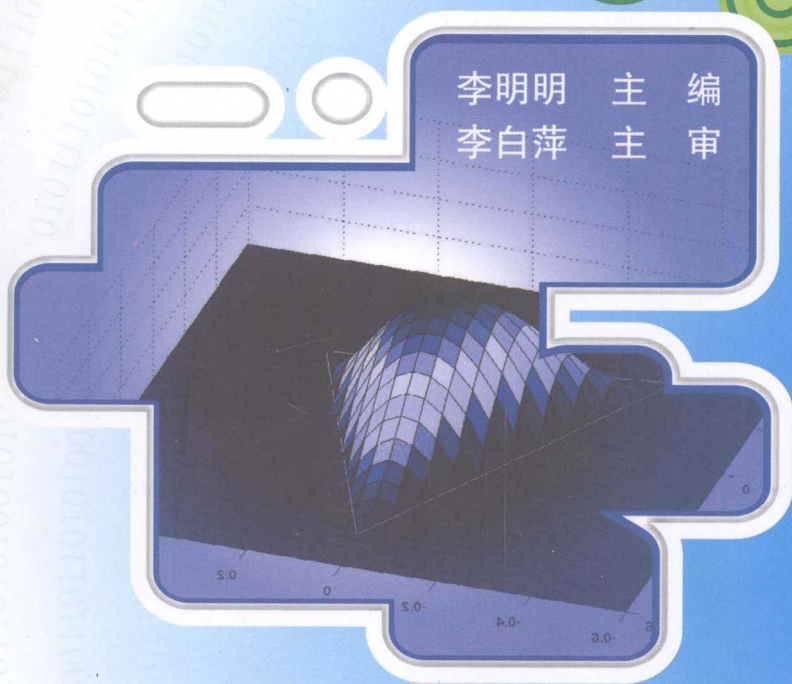




21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

电子信息类专业 MATLAB实验教程

李明明 主 编
李白萍 主 审



65种教学实验详解了MATLAB应用
100余段仿真程序活化了教学实验
多种核心知识渗透了电子信息类专业主干课程



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

TP312/4836

21 世纪

气信息类创新型应用人才培养规划教材

电子信息类专业 MATLAB 实验教程

主 编 李明明

11917693

副主编 林少锋 唐 颖

主 审 李白萍



北京大学出版社

PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书在简单介绍 MATLAB 基本知识的基础上,通过大量典型的仿真实例使读者掌握 MATLAB 在信号与系统、通信原理、数字信号处理、数字图像处理等课程中的应用。每个仿真实例都从基本原理、仿真思路、程序代码、结果及其分析等方面进行介绍。通过这些实例,读者可以很快熟悉以上课程中的基本知识和基本原理,并掌握其在 MATLAB 中仿真的实现方法。通过仿真及仿真结果,可以进一步加深对基本知识的理解。

本书共分 6 章。第 1 章是 MATLAB 基本知识的简要介绍;第 2~6 章分别介绍了 MATLAB 在信号与系统、通信原理、数字信号处理、数字图像处理等课程中的典型应用实例,书中的实例均经过验证。

本书可作为电子信息类专业本科生及研究生在学习以上几门课程时的实验指导书或参考书,也可作为从事科学研究的工程技术人员学习相关理论建模仿真知识的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电子信息类专业 MATLAB 实验教程/李明明主编. —北京:北京大学出版社, 2011.9

(21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-19452-2

I. ①电… II. ①李… III. ①MATLAB 软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 183288 号

书 名: 电子信息类专业 MATLAB 实验教程

著作责任者: 李明明 主编

策 划 编 辑: 程志强

责 任 编 辑: 程志强

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-19452-2/TN · 0076

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22 印张 528 千字

2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

MATLAB 仿真工具从开发至今, 由于其强大的功能和使用的灵活性, 在科学研究领域得到了广泛的应用。多个工具箱及灵活的接口形式, 使很多领域的仿真比较容易。

本书在简单介绍 MATLAB 基本知识的基础上, 总结了 MATLAB 在电子信息类专业的信号与系统、通信原理、数字信号处理、数字图像处理等主干课程中的多个应用实例, 是编者多年来在这些课程的教学及科研工作经验的总结。实例均从本科生和研究生的实际情况出发, 是课程主要内容与 MATLAB 的良好结合。本书可作为上述课程的上机实验参考书, 也可作为以上领域的入门级参考教程。

本书分为 6 章。第 1 章简单介绍了 MATLAB 的框架及其最核心的知识点。对于初涉 MATLAB 的读者可通过阅读第 1 章对 MATLAB 有最基本的了解。第 2、3、4、5 章根据课程的主要内容及知识点分别介绍了 MATLAB 在信号与系统、通信原理、数字信号处理、数字图像处理中的应用实例。通过这些实例的学习, 读者能够加深对所学课程知识点的掌握, 并了解所学知识点在 MATLAB 中的实现方法。每个实例都包括实验目的、原理、仿真思路、程序代码、运行结果、思考题等部分。在解决问题的同时, 为进一步学习和研究指明了方向。第 6 章展现了 MATLAB 在神经网络、模式识别、智能天线估计及 Simulink 仿真的内容, 旨在扩展读者的知识面, 并进一步加深对 MATLAB 的了解。

本书可作为通信、电子、信息专业高年级本科生及低年级研究生建模仿真课程的教材或参考书, 也可作为从事该领域研究开发的工程技术人员的参考资料。

本书由西安科技大学李明明主编并负责统稿工作, 西安科技大学李白萍担任主审。其中第 1 章由中国人民解放军西安通信学院林少锋编写, 第 2、3、4、5 章由西安科技大学李明明编写, 第 6 章由成都理工大学唐颖编写。

本书得到了西安科技大学李白萍教授、张红教授的关心和支持, 研究生章晓琴、张衡做了大量工作, 在此一并表示感谢! 感谢我的家人对我工作的付出和支持!

由于编者水平有限, 书中疏漏之处在所难免, 望广大读者和同行批评指正。

编 者

2011 年 7 月

目 录

第 1 章 MATLAB 简介	1	3.5 信源哈夫曼编码	121
1.1 初识 MATLAB	1	3.6 数字基带信号的 MATLAB 仿真	124
1.2 MATLAB 的启动与退出	2	3.7 AMI 码与 HDB ₃ 码的编码与译码	130
1.3 MATLAB 中的基本概念	9	3.8 模拟信号幅度调制解调及噪声对其影响	135
本章小结	32	3.9 单边带调幅系统的建模仿真	140
习题	32	3.10 双边带调幅系统的建模仿真	143
第 2 章 MATLAB 在信号与系统中的应用	34	3.11 二进制数字调制	148
2.1 典型连续信号的时域表示及可视化	35	3.12 2ASK 调制与解调	154
2.2 典型离散信号的时域表示及可视化	40	3.13 2FSK 调制与解调	160
2.3 信号的时域运算	46	3.14 2PSK 调制与解调	166
2.4 离散序列的卷积和	51	3.15 MQASK 与 MASK 调制与解调	170
2.5 连续信号的卷积积分	54	3.16 OFDM 调制与解调	176
2.6 循环卷积和线性卷积	56	3.17 数字基带系统的抗噪声性能分析	183
2.7 自相关函数	59	3.18 线性分组码的编码与解码	188
2.8 互相关函数	62	3.19 卷积码的编码	191
2.9 周期信号的傅里叶级数	65	3.20 直接序列扩频系统	193
2.10 信号的傅里叶变换	69	3.21 跳频扩频系统	199
2.11 信号的功率谱估计	73	本章小结	204
2.12 不同加窗方式对功率谱估计的影响	82	第 4 章 MATLAB 在数字信号处理中的应用	205
2.13 基于 Welch 法的功率谱估计	86	4.1 IIR 带通滤波器设计	206
2.14 拉普拉斯变换及其曲面图	90	4.2 IIR 带阻滤波器设计	208
2.15 离散系统的零极点分析	93	4.3 FIR 滤波器的设计	213
2.16 线性系统的根轨迹分析	97	4.4 通过滤波器分离合成信号	216
本章小结	101	4.5 巴特沃斯模拟滤波器	221
第 3 章 MATLAB 在通信原理中的应用	102	4.6 模拟滤波器的原型设计	224
3.1 随机过程的 MATLAB 仿真	103	4.7 双音多频滤波器的设计	228
3.2 低通信号抽样定理	106	4.8 直接型与级联型滤波器的比较	231
3.3 脉冲编码调制	109	4.9 自适应滤波 LMS 算法	235
3.4 增量调制	118	4.10 频率采样定理	239
		4.11 维纳滤波算法	242
		4.12 卡尔曼滤波算法	247



本章小结	250	5.9 分形图像压缩编码	288
第 5 章 MATLAB 在数字图像处理中 的应用	251	本章小结	298
5.1 基于 FFT 的图像配准	251	第 6 章 MATLAB 在其他领域中 的应用	299
5.2 基于场景的图像非均匀噪声抑制 技术	259	6.1 智能天线 DOA 的 Capon 算法与 Music 算法比较	299
5.3 基于奇异值分解理论的图像去噪 技术	264	6.2 Hopfield 神经网络数字识别	305
5.4 基于小波理论的图像消噪处理	271	6.3 BP 神经网络手写字母识别	310
5.5 彩色图像灰度化并进行直方图 均衡	274	6.4 数据聚类算法	317
5.6 彩色电视图像生成原理	278	6.5 声音信号频谱分析仪	321
5.7 基于小波变换的图像压缩编码	283	6.6 单层感知器分类	326
5.8 美丽的分形图案	286	6.7 模拟线性调制的 Simulink 仿真	331
		本章小结	340
		参考文献	341

第 1 章

MATLAB 简介

本章简要介绍 MATLAB 的基本知识。由于有很多书籍对 MATLAB 做过详细的介绍,并且本书的主要内容是 MATLAB 在电子信息类课程中的应用,对 MATLAB 的基础知识在这里只做简要介绍。本章试图以最小的篇幅给出 MATLAB 的核心框架,对初涉 MATLAB 的人来说,是学习后面章节的必要基础。MATLAB 本身是非常博大精深的。在后面各章的学习时,还会有很多新知识的出现,但只要在本章的基础上善用 MATLAB 的帮助就能学懂。



知识要点

- (1) MATLAB 帮助的使用。
- (2) MATLAB 中变量、矩阵、运算符、语句的基本知识。
- (3) M 文件及函数文件的使用。
- (4) MATLAB 中的符号运算功能及信号的可视化。

1.1 初识 MATLAB

MATLAB 是一种高效的工程计算语言,它将计算、可视化和编程等功能集于一个易于使用的环境。在 MATLAB 环境中描述问题及编制求解问题的程序时,用户可以按照符合人们科学思维的方式和数学表达习惯的语言形式来书写程序。其典型应用主要包括以下几个方面。

- (1) 数学计算。
- (2) 算法开发。
- (3) 数据采集。
- (4) 系统建模和仿真。
- (5) 数据分析和可视化。
- (6) 科学和工程绘图。
- (7) 应用软件开发(包括用户界面)。

MATLAB 是一个交互式系统(写程序与执行命令同步),其基本的数据元素是没有维数



限制的阵列。这使得用户可以解决许多工程技术上的问题,特别是那些包含了矩阵和向量的公式的计算。采用 MATLAB 编制解决上述问题的程序比采用只支持标量和非交互式的编程语言(如 C 语言和 Fortan 语言)更加方便。

MATLAB 的一个重要特色就是它有一套程序扩展系统和一组称为工具箱(toolboxes)的特殊应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库,每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的,主要包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析和系统仿真等方面的应用。

MATLAB 系统由以下 5 个主要部分组成,下面具体进行介绍。

(1) 开发环境:由一系列工具组成。这些工具方便用户使用 MATLAB 的函数和文件,其中许多工具采用的是图形用户界面。包括 MATLAB 桌面和命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、路径搜索和用于浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。

(2) MATLAB 数学函数库:是一个包含大量计算算法的集合,这些函数包括从最简单最基本的函数(如加、正弦等)到诸如矩阵的特征向量、快速傅里叶变换等较复杂的函数。

(3) MATLAB 语言:是一个高级的矩阵/阵列语言,它包含控制语句、函数、数据结构、输入输出和面向对象的编程特点。用户可以在命令窗口中将输入语句与执行命令同步,也可以先编写好一个较大的复杂的应用程序(M 文件)后再一起运行。

(4) 图形处理:用 MATLAB 可以将向量和矩阵用图形表现出来,并且可以对图形进行标注和打印。高层次的作图包括二维和三维数据可视化、图像处理、动画和表达式作图,低层次的作图包括定制图形的显示和为用户的 MATLAB 应用程序建立的图形用户界面。

(5) MATLAB 应用程序接口(API):这是一个库,它允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 Fortran 语言程序。

1.2 MATLAB 的启动与退出

1. MATLAB 的启动

MATLAB 的启动有如下 3 种方式。

方式一:双击桌面的 MATLAB 7.8 快捷方式图标,即可启动并打开 MATLAB 命令窗口。

方式二:单击 Start 按钮,选择 Programs 选项,然后在打开的如图 1.1 所示的菜单中选中 MATLAB。

方式三:使用 Windows 浏览器打开 MATLAB 的顶层安装目录,双击快捷运行图标。

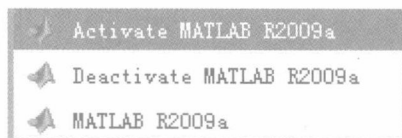


图 1.1 通过开始菜单运行 MATLAB



2. MATLAB 7.8 的工作环境

本小节主要介绍 MATLAB 7.8 工作环境界面,使读者初步掌握 MATLAB 7.8 软件的基本操作方法。

MATLAB 7.8 的工作界面主要由菜单、工具栏、命令窗口、历史命令窗口、当前工作目录窗口、工作空间管理窗口、历史命令窗口和命令窗口组成,如图 1.2 所示。

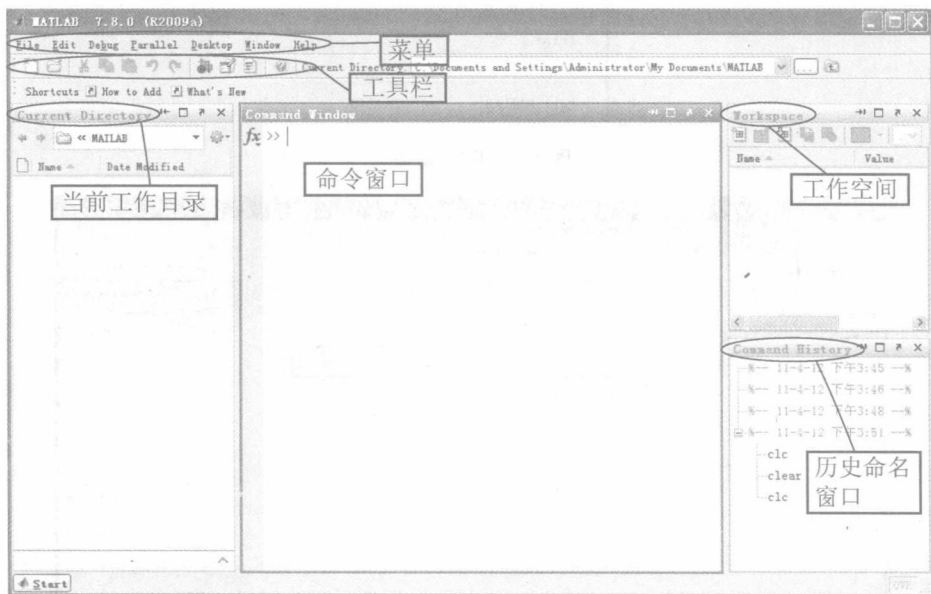


图 1.2 MATLAB 7.8 工作环境

1) 菜单栏和工具栏

MATLAB 7.8 的菜单栏包括 File、Edit、Debug、Parallel、Desktop、Window、Help 几个菜单项。

(1) File 菜单(图 1.3),主要包括以下选项。

Import Data: 用于向工作空间导入数据。

Save Workspace As: 将工作空间的变量存储在某一个文件中。

Set Path: 打开搜索路径设置对话框。

Preferences: 打开环境设置对话框。

(2) Edit 菜单主要用于复制、粘贴等操作,与一般的 Windows 程序类似。

(3) Debug 菜单用于进行程序的调试。

(4) Desktop 菜单用于设置主窗口中需要打开的窗口。

(5) Window 菜单列出当前所有打开的窗口。

(6) Help 菜单用于选择打开不同的帮助系统。

当用户单击 Workspace 选项,使该窗口成为当前窗口时,就会增加如图 1.4 所示的 View 和 Graphics 菜单。View 菜单用于设置如何在工作空间管理窗口中显示变量,Graphics 菜单用于打开绘图工具,用户可以使用这些工具来绘制变量。

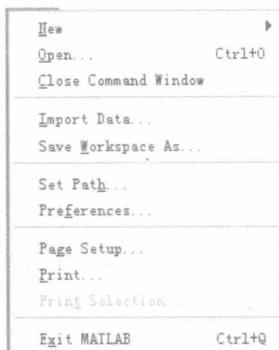


图 1.3 File 菜单

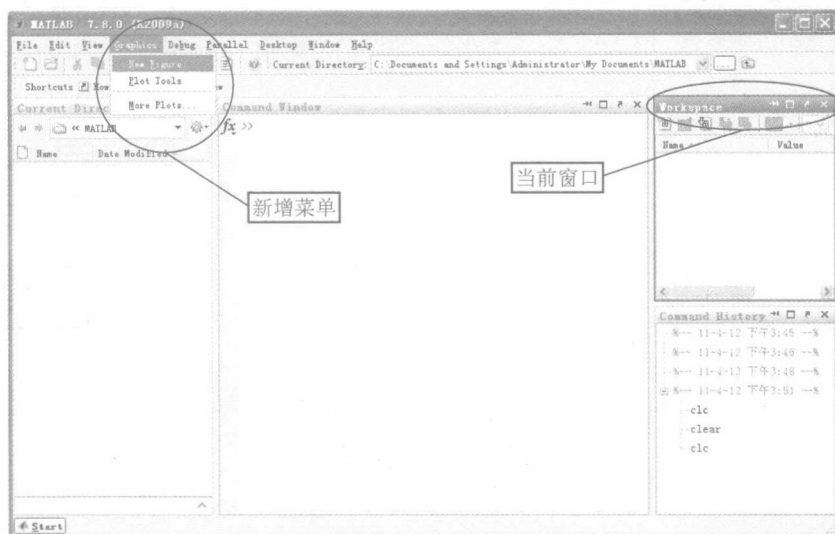


图 1.4 Graphics 菜单

当用户单击 Current Directory 选项, 使该窗口成为当前窗口时, 就会增加一个如图 1.5 所示的 View 菜单, 该菜单用于设置如何显示当前目录下的文件。



图 1.5 View 菜单

工具栏以图标的方式为用户提供了 MATLAB 的常用命令及操作。工具栏图标及功能如图 1.6 所示。

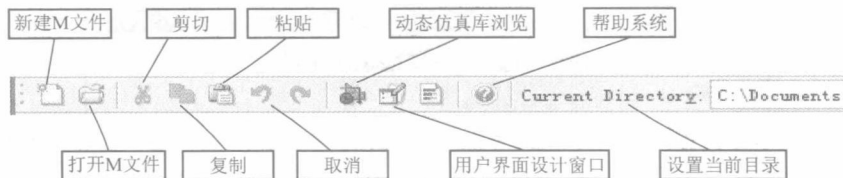


图 1.6 命令窗口工具栏

单击主窗口下面的 Start 按钮，还可以打开各种 MATLAB 7.8 工具，如图 1.7 所示。

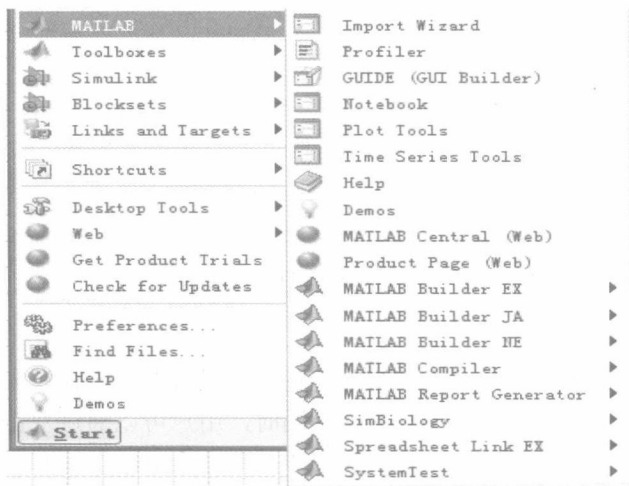


图 1.7 Start 按钮

2) 命令窗口

MATLAB 7.8 的命令窗口如图 1.8 所示，窗口内“>>”为运算提示符，表示 MATLAB 已经处于准备状态。在提示符号后面输入一段程序或者一段预算式后按 Enter 键，MATLAB 就会给出一个计算结果，并再次进入准备状态。

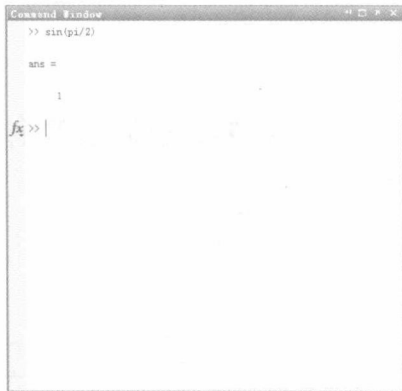


图 1.8 命令窗口



在该窗口中选中某一个表达式，然后右击，就会弹出如图 1.9 所示的下拉菜单，通过选取不同的选项可以对选中的表达式进行相应的操作。

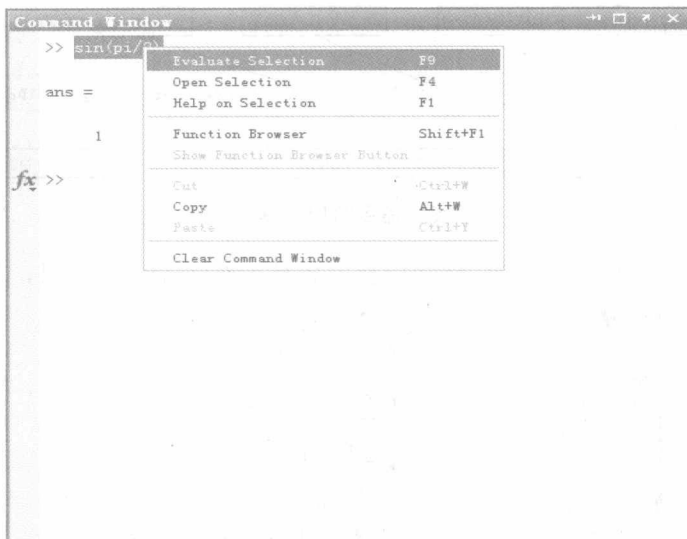


图 1.9 命令窗口的下拉菜单

3) 历史命令窗口

该窗口主要用于记录所有执行过的命令，在默认设置下，该窗口会保留自安装后所有使用过的命令的历史记录，并标明使用时间。同时，用户可以通过双击某一历史命令来重新执行该命令。与命令窗口类似，该窗口也可以成为一个独立的窗口。

在该窗口中选中，然后右击，弹出如图 1.10 所示的上下文菜单。通过上下文菜单，用户可以删除或粘贴历史记录；也可为选中的表达式或命令创建一个 M 文件；还可为某一句或某一段表达式或命令创建快捷按钮，具体方法见下面的示例。

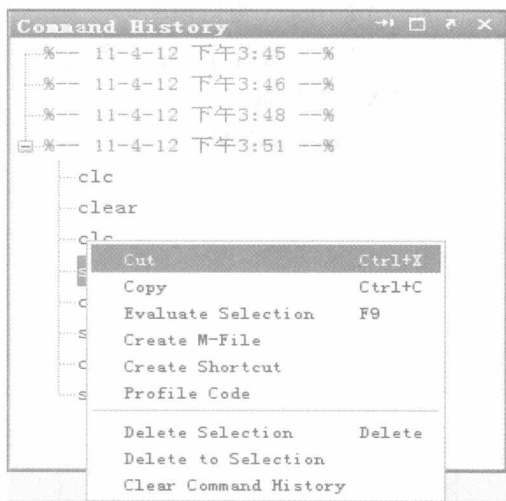


图 1.10 历史命令窗口菜单



4) 当前工作目录窗口

在目录窗口中可显示或改变当前目录, 还可以显示当前目录下的文件, 以及搜索功能。该窗口也可以成为一个独立的窗口, 如图 1.11 所示。

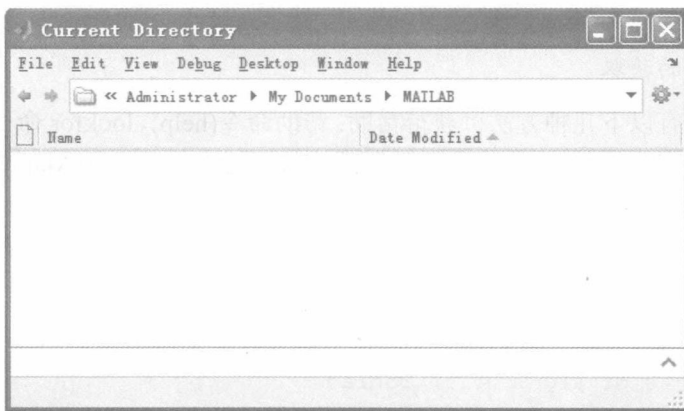


图 1.11 当前目录窗口

5) 工作空间管理窗口

在这个窗口中将显示目前内存中所有的 MATLAB 变量的变量名、数据结构、字节数以及类型等信息, 不同的变量类型分别对应不同的变量名图标, 如图 1.12 所示。

: 向工作空间添加新的变量。

: 打开在工作空间中选中的变量。

: 向工作空间中导入数据文件。

: 保存工作空间中的变量。

: 删除工作空间中的变量。

: 绘制工作空间中的变量, 可以用不同的绘制命令来绘制变量。

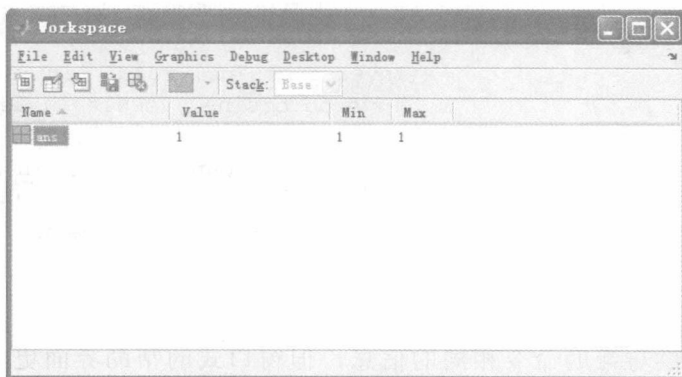


图 1.12 工作空间管理窗口

3. MATLAB 7.8 的退出

退出 MATLAB 非常简单, 有如下几种退出的方法。



- (1) 在 MATLAB 7.8 命令窗口的 File 菜单下选择 Exit MATLAB 选项。
- (2) 快捷键 Ctrl+q。
- (3) 在命令窗口输入 quit 或 exit。
- (4) 单击 MATLAB 7.8 命令窗口右上角的  按钮。

4. 帮助信息的获取

MATLAB 里有以下几种方法可获得帮助: 帮助命令(help)、lookfor 命令、帮助窗口(help window)、帮助桌面(help desk)、在线帮助页或直接通过网络连接到 Mathworks 公司。

1) 帮助命令(help)

帮助命令是查询函数相关信息的最直接方式, 信息会直接显示在命令窗口中。如果用户知道要找的题材(topic)是什么, 直接输入 help <topic>。

例: 在命令窗口输入 help cos, 会出现以下解释。

```
COS      Cosine of argument in radians.
COS(X) is the cosine of the elements of X.
See also acos, cosd.
Overloaded methods:
    codistributed/cos
    sym/cos
Reference page in Help browser
doc cos
```

2) lookfor 命令

它可以从用户输入的关键字(即使这个关键字并不是 MATLAB 的指令)列出所有相关的题材, 和 help 相比, lookfor 所能覆盖的范围更宽, 可查找到包含在某个主题中的所有词组或短语。

例: 在命令窗口中输入 lookfor cos 会显示如下内容。

```
cgoptimconstraint      - CGOPTIMCONSTRAINT Constructor for
cgoptimconstraint class
acos                   - Inverse cosine, result in radians.
acosd                  - Inverse cosine, result in degrees.
acosh                  - Inverse hyperbolic cosine.
acsc                   - Inverse cosecant, result in radian.
acscd                  - Inverse cosecant, result in degrees.
acsch                  - Inverse hyperbolic cosecant.
...
```

3) 帮助窗口(help window)

帮助窗口提供与帮助命令相同的信息, 但窗口式的帮助界面更为方便直接。在 MATLAB 命令窗口中有 3 种方法进入帮助窗口。

- (1) 选取帮助菜单里的 help window 项。
- (2) 双击菜单条上的问号按钮。
- (3) 输入 helpwin。



4) 帮助桌面(help desk)

通过在命令窗口中选择帮助菜单的 help desk 选项后输入 help desk 命令即可进入帮助桌面。这两种方法都会自动启动浏览器,用户可利用浏览器的功能来浏览帮助。

5) 在线帮助页

帮助桌面的在线帮助均有相应的 PDF 格式文件,可以用 Adobe Acrobat Reader 浏览器打开。可以方便地翻页和查找。用户选中帮助桌面的关于 PDF 格式文件的选项,或是在命令窗口输入 doc,便会自动打开文件。

6) Mathworks 网站

对于已连入 Internet 的用户,可通过 HelpDesk 直接访问 Mathworks 公司的网站 www.mathworks.com 询问有关问题。

1.3 MATLAB 中的基本概念

1. 变量

MATLAB 和其他高级语言一样,也是使用变量来保存信息的。变量用变量名表示,变量的命名应遵循如下规则。

- (1) 变量名必须以字母开头。
- (2) 变量名可以由字母、数字和下划线混合组成。
- (3) 变量名区分字母大小写。
- (4) 变量名的字符长度不应超过 31 个。

在 MATLAB 中还存在着一一些系统默认的固定变量,见表 1-1。

表 1-1 MATLAB 的固定变量

变 量 名	默 认 值
i	虚数单位 $\sqrt{-1}$
j	虚数单位 $\sqrt{-1}$
ans	在没有定义变量名时,系统默认的变量名为 ans
pi	圆周率 π
inf	无穷大
nan	表示不定值,由 inf/inf 或 0/0 产生
why	提供几乎任何问题的简捷回答

MATLAB 的基本变量分为字符变量和数值变量两种,字符变量(char)必须用单引号括起来。例如,用户可以输入:

```
a='happy new year'
```

则表示将字符串 'happy new year' 赋值给字符变量 a。

若用户输入:

```
b=345
```



则表示将数值 345 赋值给数值变量 b。

和其他高级语言不同的是, MATLAB 使用变量的时候不用先对变量类型进行说明, MATLAB 会自动根据所输入的数据来决定变量的数据类型和分配存储空间。

2. 数值

数值类型包含整数、浮点数和复数 3 种。

1) 整数类型

整数类型包含 4 种有符号整数和 4 种无符号整数分别为: int8, int16, int32, int64, uint8, uint16, uint32, uint64, 所占内存分别为 1、2、4、8 个字节。有符号整数可以用来表示负整数、零和正整数, 而无符号整数则只可以用来表示零和正整数。应用时要尽可能用字节数少的数据类型来表示数据, 这样可以节约存储空间和提高运算速度。例如, 最大值为 100 的数据可以用 1 个字节的整数来表示, 而没有必要用 8 个字节的整数来表示。

2) 浮点数类型

MATLAB 7.8 有双精度浮点数(double)和单精度浮点数(single)两种。双精度浮点数为 MATLAB 7.8 默认的数据类型。如果某个数据没有被显式地指定数据类型, 那么 MATLAB 7.8 会自动用双精度浮点数来存储它。为了得到其他类型的数值类型, 可以使用类型转换函数。例如, 要将双精度数 x 转换为单精度数 y, 用 `y=single(x)` 即可。

3) 复数类型

复数包含独立的两部分, 即实部和虚部。虚部的单位是 -1 的开平方根, 在 MATLAB 7.8 中可以用 i 或者 j 来表示。

可以用如下赋值语句来产生复数

```
>> a=5+10i;
```

也可以用函数 `complex` 来产生复数, 显示如下:

```
>> x=5;  
>> y=10;  
>>z=complex(x,y)  
z=  
5.0000+10.0000i
```

其中 x、y 为实数, 得到的 z 是以 x 为实部、y 为虚部的复数。

4) 其他类型

除以上基本类型外, MATLAB 中可用 `logical` 将数值转换成逻辑值, 可用 `cell` 将数值转换为矩阵类型, 可用 `struct` 构造结构体。严格来说, `logical`、`cell`、`struct` 并不是数据类型, 而是与数据类型有关的操作指令。

3. 矩阵

矩阵是 MATLAB 进行数据处理和运算的基本元素, MATLAB 的大部分运算或命令都是在矩阵运算的意义下执行的。



1) 基本矩阵操作

MATLAB 7.8 中最基本的数据结构是二维的矩阵。二维的矩阵可以方便地存储和访问大量数据。每个矩阵的单元可以是数值类型、逻辑类型、字符类型或者其他任何的 MATLAB 7.8 数据类型。无论是单个数据还是一组数据，MATLAB 7.8 均采用二维的矩阵来存储。对于一个数据，MATLAB 7.8 用 1×1 矩阵来表示；对于一组数据，MATLAB 7.8 用 $1 \times n$ 矩阵来表示，其中 n 是这组数据的长度。MATLAB 7.8 也支持多维矩阵，这类数据称为多维数组(array)。

通常情况下，把 1×1 的矩阵称为标量，把 $1 \times n$ 的矩阵称为向量。把至少有一维的长度为 0 的矩阵称为空矩阵，空矩阵可以用 `[]` 来表示。

例如，实数 2.5 是 1×1 的双精度浮点数类型矩阵。在 MATLAB 7.8 中可以用语句 `whos` 来显示数值的数据类型和存储矩阵大小。

```
>> a=2.5;
>> whos a
```

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
A	1x1	8		double

例如，字符串 'happy new year' 是 1×14 的字符矩阵类型矩阵，可以用如下语句来查看该字符串的数据类型和存储矩阵大小。

```
>> str='happy new year';
>> whos str
```

由上面的语句得到的输出代码如下。

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
str	1x14	28		char

2) 矩阵的构造

最简单的构造矩阵方法就是采用矩阵构造符 `[]`，构造一行的矩阵可以把矩阵元素放在矩阵构造符 `[]` 中，并以空格或者逗号来隔开它们，其代码设置如下。

```
>> a=[1 2 3 4]

a=

     1     2     3     4
```

或者是下面的代码。

```
>> a=[1,2,3,4]

a=

     1     2     3     4
```

如果矩阵是多行的，行与行之间用分号隔开，例如，一个 3×4 的矩阵可以用如下语句