

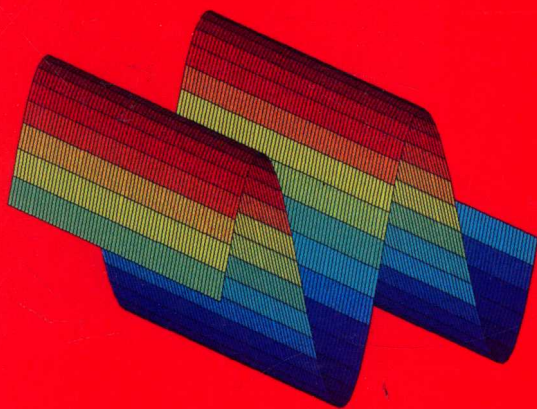


资深作者编写，基于MATLAB R2014a平台的通信系统建模与仿真的权威著作
系统归纳和总结了MATLAB与Simulink通信系统建模与仿真的原理、应用及实践
书中提供了100多个MATLAB应用典型实例

MODELING AND SIMULATION OF MATLAB COMMUNICATION SYSTEM

MATLAB

通信系统建模与仿真



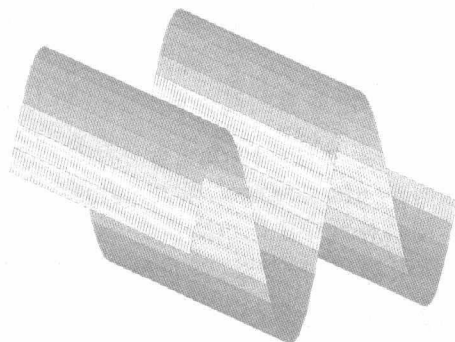
- MATLAB R2014a初识
- 通信系统初识
- MATLAB基本操作
- MATLAB/Simulink系统建模与仿真
- 通信系统的信源与信道
- 通信系统的滤波器
- 通信系统的调制与解调
- 通信系统的锁相环与扩频
- 通信系统的实际应用

杨发权◎编著

Yang Faquan

清华大学出版社





MODELING AND SIMULATION OF MATLAB COMMUNICATION SYSTEM

MATLAB

通信系统建模与仿真

杨发权◎编著

Yang Faquan

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2014a 为平台,以工程实例为背景,通过专业技术与大量实例相结合的形式,重点深入浅出地介绍了 MATLAB 与 Simulink 通信系统建模与仿真的内容。全书共分 9 章,前面 8 章主要介绍了 MATLAB R2014a、Simulink 及通信系统的基础知识、MATLAB/Simulink 建模与仿真、信源与信道、滤波器结构、调制与解调、锁相环与扩频等内容,帮助读者快速掌握 MATLAB/Simulink,并进一步深入利用 MATLAB/Simulink 进行通信系统建模与仿真,可使读者领略到 MATLAB/Simulink 强大功能。第 9 章介绍了通信系统的实际应用,帮助读者学习利用 MATLAB/Simulink 解决实际的通信问题。

本书可作为高等学校相关专业本科生和研究生的教学用书,也可作为相关专业科研人员、学者、工程技术人员参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 通信系统建模与仿真/杨发权编著.--北京:清华大学出版社,2015

精通 MATLAB

ISBN 978-7-302-40866-6

I. ①M… II. ①杨… III. ①Matlab 软件—应用—通信系统—系统建模 ②Matlab 软件—应用—通信系统—系统仿真 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 164194 号

责任编辑:刘 星

封面设计:李召霞

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:29.25 字 数:714 千字

版 次:2015 年 11 月第 1 版 印 次:2015 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.50 元

现代工程的许多问题往往都可通过各种数学模型以科学的方式表示出来,在这些数学模型的基础上诞生了各种相应的理论和算法。但是工程实际问题的影响因素往往很多,理论的模型也只是些近似的结论。在这种近似的情况下,如果单纯通过理论分析和逻辑推导,并不能达到数值计算更好的结果,甚至有时会出现谬误。随着计算机性能的不不断提高,人们发现工程上的许多问题可以通过计算机强大的计算功能来辅助完成, MATLAB 软件就是这样的一款辅助软件。

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件,用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境,主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分。MATLAB 是 matrix 和 laboratory 两个词的组合,意为矩阵工厂(矩阵实验室)。是由美国 MathWorks 公司发布的主要面对科学计算、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一个易于使用的视窗环境中,为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案,并在很大程度上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。

Simulink 是 MATLAB 重要功能之一,是 MathWorks 公司开发的用于动态系统和嵌入式系统的多领域仿真和基于模型的设计工具,该工具包括多种不同功能的模块库。Simulink 具有适应面广、结构和流程清晰及仿真精细、贴近实际、效率高、灵活等优点,基于以上优点,Simulink 已广泛应用于控制理论、数字信号、通信系统等复杂仿真与设计。对于学生而言,最有效的学习途径是结合某一专业课程来学习和掌握 Simulink。

目前网络通信是一个非常热门的领域,无论是有线网还是无线网络,都逐渐渗透到生活的各个地方,通信系统正向着宽带化方向迅速发展。使用 MATLAB/Simulink 进行通信系统建模与仿真设计,已经成为大量通信工程师必须研究掌握的技术之一。

本书以通信原理为主线,以 MATLAB 的基础为入门,先介绍 MATLAB/Simulink 的强大功能,然后进一步让读者对通信系统有一个基本概念,从系统建模原理和仿真的数值计算方法入手,图文巧妙地紧密结合,让读者对通信系统完成量到质的认识。

本书具有以下特点:

(1) 深入浅出,循序渐进。本书先对 MATLAB 软件进行概要介绍,让读者对 MATLAB 强大功能有一定认识,接着介绍 Simulink,让读者认识到 Simulink 可读性强,适应面广,再利用 MATLAB/Simulink 实现通信系统的建模与仿真,让读者领略到利用 MATLAB/Simulink 实现通信系统建模与仿真的简便与强大。

(2) 内容新颖,步骤详尽。本书结合 MATLAB 与 Simulink 解决通信系统中的各种实际问题,步骤详尽地介绍 MATLAB/Simulink 的使用方法与技巧。在讲解过程中辅以相应的图片,使读者在阅读时一目了然,从而快速把握书中内容。

前言

(3) 实用性强。书中每介绍一个概念或函数都给出相应的用法及实例进行说明,使读者快速掌握 MATLAB/Simulink,并掌握利用 MATLAB/Simulink 快速实现通信仿真与建模。

通过本书的学习,读者不仅可以全面掌握 MATLAB/Simulink 建模与仿真,还可以提高快速分析和解决实际问题的能力,从而能够在最短的时间内高效率解决实际通信系统中遇到的问题。

全书共分为 9 章,主要内容包括:

第 1 章介绍了 MATLAB R2014a 初识,主要包括 MATLAB 特性与组成、MATLAB 工作环境、MATLAB 工具项等内容。

第 2 章介绍了通信系统初识,主要包括通信方式、通信系统组成、通信分类以及仿真技术与通信仿真等内容。

第 3 章介绍了 MATLAB 基本操作,主要包括 MATLAB 基本元素、MATLAB 流程控件、MATLAB 图形绘制、图形对象属性等内容。

第 4 章介绍了 MATLAB/Simulink 系统建模与仿真,主要包括 Simulink 工作原理、Simulink 组成、MATLAB/Simulink 建模、MATLAB/Simulink 动态分析系统、Simulink 子系统等内容。

第 5 章介绍了通信系统的信源与信道,主要包括通信系统的基本模型、MATLAB 通信仿真函数、信号与信道、信噪等内容。

第 6 章介绍了通信系统的滤波器结构,主要包括滤波器 MATLAB 函数、滤波器设计模块等内容。

第 7 章介绍了通信系统的调制与解调,主要包括模拟线性调制、模拟角度调制、数字信号基带传输、载波提取分析等内容。

第 8 章介绍了通信系统的锁相环与扩频,主要包括锁相环 Simulink 模块、扩频通信系统的仿真、蒙特卡罗仿真的精度分析等内容。

第 9 章介绍了通信系统的实际应用,主要包括设计通信系统、MIMO 系统等内容。

本书主要由杨发权编写,其中第 4 章由刘志为编写,此外参加编写的还有栾颖、周品、曾虹雁、邓俊辉、邓秀乾、邓耀隆、高泳崇、李嘉乐、李旭波、梁朗星、梁志成、刘超、刘泳、卢佳华、张棣华、张金林、钟东山、李伟平、宋晓光 and 何正风。

本书可以作为相关专业在校本科生和研究生的学习用书,也可以作为相关专业科研人员、学者、工程技术人员的参考用书。

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中不足和疏漏之处在所难免。在此,诚恳地期望得到专家和广大读者的批评指正,有兴趣的读者请发送邮件到 workemail6@163.com。

作者

2015 年 3 月

第 1 章	MATLAB R2014a 初识	1
1.1	MATLAB 的特点及组成	1
1.1.1	MATLAB 的发展史	1
1.1.2	MATLAB 的优势	2
1.1.3	MATLAB 的特点	3
1.1.4	MATLAB R2014a 的新增功能	5
1.2	MATLAB 安装及激活	6
1.2.1	MATLAB 安装	6
1.2.2	MATLAB 启动和退出	11
1.2.3	MATLAB 卸载	12
1.3	MATLAB 工作环境	13
1.3.1	命令窗口	13
1.3.2	工作空间窗口	15
1.3.3	命令历史窗口	15
1.3.4	当前文件夹窗口	16
1.3.5	编辑器窗口	17
1.3.6	设置路径窗口	17
1.4	MATLAB 工具项	19
1.4.1	主页工具项	19
1.4.2	绘图工具项	29
1.4.3	应用程序工具项	29
1.5	MATLAB 帮助系统	35
1.5.1	帮助浏览器	35
1.5.2	命令帮助系统	37
1.6	MATLAB 的应用	38
第 2 章	通信系统初识	49
2.1	通信方式	49
2.2	通信系统组成	49
2.2.1	信源	49
2.2.2	信道	50
2.2.3	信宿	50
2.2.4	发送与接收设备	51
2.3	通信分类	51

目录

2.3.1	按信源分类	51
2.3.2	按信号特征分类	52
2.3.3	按传输媒介分类	53
2.4	模拟/数字通信	54
2.4.1	模拟通信	54
2.4.2	数字通信	55
2.5	系统类型	55
2.5.1	多路系统	55
2.5.2	有线系统	55
2.5.3	微波系统	56
2.5.4	卫星系统	56
2.5.5	电话系统	56
2.5.6	电报系统	57
2.5.7	数据系统	57
2.6	仿真技术与通信仿真	57
2.6.1	仿真技术	57
2.6.2	计算机仿真步骤	58
2.6.3	通信仿真步骤	64
2.6.4	蒙特卡罗法步骤	68
2.6.5	混合方法步骤	71
2.7	通信系统仿真的优点	73
2.8	通信系统仿真的局限性	74
第3章	MATLAB 基本操作	76
3.1	MATLAB 数据类型	76
3.2	MATLAB 基本元素	77
3.2.1	常量	77
3.2.2	变量	77
3.2.3	赋值语句	78
3.2.4	矩阵及元素	79
3.3	矩阵运算	82
3.3.1	矩阵代数运算	82
3.3.2	矩阵的关系运算	87
3.3.3	矩阵的逻辑运算	88
3.4	MATLAB 流程控件	89

3.4.1	顺序结构	89
3.4.2	循环结构	89
3.4.3	选择结构	92
3.5	M 文件	94
3.5.1	脚本文件	94
3.5.2	函数文件	95
3.6	MATLAB 图形绘制	97
3.6.1	二维图形绘制	97
3.6.2	三维图形绘制	105
3.7	图形对象属性	111
3.7.1	图形对象及属性	111
3.7.2	图形属性的设置	111
3.7.3	图形可视编辑工具	114
第 4 章	MATLAB/Simulink 系统建模与仿真	117
4.1	Simulink 主要特点	118
4.2	Simulink 工作原理	119
4.2.1	动态系统计算机仿真	119
4.2.2	Simulink 求解器	121
4.2.3	求解器参数设置	123
4.3	Simulink 组成	127
4.3.1	常用模块库	130
4.3.2	连续模块库	130
4.3.3	不连续模块库	131
4.3.4	离散模块库	132
4.3.5	逻辑与位操作模块库	133
4.3.6	查找表模块库	133
4.3.7	数学运算模块库	134
4.3.8	模型验证模块库	135
4.3.9	模型扩充模块库	136
4.3.10	端口与子系统模块库	136
4.3.11	信号属性模块库	137
4.3.12	信号路由模块库	138
4.3.13	信号接收器模块库	139
4.3.14	输入源模块库	139

目录

4.3.15 用户自定义模块库	140
4.3.16 扩展模块库	141
4.4 一个 Simulink 实例	141
4.5 MATLAB/Simulink 建模	146
4.5.1 MATLAB 建模	146
4.5.2 Simulink 建模	153
4.6 Simulink 与 MATLAB 的接口	162
4.6.1 MATLAB 设置系统模块参数	162
4.6.2 信号输出到 MATLAB	163
4.6.3 工作空间变量作为输入信号	164
4.6.4 MATLAB 函数与 Function 模块	165
4.7 命令行方式进行动态仿真	166
4.7.1 命令行动态系统仿真	166
4.7.2 模型线性化	172
4.7.3 平衡点求取	174
4.8 MATLAB/Simulink 动态分析系统	175
4.8.1 蹦极跳的安全性分析	176
4.8.2 行驶控制系统	177
4.9 子系统	181
4.9.1 简单子系统	181
4.9.2 浏览下层子系统	183
4.9.3 条件子系统	184
4.9.4 控制流系统	198
4.10 子系统封装	208
4.11 S-函数	213
4.11.1 S-函数模块	215
4.11.2 S-函数工作原理	215
4.11.3 M 文件 S 函数模板	217
4.11.4 S-函数应用	219
4.12 Simulink 建模与仿真	230
第 5 章 通信系统的信源与信道	233
5.1 通信系统的基本模型	233
5.2 MATLAB 通信仿真函数	236
5.2.1 信源函数产生	236

5.2.2	信源编码/解码函数	239
5.2.3	信道函数	243
5.3	信号与信道	244
5.3.1	随机数据信号源	244
5.3.2	序列产生器	251
5.3.3	噪声源发生器	256
5.4	信道	264
5.4.1	加性高斯白噪声信道	264
5.4.2	多径瑞利退化信道	265
5.4.3	多径莱斯退化信道	267
5.5	信号观测设备	268
5.5.1	离散眼图示波器	268
5.5.2	星座图	271
5.5.3	离散信号轨迹图	273
5.5.4	误码率计算器	274
5.6	信源编译码	275
5.6.1	信源编码	275
5.6.2	信源译码	278
5.7	MATLAB/Simulink 通信系统仿真实例	281
5.7.1	MATLAB 编码实例	281
5.7.2	Simulink 信道实例	287
5.7.3	MATLAB/Simulink 信道实例	291
第 6 章	通信系统的滤波器	296
6.1	滤波器概述	296
6.2	滤波器结构	298
6.2.1	模拟滤波器结构	298
6.2.2	数字滤波器结构	300
6.3	滤波器 MATLAB 函数	303
6.3.1	模拟滤波器 MATLAB 函数	303
6.3.2	数字滤波器 MATLAB 函数	316
6.3.3	特殊滤波器 MATLAB 函数	325
6.4	滤波器设计模块	327
6.4.1	数字滤波器设计模块	327
6.4.2	模拟滤波器设计模块	329

目录

6.4.3	理想矩形脉冲滤波器模块	331
6.4.4	升余弦发射滤波器模块	334
6.4.5	升余弦接收滤波器模块	337
6.5	滤波器设计实例	339
第7章	通信系统的调制与解调	346
7.1	模拟线性调制	346
7.1.1	双边带调幅与解调	346
7.1.2	常规双边带调幅	350
7.1.3	抑制载波双边带调幅	352
7.1.4	单边带调幅与解调	354
7.2	模拟角度调制	359
7.2.1	频率调制	360
7.2.2	相位调制	362
7.3	数字信号基带传输	364
7.3.1	数字基带信号的码型介绍	364
7.3.2	码型的功率谱分布	365
7.4	载波提取分析	366
7.4.1	幅度键控分析	366
7.4.2	相移键控分析	367
7.4.3	频移键控分析	369
7.4.4	正交幅度调制	370
7.5	调制与解调的 Simulink 模块	372
7.5.1	DSB-AM 调制解调	372
7.5.2	SSB-AM 调制解调	374
7.5.3	DSBSC-AM 调制解调	376
7.5.4	FM 调制解调	378
7.5.5	PM 调制解调	379
7.6	数字基带调制解调	381
7.6.1	数字幅度调制解调	381
7.6.2	数字频率调制解调	385
7.6.3	数字相位调制解调	387
7.7	调制与解调的 Simulink 应用	391

第 8 章 通信系统的锁相环与扩频	399
8.1 锁相环构建	399
8.2 锁相环 Simulink 模块	402
8.2.1 基本锁相环模块	402
8.2.2 压控振荡器模块	403
8.3 扩频通信系统的仿真	406
8.3.1 伪随机码产生	407
8.3.2 直接序列扩频系统	412
8.3.3 跳频扩频系统	415
8.4 蒙特卡罗仿真的精度分析	418
8.4.1 蒙特卡罗仿真次数和精度的关系	418
8.4.2 蒙特卡罗仿真次数的序贯算法	422
8.5 仿真结果数据处理	423
8.5.1 插值	424
8.5.2 拟合	426
第 9 章 通信系统的实际应用	430
9.1 设计通信系统	430
9.1.1 设计通信系统的发射机	430
9.1.2 设计通信系统的接收机	437
9.1.3 通信系统的 MATLAB 实现	438
9.2 MIMO-OFDM 通信系统设计	445
9.2.1 MIMO 系统	445
9.2.2 OFDM 技术	446
9.2.3 MIMO-OFDM 系统	448
9.2.4 空间分组编码	448
9.2.5 STBC 的 MIMO-OFDM 系统设计	450
9.2.6 STBC 的 MIMO-OFDM 系统 MATLAB 实现	451
参考文献	456

MATLAB 是一种功能强大、运算效率极高的数值计算软件,其主要面对科学计算、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一个易于使用的视窗环境中,代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

MATLAB 和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。它在数学类科技应用软件数值计算方面首屈一指。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 来解算问题要比用 C、FORTRAN 等语言完成相同的任务简捷得多,并且 MATLAB 也吸收了 Maple 等软件的优点,使 MATLAB 成为一个强大的数学软件。

1.1 MATLAB 的特点及组成

MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等,主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

1.1.1 MATLAB 的发展史

MATLAB 最早始于 20 世纪 70 年代,是用 FORTRAN 语言编写的。1984 年由 Little、Moler、Steve Bangert 合作成立了的 MathWorks 公司,正式把 MATLAB 推向市场。到 20 世纪 90 年代,MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。

MATLAB 的发展历程如表 1-1 所示。

表 1-1 MATLAB 发展历程

版本号	建造编号	发布时间
MATLAB 1.0	—	1984
MATLAB 2	—	1986
MATLAB 3	—	1987
MATLAB 3.5	—	1990
MATLAB 4	—	1992
MATLAB 4.2C	R7	1994
MATLAB 5.0	R8	1996
MATLAB 5.1	R9	1997
MATLAB 5.1.1	R9.1	1997
MATLAB 5.2	R10	1998
MATLAB 5.2.1	R10.1	1998
MATLAB 5.3	R11	1999
MATLAB 5.31	R11.1	1999
MATLAB 6.0	R12	2000
MATLAB 6.1	R12.1	2001
MATLAB 6.5	R13	2002
MATLAB 6.5.1	R13SP1	2003
MATLAB 6.5.2	R13SP2	2005
MATLAB 7	R14	2004
MATLAB 7.0.1	R14SP1	2004
MATLAB 7.0.4	R14SP2	2005
MATLAB 7.1	R14SP3	2005
MATLAB 7.2	R2006a	2006
MATLAB 7.3	R2006b	2006
MATLAB 7.4	R2007a	2007
MATLAB 7.5	R2007b	2007
MATLAB 7.6	R2008a	2008
MATLAB 7.7	R2008b	2008
MATLAB 7.8	R2009a	2009.3.6
MATLAB 7.9	R2009b	2009.9.4
MATLAB 7.10	R2010a	2010.3.5
MATLAB 7.11	R2010b	2010.9.3
MATLAB 7.12	R2011a	2011.4.8
MATLAB 7.13	R2011b	2011.9.1
MATLAB 7.14	R2012a	2012.3.1
MATLAB 8.0	R2012b	2012.9.11
MATLAB 8.1	R2013a	2013.3.7
MATLAB 8.2	R2013b	2013.9.9
MATLAB 8.3	R2014a	2014.3.6

1.1.2 MATLAB 的优势

一种语言之所以能够如此迅速地普及和应用,显示出如此旺盛的生命力,是由于它有着不同于其他语言的特点。MATLAB 软件最突出的特点包括简洁、开放式、便捷等,

其提供了更为直观、符合人们思维习惯的代码,同时给用户带来最直观、最简洁的程序开发环境。

与其他的计算机高级语言相比, MATLAB 具有以下几方面的优势:

(1) MATLAB 具有高效的数值计算及符号计算功能,能使用户从繁杂的数学运算分析中解脱出来;

(2) MATLAB 具有完备的图形处理功能,能够实现计算结果和编程的可视化;

(3) MATLAB 具有友好的用户界面及接近数学表达式的自然化语言,使学者易于学习和掌握;

(4) MATLAB 具有功能丰富的应用工具箱(如信号处理工具箱、通信工具箱等),为用户提供了大量方便实用的处理工具。

1.1.3 MATLAB 的特点

MATLAB 软件在多种编程语言中脱颖而出,代表当今国际科学计算软件的先进水平,与其自身特点是分不开的。

1. 简单的编程环境

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。而且新版本的 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及进行出错原因分析。

2. 简单易用

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、输入与输出和面向对象编程特点。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。新版本的 MATLAB 语言是基于最为流行的 C++ 语言基础上的,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的书写格式,使之更利于非计算机专业的科技人员使用。而且这种语言可移植性好、可拓展性极强,这也是 MATLAB 能够深入到科学研究及工程计算各个领域的重要原因。

3. 强处理能力

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合。其拥有 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,并且经过了各种优化和容错处理。

在通常情况下,可以用 MATLAB 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 的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、快速傅里叶变换的复杂函数。函数所能解决的问题大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程的组的求解、符号运算、傅里叶变换和数据的统计分析、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、多维数组操作以及建模动态仿真等。

4. 丰富的图形处理功能

MATLAB 自产生之日起就具有方便的数据可视化功能,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做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、色度处理以及四维数据的表现等),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 还着重在图形用户界面(GUI)的制作上做了很大的改善,对这方面有特殊要求的用户也可以得到满足。

5. 专门的内部函数

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。在诸如数据采集、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 与通信、电力系统仿真等领域中, MATLAB 都占有一席之地。

6. 新颖的程序接口

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库和图形库,将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码。允许用户编写可以和 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。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。

7. Simulink

Simulink 是 MATLAB 附带的软件,它是对非线性动态系统进行仿真的交互式系统。在 Simulink 交互式系统中,可利用直观的方框图构建动态系统,然后采用动态仿真

的方法得到结果。

1.1.4 MATLAB R2014a 的新增功能

MATLAB R2014a 新功能包括 MATLAB 和 Simulink 的新功能以及 81 个其他产品的更新和补丁修复。

MATLAB 产品系列新增：

- MATLAB: Raspberry Pi 和网络摄像头硬件支持包。
- Optimization Toolbox: 混合整数线性规划(MILP)解算器。
- Statistics Toolbox: 对于对象具有多个测量值的数据进行重复测量数据建模。
- Image Processing Toolbox: 使用 MATLAB Coder 为 25 个函数生成 C 代码,为 5 个函数实现 GPU 加速。
- Econometrics Toolbox: 状态空间模型、缺失数据情况下自校准的卡尔曼滤波器,以及 ARIMA/GARCH 模型性能增强。
- Financial Instruments Toolbox: 对偶曲线构建,用于计算信用敞口和敞口概况的函数,以及利率上限、利率下限和掉期期权的布莱克模型定价。
- SimBiology: 提供用于模型开发的模型估算和桌面增强的统一函数。
- System Identification Toolbox: 递归最小二乘估算器和在线模型参数估算模块。
- MATLAB Production Server: 实现客户端与服务器之间的安全通信以及动态请求创建。

Simulink 产品系列新增：

- Simulink: 用于定义和管理与模型关联的设计数据的数据字典,用于多核处理器和 FPGA 的算法分割和定位的单一模型工作流程,用于为 LEGO MINDSTORMS EV3、Arduino Due 和 Samsung Galaxy Android 设备提供内置支持。
- Stateflow: 提供了上下文相关的 Tab 键自动补全功能来完成状态图。
- Simulink Real-Time: 仪表盘、高分辨率目标显示器和 FlexRay 协议支持,以及合并了 xPCTarget 和 xPC Target Embedded Option 的功能。
- SimMechanics: STEP 文件导入和接口的总约束力计算。
- Simulink Report Generator: 用于在 Simulink 视图中丰富显示内容的对象检查器和通知程序。

系统工具箱(System Toolbox)新增 Computer Vision System Toolbox、立体视觉和光学字符识别(OCR)。

功能代码生成新增：

- Embedded Coder: 支持将 AUTOSAR 工具的变更合并到 Simulink 模型中。
- Embedded Coder: ARM Cortex-A 使用 Ne10 库,优化了代码生成。
- HDL Coder: 枚举数据类型支持和时钟频率驱动自动流水线操作。
- HDL Verifier: 通过 JTAG 对 Altera 硬件进行 FPGA 仿真。