选择框可以用来选择安装不同的安装组件，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，否则还是选择你需要的功能来安装吧，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 软件之后您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）。在相应的组件前面的小方框内打勾则表示选中此组件，否则不选中。为了给您在安装软件时提供选择组件提供方便，下面将 MATLAB6.5 的主要组件列于表 1-1 中。


表 1-1 MATLAB6.5 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 MATLAB6.5 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	符合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，本书接下来的章节中要对此工具包做详细介绍
Optimization	包含求函数零点、极值、规划等优化程序
Matlab Compiler	把在 MATLAB6.5 中编写的*.m 文件编译成*.dll 或*.exe 文件，以便独立运行
Control System	MATLAB6.5 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，最后将他们集成在一起，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 软件的启动

在 Windows 2000 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（可插入桌面上的 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—>MATLAB6.5—>MATLAB6.5”如图 1-3 所示。

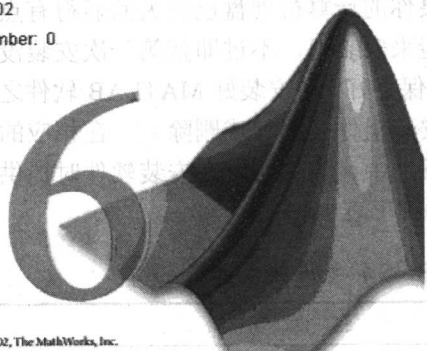
用这种方法也可以启动 MATLAB6.5，启动画面如图 1-3 所示。这里是以 Windows

MATLAB[®]

The Language of Technical Computing

Version 6.5.0.180913a Release 13
June 18, 2002

License Number: 0
xudong
nuaa



Copyright 1984–2002, The MathWorks, Inc.

图 1-2 MATLAB6.5 启动画面

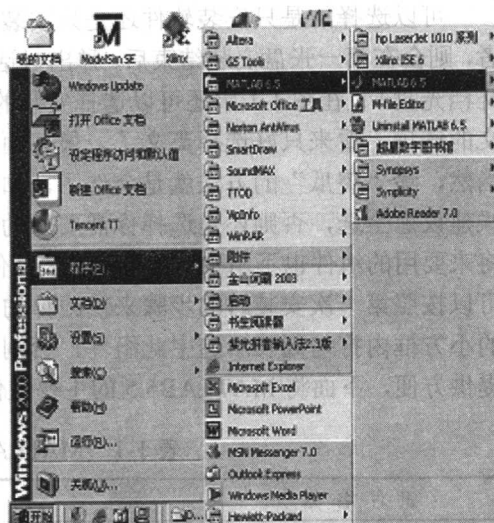


图 1-3 从开始菜单启动 MATLAB 命令

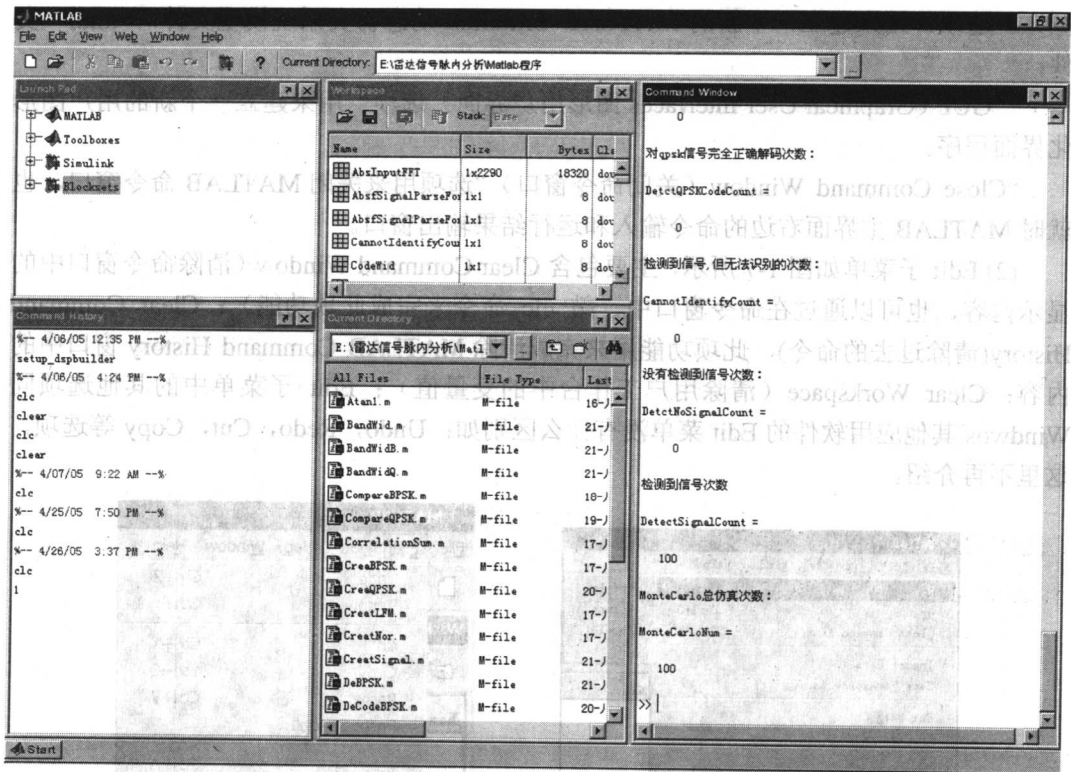
经典“开始”菜单为例，如果是默认的“开始”菜单，则要单击“开始->所有程序 MATLAB6.5->MATLAB6.5”命令。启动画面显示的主要是 MATLAB 软件的一些版本信息，以及安装用户信息。本书主要介绍 MATLAB6.5 版本，书中的程序也是在 6.5 版本下开发的，希望读者在学习和验证本书给出的例题时也能够 MATLAB6.5 环境下进行，这样可以避免因为版本的不同而造成的调试麻烦。如果在其他版本下运行可能会出现一些错误提示信息，如果遇到这种情况，读者可以根据 MATLAB 软件中给出的提示信息，对程序源代码做少量的调整便可以适应不同的版本了。

1.4 MATLAB 软件的主要窗口

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。

在主界面窗口的菜单栏中有 **File, Edit, View, Web, Windows, Help** 五个主要功能子菜单，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择/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)”等与其他 Windows 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, 也就时 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 Windwos 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。

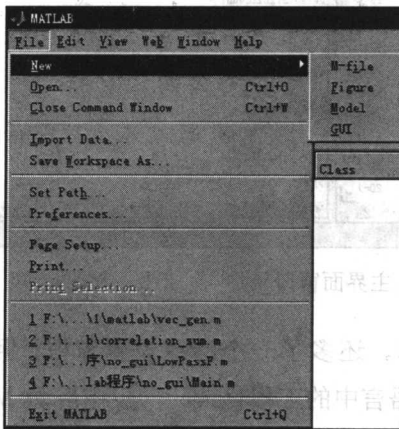


图 1-6 File 子菜单

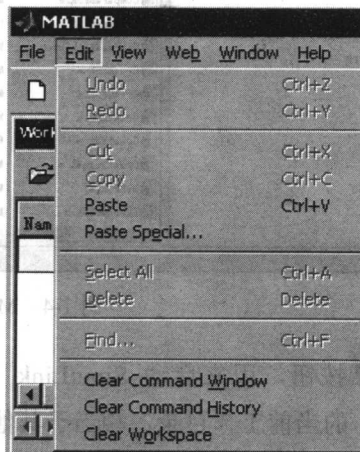


图 1-7 Edit 子菜单

(3) View 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 “Five Panel” 则显示所有 5 个 MATLAB 窗口, 即除了 “Default” 风格下的三个窗口外, 还包括 “Launch Pad” (运行导航窗口, 也从此窗口中选择运行不同的 MATLAB 功能, 如 MATLAB GUI 功能、Help 功能、Toolboxes 功能、Simulink 功能等); “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。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, 当然可以再通过选择 View 子菜单中的 “Default” 选项或其他选项再恢复原样。

(4) Web 子菜单如图 1-9 所示, 包含一些常用的 MATLAB 站点的链接, 如 MathWorks

公司的主页(<http://www.mathworks.com>)；“MATLAB 中心”站点 (<http://www.mathworks.com/matlabcentral/>)；该中心主要提供一些 MATLAB 系统仿真方面的用户交流的例子；MATLAB 用户程序交换站点 (MATLAB File Exchange)，提供很多用户自己开发的 MATLAB 程序，内容非常丰富，相信每位读者都可以找到与自己的具体应用相关的内容，在着手编写自己的程序之前不妨到上述提到的这些经典 MATLAB 站点去转一转，别人编写的一些优秀代码对于用户编写适合自己应用的程序将能够有一个很好的启迪。绝大多数程序都是源代码公开的，读者可以将其下载之后自己在自己的 MATLAB 环境下加以调试、验证，根据笔者的经验，许多算法验证方面的程序（如人工神经网络）对于理解算法本身是非常有帮助的，国外程序员严谨、细致的写作风格也是值得我们学习的。

Web 子菜单下的其他链接主要是和 MATLAB 产品宣传有关的，感兴趣的读者也可以去逛逛。

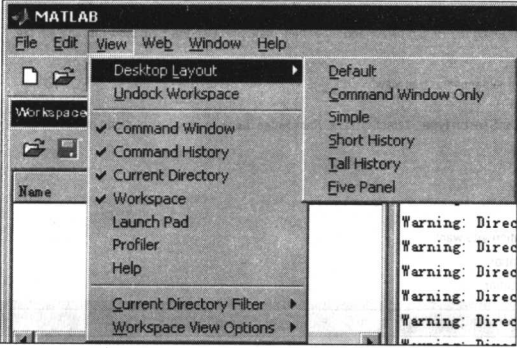


图 1-8 View 子菜单

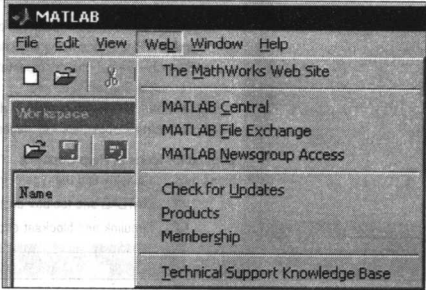


图 1-9 Web 子菜单

(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”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。

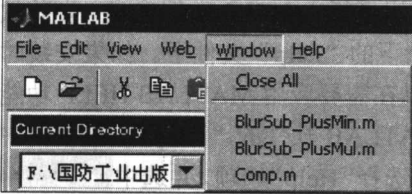


图 1-10 Window 子菜单

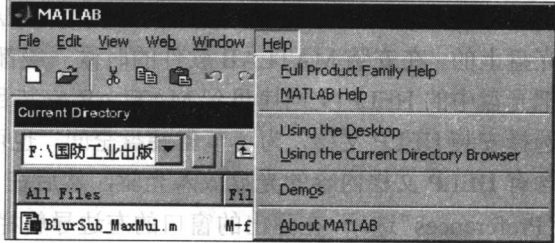


图 1-11 Help 下拉菜单

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，