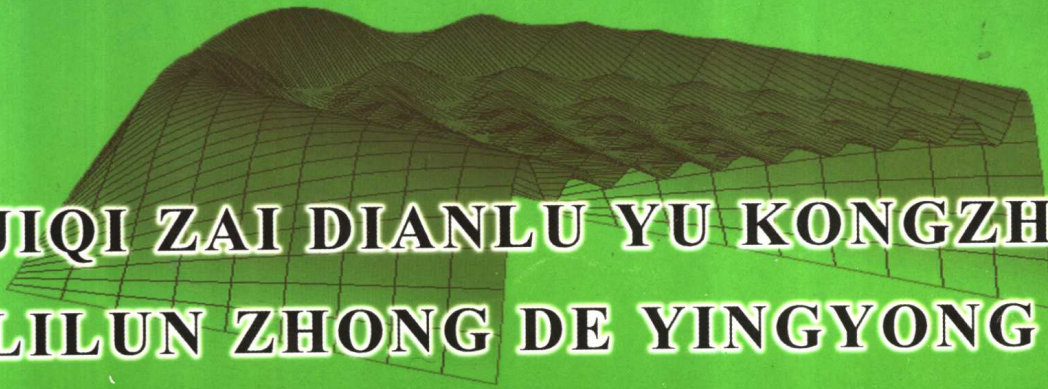
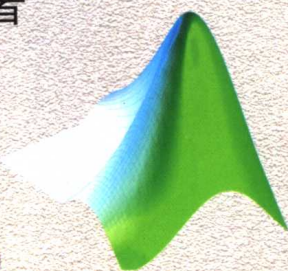


21 世纪高校规划教材 · 电子信息类

MATLAB 及其在 电路与控制理论中的应用

陈晓平 李长杰 编著

MATLAB



JIQI ZAI DIANLU YU KONGZHI
LILUN ZHONG DE YINGYONG

中国科学技术大学出版社

1.75

90

21 世纪高校规划教材 · 电子信息类

MATLAB 及其在电路与 控制理论中的应用

陈晓平 李长杰 编著



中国科学技术大学出版社

合 肥

内 容 简 介

MATLAB 是集数学运算、图形处理和程序设计于一体的著名计算软件,本书以通俗的文笔,深入浅出地介绍了 MATLAB 的基本内容、基本计算、图形表示以及仿真集成环境 Simulink。在此基础上,利用 MATLAB 强大便利的计算编程功能,将 MATLAB 应用在电路、自动控制原理、控制系统分析与设计等领域。通过具体的实例,使读者不仅能够掌握 MATLAB 的编程基础与技巧,而且还能加深对电路、自动控制原理、控制系统分析与设计等课程基本内容的理解。

本书示例丰富,语言简洁,重点突出,可以作为高等院校理工科电类专业学生学习 MATLAB 语言的入门教材,也可以作为相关专业科研人员、工程技术人员学习 MATLAB 软件及其应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 及其在电路与控制理论中的应用 / 陈晓平、李长杰编著. —合肥: 中国科学技术大学出版社, 2004.9

21 世纪高校规划教材·电子信息类

ISBN 7-312-01703-7

I. M… II. ①陈… ②李… III. 计算机辅助计算—软件包. MATLAB—高等学校—教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059168 号

书 名: MATLAB 及其在电路与控制理论中的应用
著作责任者: 陈晓平、李长杰
责任编辑: 张善金
标准书号: ISBN-7-312-01703-7/TP·337
出版者: 中国科学技术大学出版社
地 址: 合肥市金寨路 96 号中国科学技术大学校内 邮编: 230026
网 址: <http://www.press.ustc.edu.cn>
电 话: 发行部 0551-3602905 邮购部 3607380 编辑部 3602910
电子邮箱: press@ustc.edu.cn
印刷者: 合肥现代印务有限公司
发 行 者: 中国科学技术大学出版社
经 销 者: 全国新华书店
开 本: 787mm×960mm 1/16 印张: 14 字数: 336 千
版 次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷
印 数: 1—4000 册
定 价: 18.00 元

前 言

MATLAB 是一个高效率的数值计算可视化软件。它集数值分析、矩阵运算、程序设计、系统建模和图形显示于一体,具有功能强大、使用方便、界面友好的用户环境。随着计算机在各个领域的深入应用, MATLAB 语言已经成为广大科研工作者进行科学研究和工程实践的必备工具。

本书作为 MATLAB 语言的入门教程,以 MATLAB5.x 版本为平台,全面介绍了 MATLAB 语言特点。由于本书主要面向电类专业的高年级学生,而此时的学生已经修完了电类课程中的电路理论、自动控制原理、控制系统分析与设计等,因此在书中除了讲述 MATLAB 的基础知识、基本计算、图形表示外,还重点介绍了 MATLAB 在电路、自动控制原理、控制系统分析与设计等领域中的应用,使读者不仅能够掌握 MATLAB 的编程基础与技巧,而且能加深对电路、自动控制原理、控制系统分析与设计等课程中基本内容的理解,提高 MATLAB 实际应用水平。

MATLAB 中的仿真集成环境 Simulink 工具箱,是进行系统分析与设计的有力工具。一般来说,在一个实际系统设计制作之前,应该首先对系统进行仿真与分析,并根据仿真结果对系统的相关参数进行适当的调整,以期达到设计目的。Simulink 工具箱可以轻松实现对系统的仿真与设计,缩短系统开发的时间。通过本书相关章节的学习,读者可以初步掌握 Simulink 工具箱的基本使用方法。为了使读者能够直观地理解 MATLAB 在上述领域中的实际应用,本书给出了丰富多彩的应用实例。这些应用实例从多个角度,深入浅出地介绍了由实际问题转化为 MATLAB 语言描述时的建模方法和编程技巧,通过举一反三和深入领会,读者可以快速地提高应用 MATLAB 的水平。另外,书中的绝大

多数程序无需修改即可在 MATLAB6.x 版本中运行,个别涉及内部函数引用的程序要在 MATLAB6.x 版本中使用时,需要对照函数格式对部分语句作适当修改。

本书由江苏大学电气信息工程学院陈晓平、李长杰老师编写,温军玲老师做了许多辅助工作。此外,本书在编写过程中还得到了江苏大学电气信息学院领导、同事以及江苏大学教学主管部门的热情支持;西安交通大学闫相国教授、江苏大学李正明教授在百忙中抽出时间认真审阅了本书的全部内容,并提出了许多宝贵的建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于 MATLAB 语言涉及面宽,而编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正,以便我们在未来的教学和科研工作中不断改进,从而使本书在再版时更臻完美。

编 者

2004 年 6 月

目 次

前言	1
第 1 章 MATLAB 简介及基本特性	1
1.1 MATLAB 语言的特性	1
1.1.1 MATLAB 工作空间	1
1.1.2 MATLAB 编辑/调试器	6
1.1.3 MATLAB 数据存储和调用	9
1.1.4 设置搜索路径	10
1.1.5 在线帮助	11
1.2 MATLAB 数学运算	12
1.2.1 算术运算	12
1.2.2 复数运算	13
1.2.3 数组与矩阵构造	13
1.2.4 下标	14
1.2.5 矩阵操作	15
1.2.6 特殊矩阵	16
1.2.7 矩阵运算	19
1.2.8 数学函数	24
1.2.9 关系和逻辑运算	25
1.3 MATLAB 编程	26
1.3.1 MATLAB 变量与数据格式	26

1.3.2	MATLAB 程序结构	28
1.4	曲线图	33
1.4.1	函数 plot	33
1.4.2	图形的修饰	35
1.4.3	坐标轴的定制	37
1.4.4	图形窗口分割	38
1.4.5	特殊的二维图形函数	39
第 2 章	MATLAB 在电路中的应用	41
2.1	电阻电路	41
2.2	动态电路	48
2.3	正弦稳态电路	60
2.4	频率响应	70
2.5	二端口网络	79
2.5.1	二端口网络六套参数间关系的 MATLAB 实现	79
2.5.1	二端口网络转移函数的 MATLAB 实现	80
第 3 章	MATLAB 在自动控制系统中的应用	87
3.1	控制系统工具箱函数	87
3.2	控制系统的数学描述与建模	91
3.2.1	微分方程	91
3.2.2	传递函数	94
3.2.3	模型之间的转换	98
3.3	控制系统的稳定性分析	102
3.4	控制系统的时间响应分析	108
3.5	控制系统的频率响应分析	124
3.6	控制系统的根轨迹分析	140

第4章 SIMULINK 仿真初步	149
4.1 SIMULINK 概述	149
4.1.1 SIMULINK 的启动	150
4.1.2 SIMULINK 的模块库介绍	151
4.1.3 一个简单 SIMULINK 模型的建立	159
4.2 SIMULINK 功能模块的处理	164
4.3 SIMULINK 的连线处理	168
4.4 SIMULINK 自定义功能模块	171
4.5 SIMULINK 的仿真方法	176
4.5.1 设置仿真参数和选择解法器	176
4.5.2 系统仿真的启动	184
4.5.3 Scope 使用方法简介	185
4.6 SIMULINK 仿真应用举例	190
参考文献	215

第1章 MATLAB 简介及基本特性

MATLAB 是美国 Mathworks 公司开发的大型数学计算软件，它提供了强大矩阵处理和绘图功能，并具有界面友好的用户环境。由于 MATLAB 可信度高、灵活性好、使用方便、人机界面直观、输出结果可视化、因而在世界范围内被科学工作者、工程师和大学生们广泛使用。MATLAB 带有一些强大的具有特殊功能的工具箱，而且随着近年来它的版本不断升级，所含的“工具箱”功能越来越丰富，工具越来越多，应用范围也越来越广，涵盖了当今几乎所有工业、电子、医疗、建筑等各领域，已经成为国际上最流行的软件之一。现在的 MATLAB 已不仅仅是一个“矩阵实验室”（Matrix Laboratory），而且已经成为一种实用的全新的计算机高级编程语言，可以说是工程技术人员的必备软件。

1.1 MATLAB 语言的特性

MATLAB 具有强大的编程功能和易操作交互式计算环境。MATLAB 语言可以被认为是一种解释性语言，在其工作空间（Workspace），用户可以在 MATLAB 的命令窗口中键入一个命令就可以直接进行数字运算，也可以应用 MATLAB 语言编写应用程序，运行程序及跟踪调试程序。MATLAB 软件会对命令和程序的各项语句进行翻译，然后在 MATLAB 环境中对它进行处理，最后返回结果。

1.1.1 MATLAB 工作空间

启动 MATLAB 后，出现 MATLAB 的工作空间。MATLAB 窗口是一个典型的 Windows 应用程序窗口。它主要由四部分构成，即标题栏、菜单栏、工具栏及命令窗口。如图 1-1 所示，其中，命令窗口是用户和 MATLAB 进行交互的主要场所。

MATLAB 命令窗口的最上面两行是系统初始提示信息。如果 MATLAB 运行在英文的 Windows 平台上，那么 MATLAB 命令窗口的第三行就会出现 MATLAB 环境提示符号“>”

和光标位置符。如果 MATLAB 运行在中文的 Windows 平台上, 那么 MATLAB 命令窗口的第三行就会只有光标位置符, 而没有 MATLAB 环境提示符号“》”。

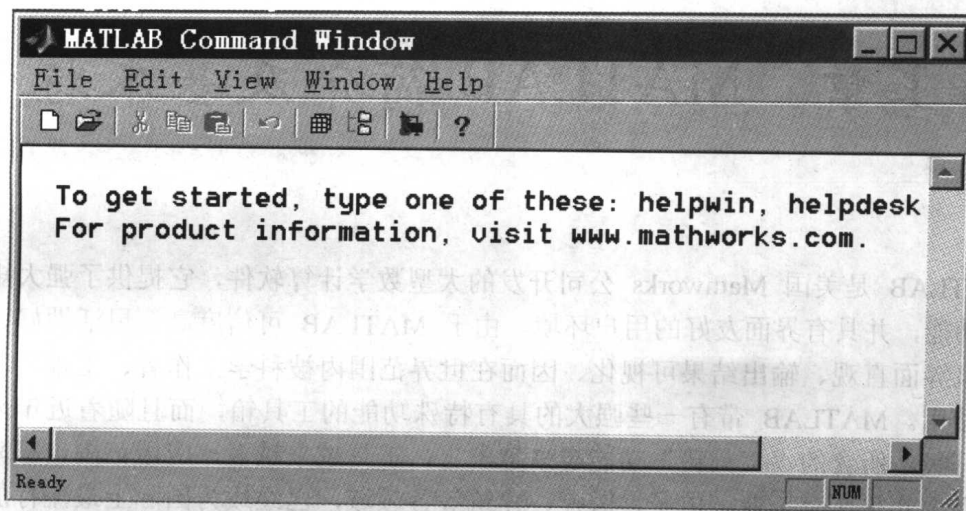


图 1-1 MATLAB 的命令窗口

在命令窗口中, 命令的执行类似 DOS 的行命令形式。从提示符处输入命令, 按回车键后执行命令。例如, 要看 MATLAB 的介绍, 只是在提示符下输入:

intro

按下回车键, 进入 MATLAB 的介绍。在 MATLAB 的介绍中, 如果要计算机自动演示其范例, 则输入 Autoplay 命令, 便进入自动演示范例的状态。

一行可以输入多条命令、各命令用逗号或分号隔开。逗号告诉 MATLAB 显示结果, 分号禁止显示。例如:

Pen_Cost1=6; Pen_Cost2=10; Pen_Cost3=20;

Number=3,

运行后: number=

3

如果, 一条表达式很长, 一行写不下, 那么 MATLAB 允许续行, 键入“...”连续三个点后回车, 即可在下一行继续输入。注意在“...”前面留有空格。例如, 接上例再输入

average_Cost= (Pen_Cost1+Pen_Cost2+ ...
+Pen_Cost3)/number

运行后有: average_Cost=

12

使用续行注意: 变量名不能分成两行, 注释语句不能续行。在%后的所有文字为注释,

执行 MATLAB 时忽略%及其后的文本。用户可以在任何时刻用 **Ctrl+C** 中断 MATLAB 的运行。

光标控制键可以再调用，重复编辑前面已输入的命令。假设你错误地输入某个指令，例如：

```
rho=(1+sqrt(5))/2
```

在此指令中应输入 **sqrt**，而不是 **sqt**，回车后 MATLAB 则显示：

Undefined function or Variable "sqt"

为避免重复输入上述一行句子，你可以按键 **↑**，错行重新显示，用 **←** 键移动光标定义插入所缺 **r** 字母。重复使用光标键 **↑** 可以调用指定某几个字母开头的命令行。在 MATLAB 中，输入的命令存储在缓冲区内，可以调用指定某几个字母开头的命令行。例如，输入 **plo** 字母，然后按 **↑** 键，就调用前面的最近一次 **plo** 开头的命令。

MATLAB 是一个标准的 Windows 界面，可以利用菜单中的命令完成对命令窗口的操作。它的使用方法与 Windows 的一般应用程序相同，参看图 1-2。下面将对菜单进行简单介绍。

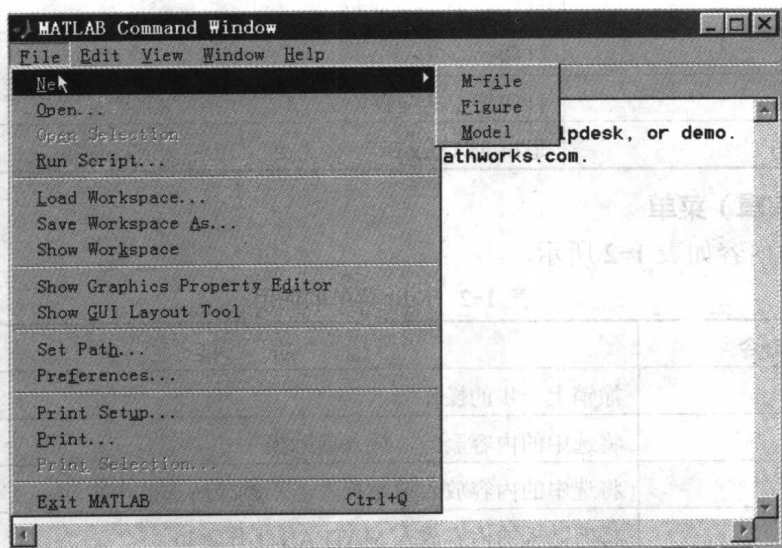


图 1-2 菜单的操作

一、菜单命令

1. File (文件) 菜单

File 菜单的内容如表 1-1 所示。

表 1-1 File 菜单的使用

菜单命令	功 能
New	新建一个 M 文件、图形或 Simulink 模块
Open	打开一个已有的文件，可以是 M 文件、图形或 Simulink 模块
Open Selection	打开指定的文件
Run Script	运行一个已有的 M 文件
Load Workspace	将文件中内容放入 MATLAB 的工作区中
Save Workspace As	将 MATLAB 工作区中的内容存入文件
Show Workspace	显示 MATLAB 工作区
Show Graphics Property Editor	显示图形属性编辑器
Show GUI Layout Tool	显示 GUI 界面布局管理器
Set Path	设置工作路径
Preferences	定义工作环境
Print Setup	打印设置
Print	打印
Print Selection	打印指定的文件
Exit MATLAB	退出 MATLAB

2. Edit (编辑) 菜单

Edit 菜单的内容如表 1-2 所示。

表 1-2 Edit 菜单的使用

菜单命令	功 能
Undo	撤销上一步的操作
Cut	将选中的内容删除，放入剪贴板
Copy	将选中的内容放入剪贴板，但不删除所选的内容
Paste	将剪贴板的内容放入 MATLAB 工作窗口
Clear	清除
Select All	全部选中
Clear Session	清除屏幕内容，但是保留变量

3. View (视图) 菜单

View 菜单的内容如下所示：

 Toolbar 是否显示工具条

4. Window (窗口) 菜单

这个菜单应用于打开了多个 MATLAB 窗口的情况, 这时可以用它在各个窗口之间切换。

5. Help (帮助) 菜单

Help 菜单的内容如下所示:

Help Windows	显示帮助窗口
Help Tips	关于帮助的技巧
Help Desk (HTML)	显示 HTML 格式的帮助用户文件
Examples and Demos	实例
About MATLAB ...	显示版权信息
Show License	显示用户授权协议
Join MATLAB Access	加入 MATLAB 用户协会

二、工具条简介

工具条位于菜单下方, 它的图标所代表的常用功能如表 1-3 所示。

表 1-3 工具条简介

图 标	功 能
	新建一个 M 文件
	打开一个已有的文件, 可以是 M 文件
	将选中的内容删除, 放入剪贴板
	将选中的内容放入剪贴板, 不删除所选的内容
	将剪贴板的内容放入 MATLAB 工作窗口
	撤销上一步的操作
	工作区管理器
	路径管理器
	SIMULINK 类管理器
	显示帮助窗口

三、若干通用操作指令

除了通过菜单命令对命令窗口进行控制外, MATLAB 还提供了许多通过键盘输入的控制指令。表 1-4 所示为 MATLAB 命令窗口中的一些通用操作指令。

表 1-4 MATLAB 命令窗口中的部分通用指令

指令名称	指 令 功 能
cd	改变当前工作目录
clear	清除内存中的所有变量和函数
clc	擦除 MATLAB 工作窗口中所有显示的内容
clf	擦除 MATLAB 当前窗口中的图形
dir	列出指定目录下的文件和子目录清单
disp	在运行中显示变量或文字内容
echo	控制运行文字指令是否显示
hold	控制当前图形窗口对象是否被刷新
pack	收集内存碎块以扩大内存空间
quit	关闭并退出 MATLAB
type	显示所指定文件的全部内容

四、指令行的编辑

启动 MATLAB 以后, 就可以利用它进行工作。由于 MATLAB 是一种交互式的语言, 因此, 输入指令后即时给出运算结果便成为它的主要工作方式之一。

表 1-5 列出了控制光标位置及对指令进行操作的一些常用操作键。

表 1-5 常用操作键

键盘操作		作 用
↑	Ctrl+p	调出前一个命令行
↓	Ctrl+n	调出后一个命令行
←	Ctrl+b	光标左移一个字符
→	Ctrl+f	光标右移一个字符
Ctrl+→	Ctrl+r	光标右移一个单词
Ctrl+←	Ctrl+l	光标左移一个单词
Home	Ctrl+a	光标移至行首
End	Ctrl+e	光标移至行尾
Esc	Ctrl+u	清除当前行
Del	Ctrl+d	清除光标所在位置后的字符
Backspace	Ctrl+h	清除光标所在位置前的字符
	Ctrl+k	删至行尾

1.1.2 MATLAB 编辑/调试器

MATLAB 的工作空间是输入命令和输出结果的窗口, 在这里输入的命令会立即得到

执行，并输出结果，这非常适用于编写短小的程序。对编写大型、复杂程序应采用 M 文件编程方法。

将 MATLAB 语句按特定的顺序组合在一起就得到了 MATLAB 程序，其文件名的后缀为 M，故也称为 M 文件。MATLAB 提供了 M 文件的专用编辑/调试器，在这一编辑器中，会以不同颜色表示不同的内容，这分成五种：命令、关键字、不完整字符串、完整字符串及其他文本。这样可容易发现输入错误，缩短调试时间。

启动编辑器的方法有两种：

(1) 在命令空间中键入：

edit fname 这时可启动编辑器，并打开 fname.m 文件。

(2) 在命令窗口的 File 菜单或工具栏上选择 New 命令或 New File 图标时，也可启动编辑/调试器。

为方便操作，编辑器除了提供菜单命令外，也提供了工具栏，如图 1-3 所示。

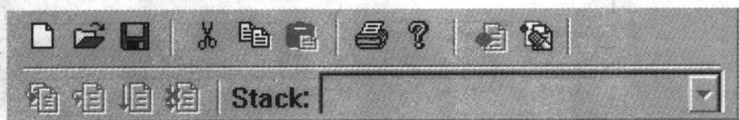


图 1-3 编辑/调试器工具栏

MATLAB 编辑/调试器提供了编辑 M 文件和调试 M 文件这两大功能。这里先介绍编辑功能。MATLAB 编辑器与其他 Windows 编辑器程序相类似，不再赘述。这里只作以下几点特别说明：

(1) 在编辑 M 文件时，可直接转到指定的行，这可从 Edit 菜单中选择 Go To Line 命令，如图 1-4 所示。

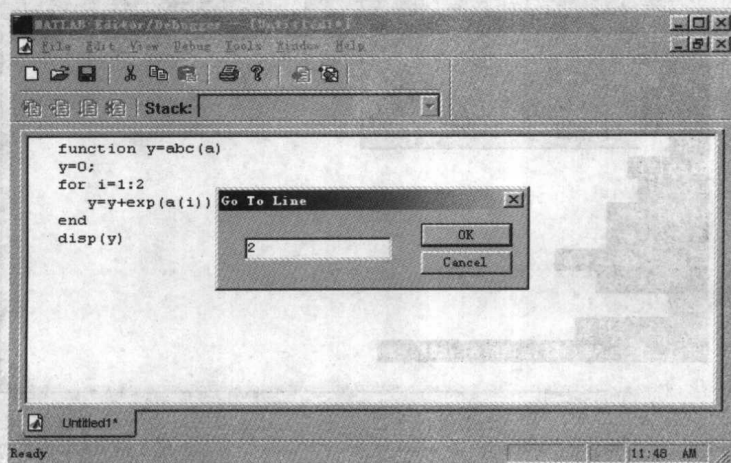


图 1-4 转到指令行对话框

(2) 可直接计算 M 文件中表达式的值, 结果显示在命令窗口中。这可通过选择表达式, 然后在 View 菜单中选择 Evaluate Selection 命令来实现, 如图 1-5 所示。

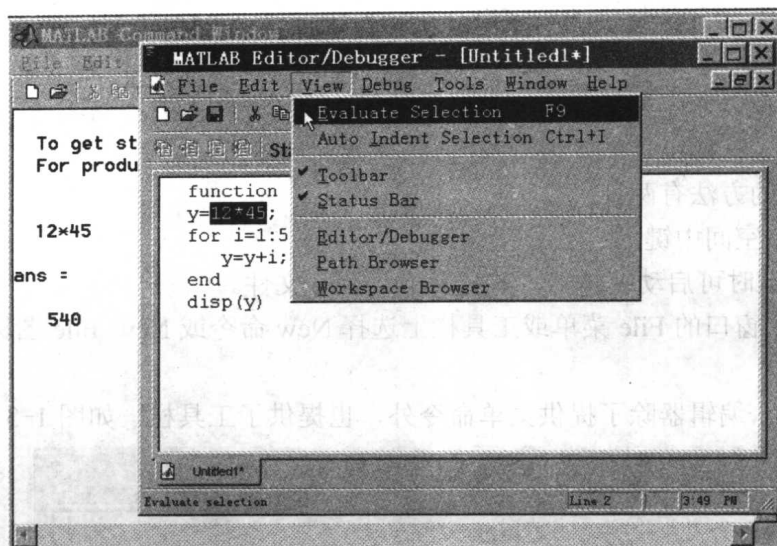


图 1-5 直接计算表达式

(3) 可根据 MATLAB 的句法自动缩排, 以增加 M 文件的可读性。先选择文本块, 然后在 View 菜单中选择 Auto Indent Selection 命令, 如图 1-6 所示。

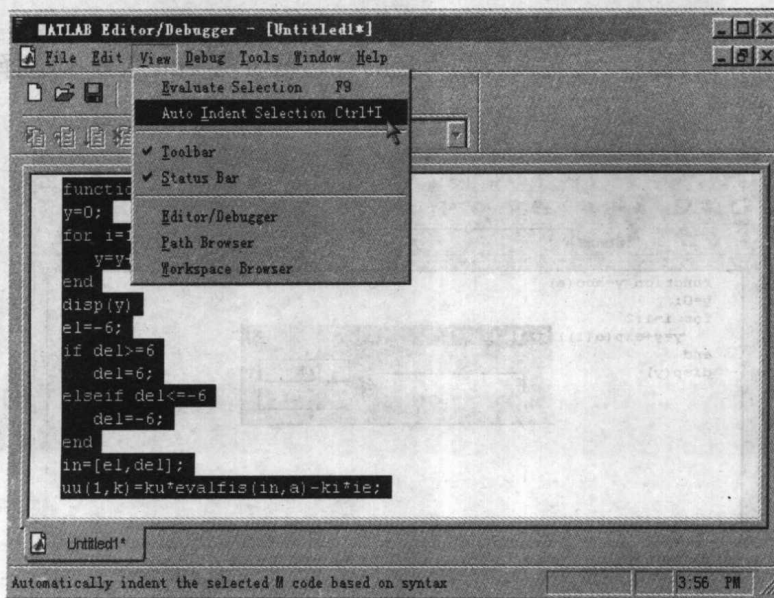


图 1-6 M 文件自动缩排

(4) 可按要求设置自动缩排的格式。在 View 菜单中选择 Options 命令, 如图 1-7 所示。

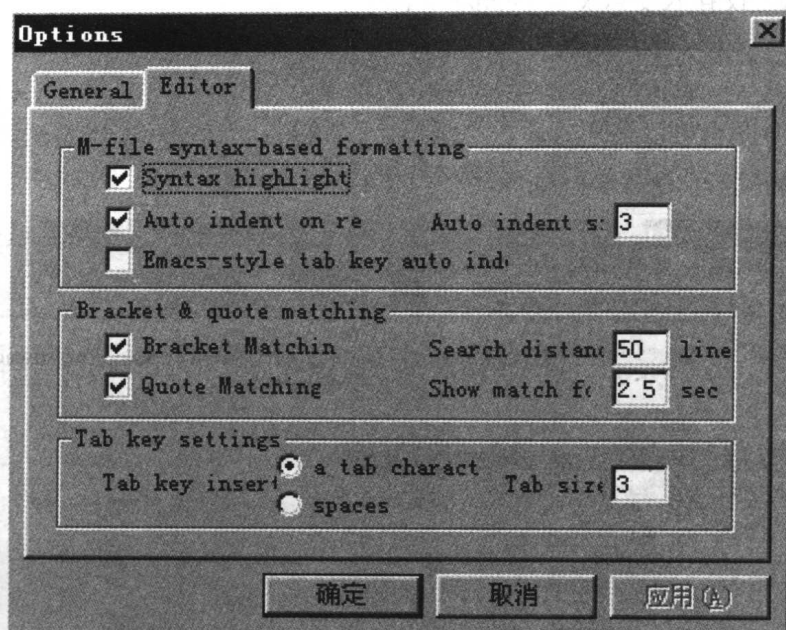


图 1-7 自动缩排选项

1.1.3 MATLAB 数据存储和调用

MATLAB 可以通过计算机文件来保存或加载数据, 选择工作空间中 File 菜单项的子菜单项 Save Workspace As..., 弹出一个标准的对话框, 如图 1-8 所示, 来保存所有当前变量。类似地, File 菜单的 Load Workspace As... 菜单下打开一个对话框, 以保存工作空间中的加载变量。保存变量并不会将其从工作空间中删除。加载 MATLAB 工作空间中已有的同名变量将会把变量的值改为从文件中加载的值。

数据的存储和调用, 除了菜单操作外, 还可以直接在工作空间中输入命令。键入 save 命令, 则将工作空间中所有的变量存入到磁盘上 MATLAB.MAT 文件中, 当 MATLAB 重新运行时, 键入 load 命令, 则将这些变量从文件中调出并重新装入 MATLAB 工作空间中。

Save 和 load 命令的后面也可以跟文件名和指定的变量名。若仅使用 save 和 load 命令, 则只能将所有变量存入到 MATLAB.MAT 文件中和从 MATLAB.MAT 文件中将所有变量重新装入工作空间, 而加上文件名和指定的变量名后可实现好几种功能, 例如:

- save sy 将当前所有变量存入到 sy.mat 文件中。