



万水CAE技术丛书

Matlab/Simulink 实例详解

周俊杰 编著

- 实例丰富且经典，实用性强
- 系统讲解Matlab中与控制和仿真相关的工具箱函数及其典型案例
- 全面介绍Simulink在多个领域中的应用



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

万水 CAE 技术丛书

Matlab/Simulink 实例详解

周俊杰 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

全书分三篇,共29章。第一篇基础篇,介绍 Matlab 仿真基础知识及部分工具箱,包括1~7章:第1章概述 Matlab 应用领域及编程基础;第2章介绍 Matlab 界面编程基础及 Matlab 二维图形和三维图形功能;第3章讲解 Matlab 图形句柄的相关函数,并给出相关实例;第4章介绍 GUI 工具箱及其应用实例;第5章系统介绍 Simulink 仿真的通用模块、建模方法及扩展模块;第6章介绍 Stateflow 工具箱及其应用实例;第7章介绍其他相关工具箱与软件,涉及 Simulink 3D 模块及其报告生成器工具箱,并给出实例。第二篇应用篇,是本书的重点,包括8~25章共18章,以典型的实际应用为背景,把经典建模方法及现代建模仿真方法与实际应用相结合,从分析建模到结果分析给出了详细步骤,并给出上机实习,包括电力系统、动力系统、石化系统、冶金系统、制冷系统、汽车系统、能源系统、交通系统、管理系统、安全系统、机械系统、环保系统、风电系统、化工系统、物流系统、金融系统和经济系统等领域的典型案例。第三篇提高篇,包括26~29章:第26章介绍一般函数编写和工具箱编写,并给出应用实例;第27章介绍常用函数及其相关实例;第28章介绍实时仿真环境及实例;第29章详细介绍一般函数错误信息、调试错误信息及 Simulink 仿真错误信息。

本书可作为在校高年级本科生和研究生的学习用书,也可以作为广大科研人员、教授学者、工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

Matlab/Simulink实例详解 / 周俊杰编著. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2014.5
(万水CAE技术丛书)
ISBN 978-7-5170-1975-6

I. ①M… II. ①周… III. ①计算机辅助计算—
Matlab软件 IV. ①TP391.75

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第093511号

策划编辑: 杨元泓 责任编辑: 张玉玲 加工编辑: 滕 飞 封面设计: 李 佳

书 名	万水 CAE 技术丛书 Matlab/Simulink 实例详解
作 者	周俊杰 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 26.25印张 645千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	68.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

Matlab 作为当前国际控制界最流行的面向工程与科学计算的高级语言，近年来得到了业界的一致认可，在控制系统的分析、仿真和设计方面有非常广泛的应用，其自身也得到迅速发展，功能不断完善。本书以 Matlab/Simulink 为对象，系统介绍了仿真基础及其应用案例。

另外，随着在通信、信号等领域的广泛应用，Matlab/Simulink 已逐渐被能源动力、经济社会等领域的学者所熟悉。本书在控制系统的基础上，系统介绍了典型领域的工业应用，并给出了详细分析步骤，供高年级本科生、研究生、教授学者和科研与工程技术人员参考。

本书通过大量的工程实例，对 Matlab/Simulink 进行由浅入深的阐述与讲解。书中的每个案例都经过实际操作和验证，是我们多年科研与教学工作的结晶。本书具有以下特点：

- (1) 内容丰富实例典型、实用性强。
- (2) 全面介绍 Simulink 在多个领域的应用。
- (3) 系统讲解 Matlab 中与控制仿真相关的工具箱函数及其典型案例。

本书分三篇，共 29 章：基础篇结合实例对 Matlab 编程基础、界面编程、Simulink 仿真基础及其工具箱进行介绍；应用篇选取节能、环保、经济、安全等领域的典型应用为研究对象，进行详细分析，并在每章结束时给出上机实习，加深对章节知识的推广，达到举一反三的效果；提高篇介绍函数编写、模块封装和实时仿真等内容，使在应用篇的基础上进一步提高。

本书主要由周俊杰编写，参加部分编写工作的还有吴学红、张玉芳、房全国、汪辉、严伊莉、王梅玲、张学梅、张子良和李文鹏等。在本书编辑过程中，参与具体工作的有：李伟、景小艳、王呼佳、许志清、刘军华、张赛桥、姚新军、张代全、万雷、王斌、江广顺、李强、吴志俊、余松、郭敏、董茜、陈鲲、王晓。感谢中国水利水电出版社的编辑，正是你们辛苦的付出才使本书能在第一时间和读者见面。

由于时间仓促，加之作者水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正。

作者
2014 年 2 月

目 录

前言

第 1 章 概述	1	5.1.1 Simulink 的运行	67
1.1 Matlab 语言应用领域	1	5.1.2 模块操作	68
1.2 Matlab 基础	4	5.1.3 模块的连接	68
1.2.1 Matlab 数据类型	4	5.1.4 参数的设置	69
1.2.2 Matlab 矩阵及其运算	7	5.2 Simulink 模块库	71
1.3 Matlab 编程风格及其高级应用	13	5.2.1 常用模块 (Commonly Used Blocks)	71
1.3.1 Matlab 编程特点	13	5.2.2 连续模块 (Continuous)	72
1.3.2 关于 Matlab 的接口技术	13	5.2.3 非连续模块 (Discontinuous)	74
1.3.3 关于 Matlab 与 C/C++混合编程	14	5.2.4 离散模块 (Discrete)	76
第 2 章 Matlab 界面编程	15	5.2.5 逻辑运算和位运算模块 (Logic and Bit Operations)	79
2.1 二维图形	15	5.2.6 查表模块 (Lookup Tables)	79
2.1.1 基本二维图形绘制语句	15	5.2.7 数学运算模块 (Math Operations)	81
2.1.2 特殊图形绘制函数及其用法举例	18	5.2.8 模型验证模块 (Model Verification)	84
2.1.3 二维图形注释命令	21	5.2.9 模型扩充实用模块 (Model-Wide Utilities)	86
2.2 三维图形	23	5.2.10 端口和子系统模块 (Ports & Subsystems)	86
2.2.1 三维曲线绘制方法	23	5.2.11 信号属性模块 (Signals Attributes)	88
2.2.2 三维数据的其他命令	26	5.2.12 信号通道模块 (Signals Routing)	89
第 3 章 图形句柄及其应用	30	5.2.13 接收器模块 (Sinks)	91
3.1 Matlab 句柄图形	30	5.2.14 输入源模块 (Sources)	93
3.2 图形对象的创建	33	5.2.15 用户自定义模块 (User-Defined Function)	93
3.3 图形对象的属性	36	5.2.16 附加的数学和离散模块 (Additional Math & Discrete)	94
3.4 默认属性	43	5.3 基本建模方法	95
3.5 其他功能介绍	45	5.3.1 机理分析建模方法	95
第 4 章 GUI 编程	48	5.3.2 系统辨识建模方法	95
4.1 GUI 工具箱	48	5.3.3 概率统计建模方法	97
4.1.1 工具栏	50	5.3.4 层次分析建模方法	97
4.1.2 交互组件面板	52	5.3.5 模糊数学建模方法	99
4.1.3 常用的控件	53	5.3.6 灰色系统建模方法	100
4.1.4 设计菜单	56		
4.1.5 回调函数的使用	57		
4.2 GUI 工具箱应用实例	58		
第 5 章 Simulink 仿真基础	66		
5.1 仿真概述	66		

5.3.7 神经网络建模方法	101	10.5 小结	199
5.4 扩展模块	104	10.6 上机实习	200
5.4.1 Simscape 模块	104	第 11 章 石化系统的建模与仿真	201
5.4.2 SimEvents 模块	113	11.1 概述	201
5.4.3 SimPowerSystems 模块	122	11.2 系统分析	202
第 6 章 Stateflow	135	11.3 系统建模与仿真	203
6.1 概述	135	11.4 仿真结果分析	208
6.2 应用基础	136	11.5 小结	208
6.3 应用实例	142	11.6 上机实习	208
第 7 章 其他辅助工具	149	第 12 章 冶金系统的建模与仿真	209
7.1 Simulink 3D Animation 模块	149	12.1 概述	209
7.1.1 应用领域与适用范围	149	12.2 系统分析	210
7.1.2 安装与启动	151	12.3 系统建模与仿真	211
7.1.3 简单操作实例	153	12.4 仿真结果分析	215
7.2 Simulink Report Generator	157	12.5 小结	215
7.2.1 应用领域	157	12.6 上机实习	216
7.2.2 主要功能	158	第 13 章 制冷系统的建模与仿真	217
7.2.3 安装与启动	158	13.1 概述	217
7.2.4 简单举例——创建一个 Simulink Report	160	13.2 系统分析	217
第 8 章 控制系统的建模与仿真	173	13.3 系统建模与仿真	219
8.1 概述	173	13.4 仿真结果分析	226
8.2 系统分析	174	13.5 小结	227
8.3 系统建模与仿真	175	13.6 上机实习	227
8.4 仿真结果分析	180	第 14 章 汽车系统的建模与仿真	228
8.5 小结	182	14.1 概述	228
8.6 上机实习	182	14.2 系统分析	229
第 9 章 电力系统的建模与仿真	184	14.3 系统建模与仿真	229
9.1 概述	184	14.4 仿真结果分析	233
9.2 系统分析	185	14.5 小结	234
9.3 系统建模与仿真	186	14.6 上机实习	234
9.4 仿真结果分析	191	第 15 章 能源系统的建模与仿真	235
9.5 小结	191	15.1 概述	235
9.6 上机实习	191	15.2 系统分析与建模	236
第 10 章 动力系统的建模与仿真	192	15.2.1 指标体系的建立	236
10.1 概述	192	15.2.2 能源安全评价指标等级及分值	237
10.2 系统分析	193	15.2.3 层次分析法简介	239
10.3 系统建模与仿真	194	15.2.4 各个指标权重的确定	242
10.4 仿真结果分析	199	15.3 实现与结果分析	245
		15.4 小结	247

15.5 上机实习	247	21.2.2 各个层次因子的权重	303
第 16 章 交通系统的建模与仿真	249	21.3 实现与结果分析	303
16.1 概述	249	21.4 小结	305
16.2 系统分析与建模	250	21.5 上机实习	306
16.3 实现与结果分析	254	第 22 章 安全系统的建模与仿真	307
16.4 小结	260	22.1 概述	307
16.5 上机实习	261	22.2 系统分析	308
第 17 章 机械系统的建模与仿真	262	22.3 系统建模与仿真	309
17.1 概述	262	22.4 仿真结果分析	319
17.2 系统分析	262	22.5 小结	319
17.3 系统建模与仿真	263	22.6 上机实习	319
17.4 仿真结果分析	269	第 23 章 管理系统的建模与仿真	320
17.5 小结	270	23.1 概述	320
17.6 上机实习	271	23.2 系统分析与建模	321
第 18 章 环境评价系统的建模与仿真	272	23.3 实现与结果分析	323
18.1 概述	272	23.4 小结	328
18.2 系统分析	272	23.5 上机实习	329
18.3 系统建模与仿真	273	第 24 章 金融系统的建模与仿真	330
18.4 仿真结果分析	278	24.1 概述	330
18.5 小结	278	24.2 系统分析	331
18.6 上机练习	279	24.3 系统建模与仿真	333
第 19 章 风力机的性能仿真分析	280	24.4 仿真结果分析	340
19.1 概述	280	24.5 小结	340
19.2 系统分析	281	24.6 上机实习	341
19.3 系统建模与仿真	282	第 25 章 经济系统的建模与仿真	342
19.4 仿真结果分析	289	25.1 概述	342
19.5 小结	290	25.2 系统分析	343
19.6 上机实习	290	25.3 系统建模与仿真	344
第 20 章 化工系统的建模与仿真	291	25.4 仿真结果分析	357
20.1 概述	291	25.5 小结	358
20.2 系统分析	291	25.6 上机实习	358
20.3 系统建模与分析	292	第 26 章 函数编写与应用	359
20.4 仿真结果分析	299	26.1 概述	359
20.5 小结	299	26.2 一般函数的编写	368
20.6 上机练习	299	26.3 应用实例	375
第 21 章 物流系统的建模与仿真	300	26.4 小结	379
21.1 概述	300	第 27 章 模块封装	380
21.2 系统分析与建模	302	27.1 概述	380
21.2.1 指标等级的划分与指标体系的建立	302	27.2 子系统的创建	381

27.2.1	在已有的系统模型中建立子系统	381	28.2.1	程序创建过程	391
27.2.2	在系统模型中新建子系统	382	28.2.2	程序创建过程中生成文件	393
27.2.3	用子系统模块定义模块库	383	28.3	实例	393
27.3	模块封装	383	28.4	小结	402
27.3.1	模块封装的特点	383	第 29 章 Matlab/Simulink 常见错误		403
27.3.2	封装选项设置	383	29.1	一般函数错误信息	403
27.4	小结	387	29.2	Matlab 编程的一些注意事项及技巧	406
第 28 章 Real-Time Workshop		388	29.3	Simulink 错误信息	408
28.1	概述	388	29.4	小结	410
28.2	RTW 自动程序创建过程简介	390			

1

概述

Matlab 作为一种功能强大的工程软件，其主要功能包括数值处理、程序设计、可视化显示、图形用户界面和与外部软件的融合应用等方面。本章对 Matlab 进行简要介绍，使读者对 Matlab 有一个初步的认识，为以后的学习打下基础。

本章主要内容：

- Matlab 语言应用领域。
- Matlab 基础：数据类型、矩阵操作等。
- Matlab 编程风格及其高级应用：编程特点及其二次开发、部分混合编程及调用。

1.1 Matlab 语言应用领域

Matlab 是由美国 Mathworks 公司发布的主要面向科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在了一个易于使用的环境中，为科学研究、工程设计以及数值计算等众多科学领域提供了一种全面的解决方案，并摆脱了传统非交互式程序设计语言（如 C、FORTRAN）的编辑模式，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

Matlab 的基本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似，故用 Matlab 来解决问题比用 C、FORTRAN 等语言完成相同的事情要简捷得多，并且 Matlab 也吸收了像 Maple 等软件的优点，使 Matlab 成为一个强大的数学软件。Matlab 语言具有如下优势：

(1) 友好的工作平台编程环境。

Matlab 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、路径搜索和用于用户浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。随着 Matlab 的商业化以及软件本身的不断升级，Matlab 的用户界面也越来越精致，更加接近 Windows 的标准界面，人机交互性更强，操作更简单；新版本的 Matlab 提供了完整的联机查询、帮助系统，极大地方便了用户

的使用；简单的编程环境提供了比较完备的调试系统，程序不必经过编译就可以直接运行，而且能够及时地报告出现的错误并进行出错原因分析。

(2) 简单易用的程序语言。

Matlab 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、输入和输出以及面向对象编程。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。新版本的 Matlab 语言是基于最为流行的 C++ 语言基础的，因此语法特征与 C++ 语言极为相似，而且更加简单，更加符合科技人员对数学表达式书写格式的要求。

(3) 强大的科学计算及数据处理能力。

Matlab 是一个包含大量计算算法的集合。其中拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数，可以方便地实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最新研究成果，而且经过了各种优化和容错处理。在通常情况下，可以用它来代替底层编程语言，如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下，使用 Matlab 编程工作量会大大减少。Matlab 的这些函数集包括从最简单最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅立叶变换的复杂函数。函数所能解决的问题大致包括矩阵运算、线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程组的求解、符号运算、傅立叶变换、数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作、动态仿真等。

(4) 出色的图形处理功能。

Matlab 自产生之日起就具有方便的数据可视化功能，不仅将向量和矩阵用图形的形式表现出来，而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的可视化、图像处理、动画和表达式作图，可用于科学计算和工程绘图。新版本的 Matlab 对整个图形处理功能作了很大的改进和完善，使它不仅在一般数据可视化软件都具有的功能（例如二维曲线和三维曲面的绘制和处理等）方面更加完善，而且对于一些其他软件所没有的功能（例如图形的光照处理、色度处理、四维数据的表现等），Matlab 同样表现了出色的处理能力。同时对一些特殊的可视化要求（例如图形对话等）Matlab 也有相应的功能函数，保证了用户不同层次的要求。另外新版本的 Matlab 还在图形用户界面（GUI）的制作上作了很大的改善。

(5) 应用广泛的模块集合工具箱。

Matlab 对许多专门的领域都开发了功能强大的模块集和工具箱。一般来说，它们都是由特定领域的专家开发的，用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法而不需要自己编写代码。目前，Matlab 已经把工具箱延伸到了科学研究和工程应用的诸多领域，如数据采集、数据库接口、概率统计、样条拟合、优化算法、偏微分方程求解、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理、系统辨识、控制系统设计、LMI 控制、鲁棒控制、模型预测、模糊逻辑、金融分析、地图工具、非线性控制设计、实时快速原型及半物理仿真、嵌入式系统开发、定点仿真、DSP 与通讯、电力系统仿真等，并且都在工具箱（Toolbox）家族中有了自己的一席之地。表 1-1 列出了 Matlab 的核心部分及其工具箱等产品系列的主要应用领域。

(6) 实用的程序接口和发布平台。

新版本的 Matlab 可以利用 Matlab 编译器和 C/C++ 数学库与图形库将自己的 Matlab 程序自动转换为独立于 Matlab 运行的 C 和 C++ 代码，允许用户编写可以与 Matlab 进行交互的 C 或 C++ 语言程序。另外，Matlab 网页服务程序还允许在 Web 应用中使用自己的 Matlab 数学和

图形程序。Matlab 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称为工具箱的特殊应用子程序。

表 1-1 Matlab 的工具箱及其主要应用领域

工具箱名称	应用领域							
	系统控制	数据分析	信号处理	通信系统	金融系统	工程数学	土木工程	图形可视化
Matlab 核心	•	•	•	•	•	•	•	•
Notebook	•	•	•	•	•	•	•	•
Matlab Compiler	•	•	•	•	•	•	•	
Matlab C Math Library	•	•	•	•	•	•		
Simulink	•	•	•	•	•	•	•	
Symbolic Math	•	•	•	•	•	•	•	•
Simulink Accelerator	•		•		•			
Chemometrics		•						•
Communication	•		•		•			
Control System	•				•			•
Finance		•			•			•
System Identification	•			•				
Fuzzy Logical	•	•	•				•	
High-order Spectral Analysis	•		•	•				
Image Processing		•	•					•
Model Predictive Control	•		•					
NGA Foundation	•							
Neural Network	•		•				•	
MMLE3 Identification	•							
LMI Control	•	•				•		
Model Predictive Control	•							
QFT Control Design	•							
Robust Control	•							
Spline	•	•	•		•	•	•	•
Statistics	•	•	•	•	•	•	•	•
DSP Blockset	•		•					
Fixed-Point Blockset	•							
Nonlinear Control Design Blockset	•							
Real-time Workshop	•		•		•			
RTW Ada Extention	•		•		•			

工具箱名称	应用领域							
	系统控制	数据分析	信号处理	通信系统	金融系统	工程数学	土木工程	图形可视化
Wavelet	•	•	•	•		•		•
Partial Differential Equation		•				•	•	•
Optimization	•	•	•	•	•	•	•	•
Stateflow	•		•				•	
Signal Processing	•		•	•			•	
Mu Analysis and Synthesis	•		•	•				
Frequency Domain Identificaion	•		•	•			•	
Map tools	•		•	•				

(7) 应用软件开发 (包括用户界面)。

在开发环境中, 使用户更方便地控制多个文件和图形窗口; 在编程方面支持函数嵌套、有条件中断等; 在图形化方面, 有了更强大的图形标注和处理功能; 在输入输出方面, 可以直接向Excel和HDF5进行链接。

1.2 Matlab 基础

Matlab 作为一种功能强大的工程软件, 其主要功能包括数值处理、程序设计、可视化显示、图形用户界面和与外部软件的融合应用等方面。本节主要简单介绍 Matlab 的基本数据类型、矩阵的操作及运算, 使读者对 Matlab 的数据操作和函数使用有一个大致的认识, 为以后的学习打下良好的基础。

1.2.1 Matlab 数据类型

Matlab 中有 15 种基本数据类型, 主要是整型、浮点、逻辑、字符、日期和时间、结构数组、单元格数组、函数句柄等。

1. 整型 (int8、uint8、int16、uint16、int32、uint32、int64、uint64)

Matlab 数值类型中的整数类型包括有符号和无符号整数类型 4 种, 分别是 1 字节、2 字节、4 字节和 8 字节 (8 位、16 位、32 位和 64 位) 的整数类型。有符号类型允许表示负数, 但是由于其需要分配 1 位字节作为符号位, 所以表示的范围没有同等字节的无符号类型大; 无符号类型不能表示负数, 只能表示正整数和 0。根据具体需要, 用户应该选择不同的存储类型, 例如对于数值不大的整数“22”, 就没有必要使用 8 字节的类型来存储, 因为 1 字节整型所分配的内存空间已经足以满足此数的存储了。表 1-2 列出了 8 种整数类型的名称、数字范围和转换函数。

2. 浮点 (single、double)

Matlab 中, 浮点数据类型有单精度和双精度两种, 单精度数据需要 32 字节的存储空间, 其字节位功能如表 1-3 所示。单精度类型用 single 表示。

表 1-2 整数类型

名称	范围	转换函数
int8 (有符号 1 字节整数)	$-2^7 \sim 2^7 - 1$	int8
uint8 (无符号 1 字节整数)	$0 \sim 2^8 - 1$	uint8
int16 (有符号 2 字节整数)	$-2^{15} \sim 2^{15} - 1$	int16
uint16 (无符号 2 字节整数)	$0 \sim 2^{16} - 1$	uint16
int32 (有符号 4 字节整数)	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$	int32
uint32 (无符号 4 字节整数)	$0 \sim 2^{32} - 1$	uint32
int64 (有符号 8 字节整数)	$-2^{63} \sim 2^{63} - 1$	int64
uint64 (无符号 8 字节整数)	$0 \sim 2^{64} - 1$	uint64

表 1-3 单精度数据的字节位功能

字节位	代表功能
1	符号位 (0 代表正数, 1 代表负数)
30~23	指数位 $0 \sim 2^7 - 1$
22~0	1.f 中的小数位 f

双精度浮点型是 Matlab 中数据的默认类型, 其构造规则和单精度一样, 其字节位功能如表 1-4 所示。结合表 1-3 介绍的单精度表示范围, 读者也就不难理解双精度的字节位功能, 双精度类型用 double 表示。

表 1-4 双精度数据的字节位功能

字节位	代表功能
63	符号位 (0 代表正数, 1 代表负数)
62~52	指数位 $0 \sim 2^{10} - 1$
51~0	1.f 中的小数位 f

3. 逻辑类型 (logical)

Matlab 用“0”和“1”分别代表逻辑“假”和逻辑“真”, 逻辑类型数据常以标量形式表现, 但有时也可以是逻辑数组 (Logical Array)。

Matlab 中的关系和逻辑运算式, 所有输入非 0 的数都为“逻辑真”, 只有 0 才为“逻辑假”; 而计算结果, 即输出为一个逻辑数组, 其中的元素, 如果值为 1, 则表示“真”; 如果值为 0, 则表示假。

4. 字符 (char)

Matlab 中的输入字符需要使用单引号。字符串存储为字符数组, 每个元素占用一个 ASCII 字符。如日期字符: DateString='9/16/2001' 实际上是一个 1 行 9 列向量。构成矩阵或向量的行字符串长度必须相同。可以使用 char 函数构建字符数组, 使用 strcat 函数连接字符。

5. 日期和时间

Matlab 提供 3 种日期格式: 日期字符串 (如'1996-10-02')、日期序列数 (如 729300 (0000

年 1 月 1 日为 1))、日期向量 (如 1996 10 2 0 0 0, 依次为年月日时分秒)。

常用的日期操作函数如表 1-5 所示。

表 1-5 常用的日期操作函数

函数	功能
datestr(d,f)	将日期数字转换为字符串
datenum(str,f)	将字符串转换为日期数字
datevec(str)	日期字符串转换向量
weekday(d)	计算星期数
eomday(yr,mth)	计算指定月份最后一天
calendar(str)	返回日历矩阵
clock	当前日期和时间的日期向量
date	当前日期字符串
now	当前日期和时间的序列数

6. 结构

结构是包含已命名“数据容器”或字段的数组。结构中的字段可以包含任何数据。

7. 构建结构数组

下面的赋值命令产生一个名为 `patient` 的结构数组，该数组包含 3 个字段：

```
patient.name = 'John';
patient.billing = 127;
patient.test = [79 75 73; 180 178 18.5; 220 210 205];
```

在命令区内输入 `patient` 可以查看结构信息：

```
name: 'John'
billing: 127
test: [3x3 double]
```

继续赋值可扩展该结构数组：

```
patient(2).name = 'Ann Lane';
patient(2).billing = 28.50;
patient(2).test = [68 70 68; 118 118 119; 172 170 169];
```

赋值后结构数组变为 [1 2]。

8. 单元格数组

单元格数组提供了不同类型数据的存储机制，可以存储任意类型和任意维度的数组。

访问单元格数组的规则和其他数组相同，区别在于需要使用花括号 {} 访问，例如 `A{2,5}` 访问单元格数组 `A` 中的第 2 行第 5 列单元格。

(1) 构建单元格数组：赋值方法。

使用花括号标识可直接创建单元格数组，如下：

```
A(1,1) = {[1 4 3; 0 5 8; 7 2 9]};
A(1,2) = {'abcd'};
A(2,1) = {3+7i};
A(2,2) = {-pi:pi/10:pi};
```

上述命令创建 2×2 的单元格数组 `A`。继续添加单元格元素直接使用赋值如 `A(2,3)={5}` 即可，注意需要使用花括号标识。简化的方法是结合使用花括号（单元格数组）和方括号创建，如下：

```
C = {[1 2], [3 4]; [5 6], [7 8]};
```

(2) 构建单元格数组：函数方法。

cell 函数，如下：

```
B = cell(2, 3);
```

```
B(1,3) = {1:3};
```

9. 数据类型的转换

用户在使用 Matlab 时，经常会遇到数据类型之间的相互转换，特别是字符串和数值类型之间的转换。Matlab 有很多针对这两种数据类型之间的转换函数，函数及具体功能如表 1-6 和表 1-7 所示。

表 1-6 数值类型转换到字符串

函数	功能
char	把截取小数部分正整数数值转换为等值字符
int2str	把小数部分四舍五入的正负整数转换为字符类型
num2str	把数值类型数据转换成指定精度和形式的字符类型
mat2str	把数值类型数据转换成指定精度和形式的字符类型，并返回 Matlab 可以识别的格式
dec2hex	把正整数转换为十六进制的字符类型
dec2bin	把正整数转换为二进制的字符类型
dec2base	把正整数转换为任意进制的字符类型

表 1-7 字符串转换到数值类型

函数	功能
uintN	与 abs 类似，把字符串转换为等值数值类型
str2num	把字符串转换为等值数值类型
str2double	与 str2num 类似，但提供对字符串元胞的操作
hex2num	把字符类型数据转换成指定精度和形式的数值类型，并返回 Matlab 可以识别的格式
hex2dec	把十六进制的字符类型转换为正整数
bin2dec	把二进制的字符类型转换为正整数
base2dec	把任意进制的字符类型转换为正整数

1.2.2 Matlab 矩阵及其运算

1.2.2.1 变量和数据操作

1. 变量命名

在 Matlab 中，变量名是以字母开头，后接字母、数字或下划线的字符序列，最多 63 个字符。在 Matlab 中，变量名区分字母的大小写。

2. 赋值语句

- 变量=表达式
- 表达式

其中表达式是用运算符将有关运算量连接起来的式子，其结果是一个矩阵。

【例 1-1】计算表达式的值，并显示计算结果。

在 Matlab 命令窗口中输入命令：

```
x=1+i;
y=3-sqrt(15);
z=(cos(abs(x+y))-sin(80*pi/180))/x
```

其中 π 和 i 都是 Matlab 预先定义的变量，分别代表圆周率 π 和虚数单位。

输出结果：

```
z =
-0.2256 + 0.2256i
```

3. 预定义变量

在 Matlab 工作空间中，还驻留几个由系统本身定义的变量。例如，用 π 表示圆周率 π 的近似值，用 i 、 j 表示虚数单位。预定义变量有特定的含义（如表 1-8 所示），在使用时应尽量避免对这些变量重新赋值。

表 1-8 Matlab 的预定义变量

预定义变量	含义	预定义变量	含义
pi	圆周率 π 的近似值	nargin	函数输入的参数个数
i、j	虚数单位	nargout	函数输出的参数个数
inf	无穷大	realmax	最大正实数
ans	计算结果的默认变量名	realmin	最小正实数

4. 内存变量的删除与修改

Matlab 工作空间窗口专门用于内存变量的管理。在工作空间窗口中可以显示所有内存变量的属性。当选中某些变量后，再单击 Delete 按钮，就能删除这些变量。当选中某些变量后，再单击 Open 按钮，将进入变量编辑器。通过变量编辑器可以直接观察变量中的具体元素，也可以修改变量中的具体元素。clear 命令用于删除 Matlab 工作空间中的变量。who 和 whos 这两个命令用于显示在 Matlab 工作空间中已经驻留的变量名清单。who 命令只显示出驻留变量的名称，而 whos 命令在给出变量名的同时，还给出它们的大小、所占字节数、数据类型等信息。

5. Matlab 常用数学函数

Matlab 提供了许多数学函数（如表 1-9 所示），函数的自变量规定为矩阵变量，运算法则是将函数逐项作用于矩阵的元素上，因而运算的结果是一个与自变量同维数的矩阵。

函数使用说明：

- 三角函数以弧度为单位计算。
- abs 函数可以求实数的绝对值、复数的模、字符串的 ASCII 码值。

6. 数据的输出格式

Matlab 用十进制数表示一个常数，具体可采用日常记数法和科学记数法两种表示方法。在一般情况下，Matlab 内部每一个数据元素都是用双精度数来表示和存储的。数据输出时用户可以用 format 命令设置或改变数据输出格式。format 命令的格式为：

```
format 格式符
```

其中格式符决定数据的输出格式。

表 1-9 Matlab 常用数学函数

指数函数	exp(x)	以 e 为底数	开方函数	sqrt(x)	表示 x 的算术平方根
对数函数	log(x)	自然对数, 即以 e 为底数的对数	绝对值函数	abs(x)	表示实数的绝对值以及复数的模
	log10(x)	常用对数, 即以 10 为底数的对数	数论函数	gcd(a,b)	两个整数的最大公约数
	log2(x)	以 2 为底数的 x 的对数		lcm(a,b)	两个整数的最小公倍数
三角函数	sin(x)	正弦函数	反三角函数	asin(x)	反正弦函数
	cos(x)	余弦函数		acos(x)	反余弦函数
	tan(x)	正切函数		atan(x)	反正切函数
	cot(x)	余切函数		acot(x)	反余切函数
	sec(x)	正割函数		asec(x)	反正割函数
	csc(x)	余割函数		acsc(x)	反余割函数
双曲函数	sinh(x)	双曲正弦函数	反双曲函数	asinh(x)	反双曲正弦函数
	cosh(x)	双曲余弦函数		acosh(x)	反双曲余弦函数
	tanh(x)	双曲正切函数		atanh(x)	反双曲正切函数
	coth(x)	双曲余切函数		acoth(x)	反双曲余切函数
	sech(x)	双曲正割函数		asech(x)	反双曲正割函数
	csch(x)	双曲余割函数		acsch(x)	反双曲余割函数
复数函数	abs(z)	实部函数	求整函数与截尾函数	ceil(x)	表示大于或等于实数 x 的最小整数
	angle(z)	虚部函数		floor(x)	表示小于或等于实数 x 的最大整数
	real(z)	求复数 z 的模		round(x)	最接近 x 的整数
	imag(z)	求复数 z 的辐角, 其范围是 (,]	最大、最小函数	max([a,b,...])	求最大数
	conj(z)	求复数 z 的共轭复数		min([a,b,...])	求最小数

1.2.2.2 Matlab 矩阵

1. 矩阵的建立

(1) 直接输入法。

最简单的建立矩阵的方法是从键盘直接输入矩阵的元素。具体方法为：将矩阵的元素用方括号括起来，按矩阵行的顺序输入各元素，同一行的各元素之间用空格或逗号分隔，不同行的元素之间用分号分隔。

(2) 利用 M 文件建立矩阵。

对于比较大且比较复杂的矩阵，可以为它专门建立一个 M 文件。

(3) 利用冒号表达式建立一个向量。

冒号表达式可以产生一个行向量，一般格式为：

```
e1:e2:e3
```