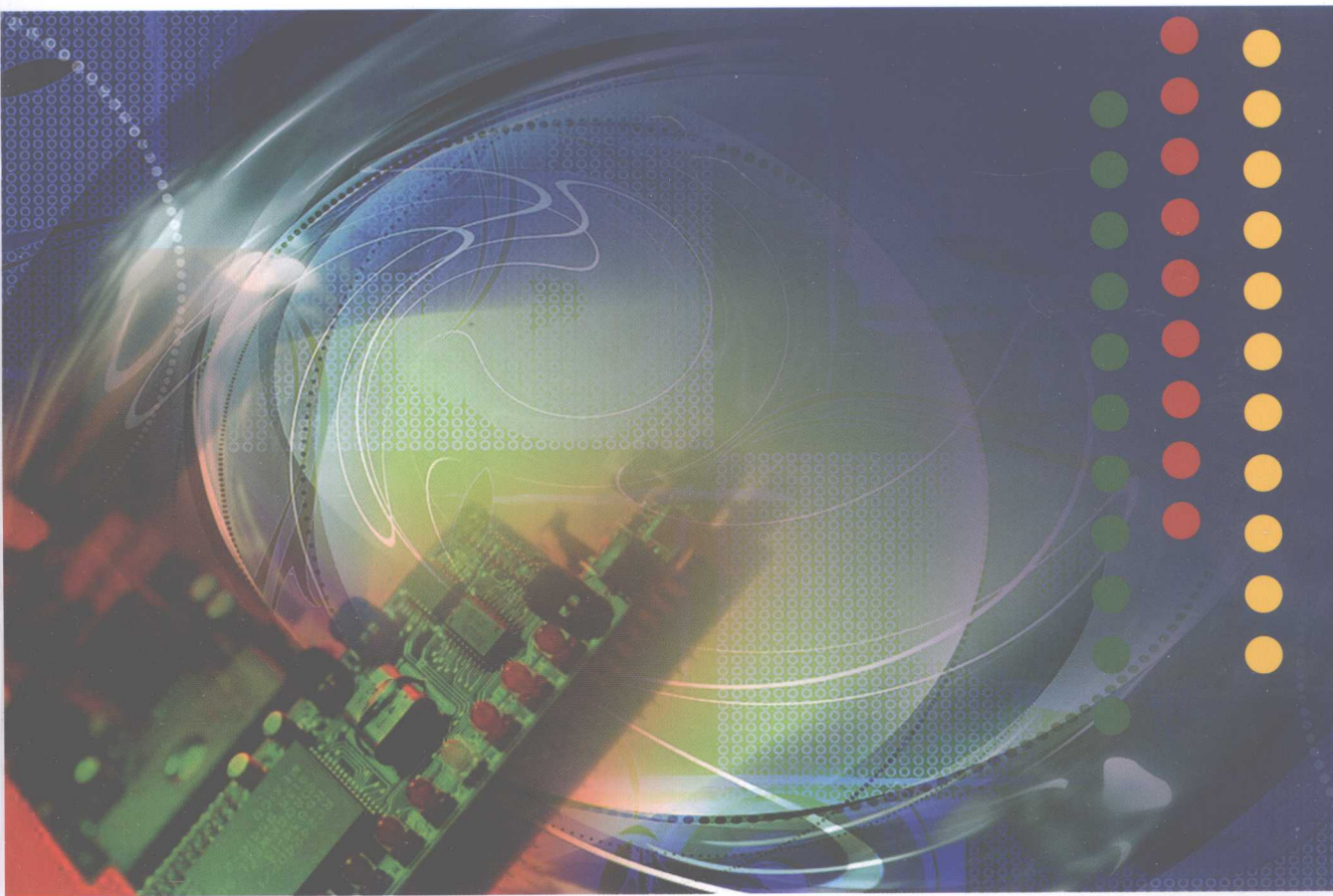


信号分析与处理的软硬件实现

李敏 陈兴文 等 编著



XINHAO FENXI YU CHULI DE RUANYINGJIAN SHIXIAN

大连海事大学出版社

李敏、陈兴文等 2009

图书在版编目(CIP)数据

信号分析与处理的软硬件实现

李敏 陈兴文 等 编著

- [1] 李敏, 陈兴文. 信号分析与处理的软硬件实现[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2009.
- [2] 李敏, 陈兴文. 信号分析与处理的软硬件实现[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2009.
- [3] 李敏, 陈兴文. 信号分析与处理的软硬件实现[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2009.
- [4] 李敏, 陈兴文. 信号分析与处理的软硬件实现[M]. 大连: 大连海事大学出版社, 2009.

地址: 大连市旅顺南路1号 邮编: 116026 电话: 0411-84732394 传真: 0411-84732685

http://www.dmupress.com E-mail: cbs@dmupress.com

大连海事大学出版社发行 大连海事大学出版社印刷

2009年3月第1版 2009年3月第1次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 20.2

字数: 494千 印数: 1-1000册

责任编辑: 张朝晖 责任校对: 肖亮 封面设计: 王莉

大连海事大学出版社 ISBN 978-7-313-07100-0

© 李敏, 陈兴文 等 2009

图书在版编目(CIP)数据

信号分析与处理的软硬件实现 / 李敏等编著. —大连: 大连海事大学出版社, 2009.2
ISBN 978-7-5632-2278-0

I. 信... II. 李... III. ①信号分析—高等学校—教材 ②信号处理—高等学校—教材
IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 022736 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84726686

<http://www.dmupress.com>

E-mail: cbs@dmupress.com

大连华伟印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2009 年 2 月第 1 版

2009 年 2 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印张: 20.5

字数: 494 千

印数: 1 ~ 1000 册

责任编辑: 郭朝晖 责任校对: 肖 武 封面设计: 王 艳

ISBN 978-7-5632-2278-0 定价: 35.00 元

内容简介

本书是基于电气信息类专业的信号分析与处理系列课程的教学体系编写,在介绍了基本概念和原理的基础上,突出了信号分析与处理的软硬件实现。在软件方面,以 MATLAB 语言为平台,对信号分析与处理进行了仿真实现;在硬件方面,以 TI 公司的 TMS320C54x 系列作为 DSP 硬件实验平台,实现了信号分析与处理的实时处理。

全书分三篇,共 10 章。上篇“MATLAB 语言基础”,着重介绍了 MATLAB 的基本功能及应用方法,包括数值运算、符号运算、程序设计及绘图功能等,为应用 MATLAB 进行信号分析与处理的仿真打下基础。中篇“基于 MATLAB 的信号分析与处理”,以 MATLAB 为工具,对信号与系统、随机信号分析及数字信号处理等进行了计算机模拟,通过大量的实例介绍了应用 MATLAB 进行信号分析与处理的具体方法。下篇“基于硬件平台的信号分析与处理”,分为两个部分,第一部分是信号分析的硬件实现,第二部分是以 TI 公司的 TMS320C54x 系列作为硬件平台,实现信号实时采集、分析与处理。上篇的各章均配有指令练习题,中篇和下篇的每一章都留有实践题目供读者自行实现。

本书体系新颖,集 MATLAB 语言、信号与系统、数字信号处理、随机信号分析及 DSP 技术等课程于一体,旨在加强学生实践能力的培养,解决编程难、计算难、费时多和原理、方法与实际应用结合难等问题,可操作性和实用性强,在实践教学体系方面很有特色。可作为电气信息类本科生学习上述课程的实践教材、研究生教学参考书,也可供从事信息处理、通信、控制等领域工作的广大科技工作者学习参考。

前 言

“信号与系统”“随机信号分析”“数字信号处理”“DSP 技术”及“MATLAB 语言”等课程的教学内容不仅在理论上而且在实践上有着密切的内在联系。它们的核心都是通过对各种不同信号的分析,实现对不同信号的处理,达到所希望得到的信号。随着科技的发展,数字化时代的到来,其技术实现是以算法为核心,高技术为基础,具有理论性和技术性强的特点。这些课程所涵盖的基本概念、原理、方法以及实践技能是电气信息类本科生必修的主干课程。因此如何教好和学好这些课程对学生能力和综合素质的培养,有着重要和深远的影响。基于这样的认识,在面向 21 世纪人才培养模式发生深刻变化,教育、教学观念不断更新的思想指导下,本书从有利于加强基础、拓宽专业、培养学生创新意识和实践能力出发,对原来这些课程的实践教学内容进行有机整合,比较科学地构建了新的实践教学课程体系,确立了“以信号分析为基础,系统分析为桥梁,处理技术为手段,系统综合为目的”的教学理念,通过几轮的教学实践逐步形成本书的编写体系。可以说本书是作者多年来在信号分析与处理课群实践教学改革方面的一个重要成果。

本书在编排上有以下几个特点:

第一,在内容上,离散与连续并重,分析与综合并重;强调物理概念、数学概念与工程概念并重,在“用”字上下功夫。突出用数字的方法完成对信号的分析、对系统的分析与综合,重在技术实现和实践能力的培养,使学生通过讲、练、做的三结合方式实现信号分析与处理能力的真正提高。

第二,在方法上,突出以“学”为中心,调动学习积极性,充分发挥学生的主体作用,力求能力的培养与素质的提高融于本书之中。本书以易学易用的 MATLAB 语言作为信号分析与处理的主要手段。因为 MATLAB 具有强大的科学计算和可视化功能,加之编程简单,上手容易,学生通过独立上机操作,就可以形象、生动地加深对问题的理解,调动了学习的积极性。

第三,在处理技术上,以软件实现与硬件实现并重,克服了长期以来技术基础课程教学中原理、方法与应用相互脱节的倾向,解决难学、难懂或学了不会用的问题。实际应用是检验理论联系实际有效性的标准,也是培养开发能力与创新能力的的前提。因此,系统的硬件实现可以锻炼学生解决实际问题的能力,是知识转化为能力的最佳途径。

本书由大连民族学院电子工程系的几位教师编著。第1至6章、第8章及附录B由李敏编写,第7章及附录A由陈兴文编写,第9章由董玉华编写,第10章由陈兴文、丁纪峰编写。全书由李敏和陈兴文策划,李敏统稿。本书的编写和出版与大连民族学院的领导和相关部门同志的关心、支持和帮助是分不开的,在此,对他们表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,作者水平有限,书中难免存在一些不当之处,恳请读者批评指正。

编著者

2008年12月

目 录

上 篇 MATLAB语言基础

第1章 MATLAB语言简介	3
1.1 MATLAB的启动、退出及工作环境	3
1.1.1 MATLAB的启动	3
1.1.2 MATLAB的工作环境	4
1.1.3 MATLAB的退出	6
1.2 在MATLAB中如何获取帮助信息	6
1.2.1 利用帮助菜单获取帮助信息	6
1.2.2 通过命令窗口获取帮助信息	7
1.3 文件管理功能	9
1.4 MATLAB的用户文件格式	9
1.5 一个实例	10
习题	13
第2章 MATLAB的数值计算功能	14
2.1 变量及其赋值	14
2.1.1 变量	14
2.1.2 MATLAB的语句	15
2.1.3 矩阵及其元素的赋值	15
2.1.4 向量的生成	16
2.1.5 矩阵的下标	18
2.1.6 复数的表示	20
2.2 MATLAB的基本管理命令	21
2.2.1 save与load命令	21
2.2.2 清除变量命令clear	21
2.2.3 查询变量信息命令who和whos	22
2.2.4 数据格式命令format	22
2.3 MATLAB的常用数学函数	23
2.4 矩阵与数组运算	25
2.4.1 矩阵的算术运算	25
2.4.2 矩阵的关系运算	27
2.4.3 矩阵的逻辑运算	28

2.4.4	逻辑字符检查命令	29
2.4.5	矩阵的块操作	31
2.4.6	矩阵函数	36
2.4.7	基本的数据分析	37
2.4.8	稀疏矩阵	39
2.5	多项式运算	41
2.5.1	多项式的表达与创建	42
2.5.2	多项式求根及其逆运算	42
2.5.3	多项式的四则运算	42
2.5.4	多项式的微分与赋值运算	44
2.5.5	有理多项式的运算	45
2.6	字符运算	46
2.6.1	字符串数组的创建	46
2.6.2	字符串数组的运算	47
	习题	49
第3章	MATLAB的程序设计基础	51
3.1	M文件编辑器	51
3.2	命令文件(脚本文件或程序文件)	52
3.3	函数文件	53
3.4	全局变量与局部变量	54
3.5	程序流程控制	55
3.5.1	循环结构	55
3.5.2	条件转移结构	58
3.5.3	流程控制命令	61
3.5.4	程序举例	62
	习题	65
第4章	MATLAB的符号运算功能	68
4.1	符号对象的创建	68
4.1.1	创建符号常量	68
4.1.2	创建符号变量	69
4.1.3	创建符号表达式	70
4.1.4	创建符号方程	71
4.1.5	创建符号矩阵	71
4.2	数值变量、符号变量及字符变量间的相互转换	73
4.2.1	将其他类型变量转换为符号变量	74
4.2.2	将其他类型变量转换为字符变量	75
4.2.3	将其他类型变量转换为数值变量	75
4.3	符号表达式的操作和转换	76
4.3.1	符号表达式中自由变量的确定	76

4.3.2	符号表达式的化简	77
4.3.3	符号表达式的替换	80
4.3.4	求反函数和复合函数	80
4.3.5	符号表达式的转换	81
4.4	常用符号运算功能的实现	83
4.4.1	符号的代数运算和线性代数运算	83
4.4.2	可变精度的算术运算	83
4.4.3	符号的极限运算	84
4.4.4	符号的微积分运算	84
4.4.5	符号的级数运算	86
4.5	符号方程的求解	87
4.5.1	代数方程的求解	87
4.5.2	常微分方程的求解	88
4.6	积分变换	90
4.6.1	傅里叶变换及其逆变换	90
4.6.2	拉普拉斯变换及其逆变换	92
4.6.3	Z变换及其逆变换	93
	习题	94
第5章 MATLAB的可视化功能		96
5.1	绘制二维图形	96
5.1.1	基本绘图命令	96
5.1.2	多个图形绘制的方法	100
5.1.3	曲线的线型、颜色和数据点形	102
5.1.4	设置坐标轴和文字标注	104
5.1.5	特殊坐标二维图形	108
5.1.6	特殊二维图形	110
5.2	绘制三维图形	114
5.2.1	基本三维图形	115
5.2.2	三维图形的修饰与控制	115
5.2.3	绘制三维网线图和曲面图	117
5.3	符号函数图形的绘制	120
5.3.1	fplot命令	120
5.3.2	ezplot命令	120
5.3.3	符号函数的其他绘图命令	122
	习题	123
中 篇 基于MATLAB的信号分析与处理		
第6章 信号与系统的MATLAB实现		129
6.1	信号的产生与可视化	129

IV 信号分析与处理的软硬件实现

17	6.1.1	连续时间信号	129
08	6.1.2	离散时间信号	130
08	6.2	信号的时域运算	131
18	6.2.1	连续时间信号的时域运算	131
88	6.2.2	离散时间信号的时域运算	133
88	6.3	信号的时域卷积	134
88	6.3.1	离散时间序列的卷积和	134
48	6.3.2	连续时间信号的卷积积分	135
48	6.4	线性系统的描述	136
08	6.4.1	描述线性系统的数学模型	136
78	6.4.2	系统模型之间的转换	139
78	6.5	线性系统的时域分析	142
88	6.5.1	连续系统的响应	143
00	6.5.2	离散系统的响应	143
00	6.5.3	线性系统时域响应举例	144
90	6.6	线性系统的频域分析	148
80	6.6.1	连续系统的频域分析	148
40	6.6.2	离散系统的频域分析	149
00	6.7	信号与系统的仿真题目	149
00	6.7.1	用MATLAB实现常用的连续时间信号及其时域运算	149
00	6.7.2	用MATLAB实现常用的离散时间信号及其时域运算	151
001	6.7.3	用MATLAB实现信号的时域卷积	152
501	6.7.4	用MATLAB实现线性系统的时域分析	154
401	6.7.5	用MATLAB实现线性系统的频域分析	155
	第7章	数字信号处理的MATLAB实现	157
011	7.1	离散傅里叶变换(DFT)	157
411	7.1.1	函数fft和ifft的调用格式	157
211	7.1.2	用fft对离散时间信号进行谱分析	158
211	7.1.3	用fft对连续时间信号进行谱分析	158
711	7.2	IIR数字滤波器的设计	161
051	7.2.1	IIR数字滤波器设计的MATLAB函数使用介绍	162
131	7.2.2	用脉冲响应不变法设计IIR数字滤波器举例	164
051	7.2.3	用双线性变换法设计IIR数字滤波器举例	167
551	7.3	FIR数字滤波器的设计	170
851	7.3.1	窗函数设计法	171
	7.3.2	频率采样设计法	174
	7.3.3	切比雪夫等波纹逼近设计法	178
051	7.4	数字信号处理的仿真题目	180
051	7.4.1	序列傅里叶变换的MATLAB实现	180

7.4.2	利用MATLAB实现离散时间系统的时域和频域分析	184
7.4.3	利用FFT进行频谱分析	187
7.4.4	用脉冲响应不变法设计IIR数字滤波器的MATLAB实现	188
7.4.5	用双线性变换法设计IIR数字滤波器的MATLAB实现	190
7.4.6	利用窗函数法设计FIR数字滤波器的MATLAB实现	191
7.4.7	利用频率采样法设计FIR数字滤波器的MATLAB实现	193
7.4.8	利用切比雪夫逼近法设计FIR数字滤波器的MATLAB实现	194
第8章	随机信号分析的MATLAB实现	196
8.1	随机变量的产生和运算	196
8.1.1	产生正态分布随机变量的MATLAB相关函数	197
8.1.2	产生均匀分布随机变量的MATLAB相关函数	199
8.1.3	其他相关的MATLAB函数	199
8.1.4	用MATLAB实现随机变量的产生及其运算举例	200
8.2	随机信号及其频谱分析	201
8.2.1	相关函数及功率谱估计的MATLAB函数	203
8.2.2	相关函数及功率谱估计举例	207
8.3	随机信号分析的仿真题目	212
8.3.1	随机变量统计分布的MATLAB实现	212
8.3.2	随机变量及其数字特征运算的MATLAB实现	215
8.3.3	随机信号及其自相关函数和功率谱密度的MATLAB实现	216
8.3.4	随机信号互相关函数及互谱密度的MATLAB实现	218

下 篇 基于硬件平台的信号分析与处理

第9章	信号与系统设计与实践	221
9.1	信号与系统分析的硬件系统构成	221
9.1.1	功能区模块	221
9.1.2	线性系统综合区模块	223
9.1.3	线性系统综合设计区模块	224
9.2	信号与系统分析的硬件实现题目	224
9.2.1	常用信号的观察与测量	224
9.2.2	信号的分解与合成	225
9.2.3	信号的采样与恢复	227
9.2.4	无失真传输系统	228
9.2.5	系统极点对系统频响的影响	230
第10章	DSP系统设计与实践	232
10.1	DSP系统硬件平台介绍	232
10.1.1	系统硬件构成	232
10.1.2	系统硬件安装说明	242
10.2	DSP系统软件开发工具介绍	243

上 篇

MATLAB 语言基础

本篇内容:

- MATLAB 语言简介
- MATLAB 的数值计算功能
- MATLAB 的程序设计基础
- MATLAB 的符号运算功能
- MATLAB 的可视化功能

上 篇

MATLAB 语言基础

本篇内容:

- MATLAB 语言简介
- MATLAB 的数值计算功能
- MATLAB 的图形处理功能
- MATLAB 的符号运算功能
- MATLAB 的可视化功能

第1章 MATLAB 语言简介

MATLAB 是一种科学计算软件，主要适用于矩阵运算及控制和信息处理领域的分析设计，它使用方便、输入简捷、运算高效、内容丰富，并且很容易由用户自行扩展。目前，MATLAB 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而必不可少的工具。

MATLAB 是 matrix 和 laboratory 前三个字母的缩写，意思是“矩阵实验室”，是美国 Math Works 公司于 1984 年正式推出的，目前已升级到 7.x 版本。随着版本的升级，内容不断扩充，功能更加强大，对使用环境也提出了更高的要求。不过对于学习语法基础的读者来说，各版本的差别不太大，可以从较低的版本起步。本书的全部程序是在 MATLAB 7.1 版本上通过的。

MATLAB 语言是以矩阵计算为基础的交互式程序设计语言，专门针对科学、工程计算及绘图的需求。与其他计算机语言相比，其语法规则简单易学，用户不用花太多时间即可掌握其编程技巧。另外，MATLAB 还具有功能丰富和完备的数学函数库及工具箱，大量繁杂的数学运算和分析可通过调用 MATLAB 函数直接求解，大大提高了编程效率，其程序编译和执行速度远远超过了传统的 C 和 FORTRAN 语言，而且人机交互性能好，深得科技人员喜爱。在图形处理方面，MATLAB 可以给数据以二维、三维乃至四维的直观表现，并在图形色彩、视角、品性等方面具有较强的渲染和控制能力，使科技人员对大量原始数据的分析变得轻松和得心应手。

目前，MATLAB 已成为数学类科技应用软件中的佼佼者，是国际上公认的最优秀的科技应用软件，并已成为应用学科的计算机辅助分析、设计、仿真及教学等领域不可缺少的基础软件。在国外的工科院校中，特别是数值计算用得最频繁的电子信息技术类学科，MATLAB 语言已成为本科生、研究生必须掌握的基础软件语言，它大大提高了课程教学、解题作业、分析研究的效率。国内一些理工科院校也已经把 MATLAB 作为学生必须掌握的一种软件，学习和掌握 MATLAB 语言，也可以说是在科学计算工具上与国际接轨。

1.1 MATLAB 的启动、退出及工作环境

1.1.1 MATLAB 的启动

MATLAB 的启动有如下两种方式：

(1) 在 Windows 桌面上，双击 MATLAB 的图标，如图 1.1 所示，就可启动并进入 MATLAB 的工作环境。

(2) 单击 Windows 的【开始】菜单，依次指向【程序】→【MATLAB 7.1】→【MATLAB 7.1】，如图 1.2 所示，就可启动并进入 MATLAB 的工作环境。



图 1.1 MATLAB 图标

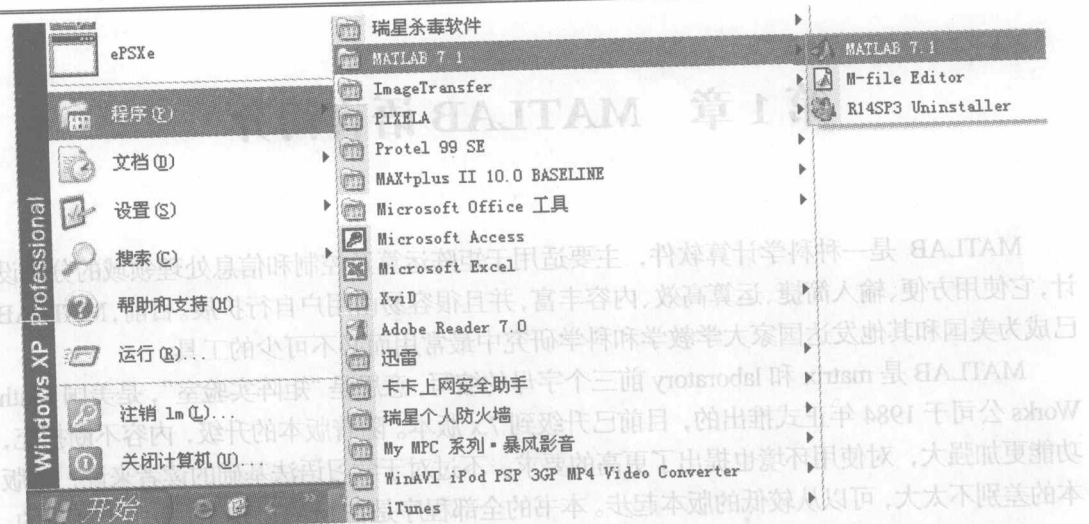


图 1.2 启动 MATLAB 方式 2

1.1.2 MATLAB 的工作环境

MATLAB 的工作环境如图 1.3 所示，这是桌面系统的默认画面，其外观可以根据需要设置。

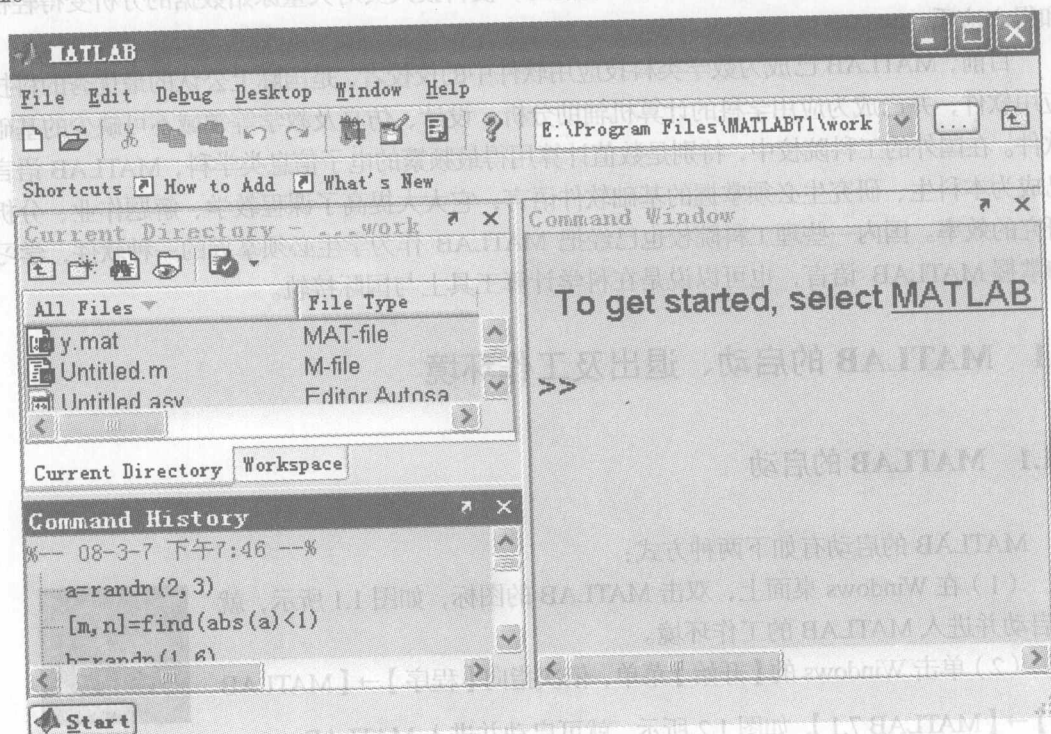


图 1.3 MATLAB 的工作环境

在图 1.3 所示的 MATLAB 默认的工作环境界面的顶部, 显示了 MATLAB 命令菜单和快捷工具按钮, 用它们可直接进行文件管理和编辑。MATLAB 的菜单及选择方式与 Windows 下各种软件环境中的文件管理方式相同, 可以创建新文件或打开一个已经存在的 M 文件, 利用文件编辑器进行文件编辑和修改等等, 这里就不再一一介绍了。除此之外, 界面中还有一个 Start 按钮和四个窗口即 Command Window, Command History, Workspace 和 Current Directory, 下面分别加以介绍。

1. 启动按钮

启动按钮即 Start 按钮位于工作环境界面左边最下方, 单击该按钮, 显示一个菜单, 如图 1.4 所示。利用 Start 菜单及其子菜单, 可以直接打开 MATLAB 的相关工具。

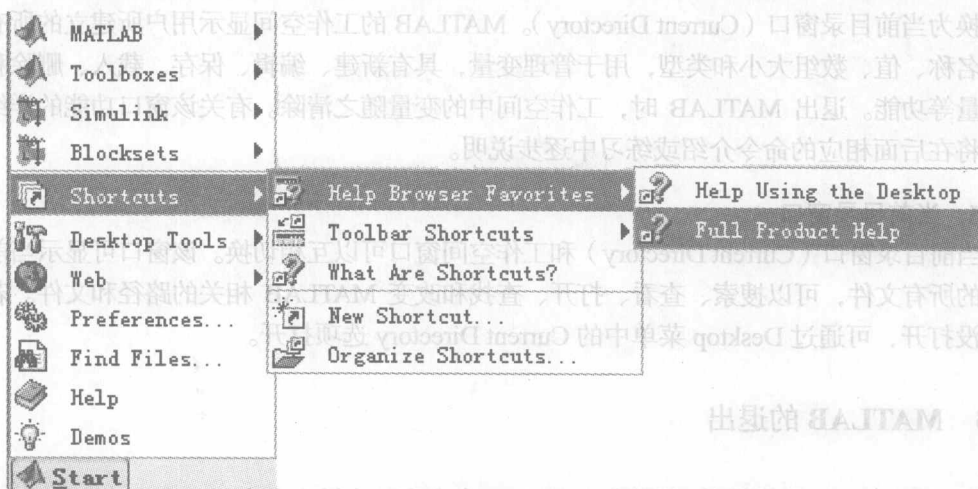


图 1.4 Start 菜单

2. 命令窗口

命令窗口 (Command Window) 位于图 1.3 所示的 MATLAB 默认工作环境的右半个视窗, 是用户使用 MATLAB 的重要工作空间。MATLAB 在这里为用户提供了交互式的工作环境, 用于输入数据、运行 MATLAB 函数和程序并显示运行结果。符号 “>>” 是 MATLAB 语言的提示符, 用户可以在提示符后随时键入 MATLAB 的各种命令, 计算机即时显示运行结果。但要注意, 每一条命令或命令行键入后都要按【Enter】(回车) 键, 命令才会被执行, 窗口内才可显示相应的结果。例如, 在命令窗口的工作区直接输入如下字符:

```
>> (12+2*(7-4))/3^2
```

然后按回车键, 命令窗口中将显示以下运行结果:

```
ans =
```

2

如果命令窗口没有打开, 从 MATLAB 菜单栏中的 Desktop 菜单中选择 “Command Window” 选项就可以打开它。如果喜欢简单的没有其他工具窗口的命令行界面, 可通过依次

选择【Desktop】→【Desktop Layout】→【Command Window Only】菜单选项，此时 MATLAB 的工作环境界面上就只有命令窗口了。

3. 命令历史窗口

命令历史窗口（Command History）位于图 1.3 所示的 MATLAB 默认工作环境界面的左下视窗，显示命令窗口中最近输入的所有语句。如果该窗口没有打开，可用 Desktop 菜单中的 Command History 选项打开。将命令历史窗口中的语句复制到命令窗口中，可以执行该语句。若直接双击历史命令窗口中的语句，也可以执行该语句。

4. 工作空间窗口

工作空间窗口（Workspace）位于图 1.3 所示的 MATLAB 默认工作环境界面的左上视窗，可切换为当前目录窗口（Current Directory）。MATLAB 的工作空间显示用户所建立的所有变量的名称、值、数组大小和类型，用于管理变量，具有新建、编辑、保存、载入、删除和打印变量等功能。退出 MATLAB 时，工作空间中的变量随之清除。有关该窗口功能的详细情况，将在后面相应的命令介绍或练习中逐步说明。

5. 当前目录窗口

当前目录窗口（Current Directory）和工作空间窗口可以互相切换。该窗口可显示当前目录下的所有文件，可以搜索、查看、打开、查找和改变 MATLAB 相关的路径和文件。若该窗口没打开，可通过 Desktop 菜单中的 Current Directory 选项打开。

1.1.3 MATLAB 的退出

退出 MATLAB 非常简单，只需在 MATLAB 命令窗口内键入命令 quit 或 exit 并按回车键，即可退出 MATLAB 环境。另外，单击图 1.3 窗口右上角的【关闭】按钮或通过下拉菜单【File】→【Exit MATLAB】也可退出 MATLAB 环境。

1.2 在 MATLAB 中如何获取帮助信息

MATLAB 几乎涉及了所有工程领域的数学问题，没有一本书能够完全覆盖读者所需要解决的问题。MATLAB 为用户提供了强大的在线帮助功能，用户可以通过在线帮助轻松入门，并在帮助信息的指导下逐步熟练掌握 MATLAB 的应用。因为 MATLAB 帮助文档是唯一完全覆盖 MATLAB 功能函数的权威技术文件，所以，善于利用 MATLAB 的帮助文档将是非常重要的。获取帮助信息的方式有多种，下面分别予以介绍。

1.2.1 利用帮助菜单获取帮助信息

单击 MATLAB 命令窗口菜单栏的【Help】菜单项，弹出帮助菜单选项，选择【Full Product Family Help】选项，则可打开如图 1.5 所示的 MATLAB 帮助主题窗口，该窗口也可以通过单