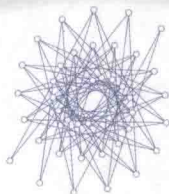


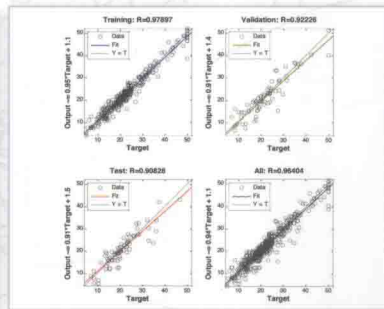
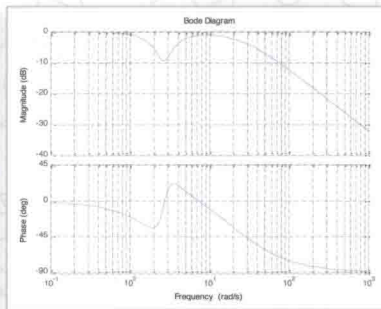
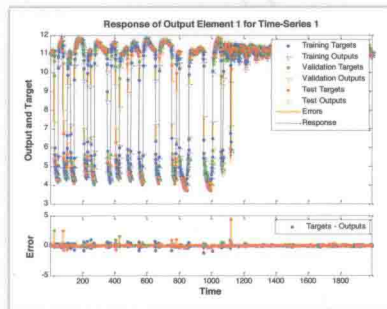


工程软件应用精解



MATLAB/Simulink 系统仿真 超级学习手册

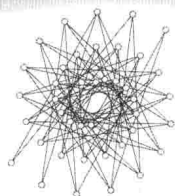
MATLAB技术联盟 石良臣 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工程软件应用精解



MATLAB/Simulink 系统仿真 超级学习手册

MATLAB技术联盟 石良臣 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB/Simulink 系统仿真超级学习手册 / 石良臣编
著. — 北京: 人民邮电出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-115-34916-3

I. ①M… II. ①石… III. ①自动控制系统—系统仿真—Matlab 软件—手册 IV. ①TP273-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第053386号

内 容 提 要

本书基于 MATLAB R2013a 版由浅入深地全面讲解了 MATLAB/Simulink 的知识。本书涉及面广, 涵盖了一般用户需要使用的各种功能, 并详细介绍了 MATLAB/Simulink 的使用。本书按逻辑编排, 自始至终采用实例描述; 内容完整且每章相对独立, 是一本详细的 MATLAB/Simulink 参考书。

全书共分为 12 章, 首先介绍了 MATLAB 的基础知识。Simulink 是本书的重点, 从 Simulink 的仿真基础, 到 Simulink 高级仿真技术, 以及 Simulink 仿真应用, 都是读者应该掌握的知识点。其中, Simulink 仿真基础知识主要包含 Simulink 模块库、模块基本操作以及系统的建模与仿真。同时, 本书也对各种动态系统, 如简单系统、离散系统、连续系统、混合系统的 Simulink 仿真进行了介绍。Simulink 子系统、命令行方式仿真以及 S-Function 的运用则是 Simulink 高级仿真技术的内容。最后 5 章为 Simulink 在工程上的应用, 包括通信系统仿真、电力系统仿真、控制系统仿真、模糊控制仿真、神经网络仿真。本书从这些系统的基本概念出发, 对其仿真的方法及应用加以说明。

本书以实用为目标, 深入浅出, 实例引导, 讲解翔实, 既适合作为理工科高等院校研究生、本科生的教学用书, 也可作为广大科研工程技术人员参考用书。

-
- ◆ 编 著 MATLAB 技术联盟 石良臣
责任编辑 王峰松
责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 27
字数: 640 千字
印数: 1-3 500 册
- 2014 年 5 月第 1 版
2014 年 5 月北京第 1 次印刷

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前 言

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 在以商品形式出现后的短短几年，就以其良好的开放性和运行的可靠性，使原先控制领域里的封闭式软件包纷纷被淘汰，而改在 MATLAB 平台上重建。

Simulink 是 MATLAB 最重要的组件之一，它提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。Simulink 具有适应面广、结构和流程清晰以及仿真精细、贴近实际、效率高、灵活等优点，基于以上优点，Simulink 已被广泛应用于控制理论和数字信号处理的复杂仿真和设计，同时也有大量的第三方软件和硬件可应用于或被要求应用于 Simulink 环境。

本书基于 MATLAB R2013a 版由浅入深地全面讲解 MATLAB/Simulink 的相关知识，帮助读者尽快掌握 MATLAB/Simulink 的应用。

1. 本书特点:

由浅入深，循序渐进：本书以初中级读者为对象，首先从 MATLAB/Simulink 的使用基础讲起，再对 Simulink 的高级使用方法作介绍，并以 Simulink 在几个专业领域中的仿真应用帮助读者尽快掌握 Simulink 的仿真方法。

步骤详尽，内容新颖：本书结合作者多年 MATLAB/Simulink 使用经验与实际工程应用案例，将软件的使用方法与技巧都详细地讲解给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖，讲解过程辅以相应的图片，使读者在阅读时一目了然，从而快速掌握书中所讲内容。

实例典型，轻松易学：通过学习实际工程应用案例的具体操作是掌握 MATLAB/Simulink 最直接有效的方式。本书通过综合应用案例，透彻详尽地讲解了 MATLAB/Simulink 在各方面的应用。

2. 本书内容:

本书基于 MATLAB R2013a 版，讲解了 MATLAB/Simulink 的基础知识和核心内容。本书主要分为两个部分：基础知识部分和专业系统仿真部分，其中基础知识包括第 1~8 章，实例部分包括第 9~12 章。

第 1 章 本章简单介绍系统仿真技术的一些基本概念，并对本书所用的仿真软件 MATLAB 做简单介绍，初步领略 MATLAB 的强大功能。

第 2 章 本章较全面地介绍 MATLAB 正常运行的基本流程以及编程基础与技巧，帮助读者在领略 MATLAB 非凡能力的同时比较轻松地跨过 MATLAB 门槛，为后面学习 MATLAB 工具箱 Simulink 打下坚实的基础。

第 3 章 本章介绍 Simulink 的仿真基础，包括 Simulink 仿真环境、Simulink 模块库、Simulink 基本操作、Simulink 系统建模，并通过实例介绍 Simulink 仿真的相关技术。

第 4 章 本章通过对简单系统、离散系统、连续系统、混合系统等具体的动态进行仿

2 前言

真分析, 详细介绍 Simulink 的仿真技术, 并对必要的 Simulink 调试技术进行了讲解。

第 5 章 本章介绍了 Simulink 子系统技术, 包括 Simulink 简单子系统、高级子系统, 以及 Simulink 子系统的封装和模块库技术。

第 6 章 除了 Simulink 框图方式, 还可以使用命令行方式来对 Simulink 模型进行仿真。本章主要介绍如何使用命令行建立系统模型、Simulink 与 MATLAB 的接口以及使用命令行方式进行动态系统仿真的方法。

第 7 章 S-Function 是 Simulink 最具魅力的地方, 它结合了 Simulink 框图简洁的特点和编程灵活的优点, 它提供了增强和扩展 Simulink 能的强大机制。本章将介绍 S-function 的基本概念、工作原理以及如何使用和编写 S-function。

第 8 章 本章简单介绍通信系统的概念, 并通过系统仿真实例来详细说明如何使用 MATLAB/Simulink 来进行各种通信系统的仿真。

第 9 章 本章主要介绍在 MATLAB 环境下如何进行电力系统仿真, 需要哪些模块、哪些命令, 并通过仿真实例来进行说明。

第 10 章 本章简单介绍控制系统的一些基本概念, 详细说明控制系统仿真所需要的 Simulink 模块、仿真命令等, 并通过仿真实例说明控制系统的仿真方法。

第 11 章 本章简单介绍模糊理论的基本概念, 着重说明模糊理论在控制领域的应用, 并介绍模糊控制在 MATLAB 平台上的仿真应用。

第 12 章 本章先说明神经网络的一些基本概念, 然后详细介绍 MATLAB 提供的神经网络工具箱, 最后对自定义网络的建立方法做简单介绍。

注: 本书中用到的所有程序代码和数据, 请到作者的博客下载。

3. 读者对象:

本书结构合理、叙述详细、算例丰富, 适合于 MATLAB/Simulink 初中级者和期望学习 Simulink 高级仿真技术的读者, 具体说明如下:

- ★ 初学 MATLAB/Simulink 的技术人员
- ★ 广大科研工作人员
- ★ 大中专院校的教师和在校生
- ★ 相关培训机构的教师和学员
- ★ 参加工作实习的“菜鸟”
- ★ MATLAB/Simulink 爱好者
- ★ 相关从业人员

4. 本书作者:

本书由 MATLAB 技术联盟石良臣编著。另外, 孔玲军、李昕、刘成柱、史洁玉、孙国强、代晶、贺碧蛟、石良臣、柯维娜等人为本书的编写提供了大量的帮助, 在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善, 但由于水平有限, 书中欠妥之处在所难免, 希望读者和同仁能够及时指出, 共同促进本书质量的提高。

5. 读者服务:

为了方便解决本书疑难问题, 读者朋友在学习过程中遇到与本书有关的技术问题, 可以发邮件到邮箱 book_hai@126.com, 或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/tecbook>, 编者会尽快给予解答, 我们将竭诚为您服务。

编者

2013 年秋

目 录

第 1 章 系统仿真与 MATLAB/Simulink	1
1.1 系统仿真技术概述	1
1.2 MATLAB 简介	2
1.2.1 MATLAB 发展史	2
1.2.2 MATLAB 产品说明	3
1.2.3 MATLAB/Simulink 的特点	4
1.3 MATLAB/Simulink 应用示例	5
1.4 本章小结	7
第 2 章 MATLAB 编程基础	8
2.1 MATLAB 工作环境	8
2.1.1 MATLAB 主界面	8
2.1.2 MATLAB 文本编辑窗口	13
2.1.3 MATLAB 帮助使用	14
2.2 MATLAB 语言基本元素	16
2.2.1 变量	16
2.2.2 赋值语句	17
2.2.3 矩阵及其元素表示	18
2.3 MATLAB 下矩阵的运算	20
2.3.1 矩阵的代数运算	20
2.3.2 矩阵的关系运算	23
2.3.3 矩阵的逻辑运算	24
2.4 MATLAB 的程序流程控制	24
2.4.1 循环控制结构	24
2.4.2 条件选择结构	26
2.5 M 文件的编写	27
2.5.1 脚本文件	27
2.5.2 函数文件	28
2.6 MATLAB 的图形绘制	30
2.6.1 二维图形的绘制	30
2.6.2 三维图形的绘制	37

2 目录

2.6.3	PLOT 工具栏	40
2.6.4	图形对象属性设置	41
2.7	MATLAB 编程实例	43
2.7.1	汉诺塔问题	44
2.7.2	MATLAB 在自动控制中的应用	45
2.7.3	MATLAB 在电力信号分析处理中的应用	46
2.8	本章小结	48
第 3 章	Simulink 仿真基础	49
3.1	Simulink 仿真环境	49
3.2	Simulink 模块库	51
3.2.1	标准 Simulink 模块库	51
3.2.2	专业模块库	52
3.3	Simulink 基本操作	53
3.3.1	模块的基本操作	53
3.3.2	信号线的基本操作	54
3.3.3	系统模型的基本操作	54
3.3.4	子系统建立	56
3.4	Simulink 系统建模	57
3.5	Simulink 运行仿真	60
3.5.1	运行仿真过程	60
3.5.2	仿真参数设置	62
3.5.3	示波器的使用	63
3.6	Simulink 仿真示例	66
3.6.1	一般控制系统中的仿真	66
3.6.2	简单电路系统中的仿真	67
3.7	本章小结	70
第 4 章	动态系统的 Simulink 仿真	71
4.1	简单系统仿真	71
4.1.1	简单系统的基本概念	71
4.1.2	简单系统的仿真分析	71
4.2	离散系统仿真	74
4.2.1	离散系统的基本概念	74
4.2.2	离散系统的仿真分析	75
4.2.3	线性离散系统的基本概念	76
4.2.4	线性离散系统的仿真分析	77
4.3	连续系统仿真	79
4.3.1	连续系统的基本概念	80

4.3.2	连续系统的仿真分析	80
4.3.3	线性连续系统的基本概念	83
4.3.4	线性连续系统的仿真分析	84
4.4	混合系统仿真	86
4.4.1	混合系统仿真技术概述	86
4.4.2	混合系统仿真实例一：通信系统	87
4.4.3	混合系统仿真实例二：行驶控制系统	90
4.5	Simulink 的调试技术	93
4.5.1	Simulink 调试器启动	93
4.5.2	调试器的操作设置与功能	93
4.5.3	系统调试实例	95
4.6	本章小结	98
第 5 章	Simulink 子系统	99
5.1	Simulink 简单子系统	99
5.1.1	简单子系统的生成	99
5.1.2	子系统的基本操作	100
5.2	Simulink 高级子系统	100
5.2.1	条件执行子系统的建立方法	101
5.2.2	使能子系统	102
5.2.3	触发子系统	104
5.2.4	触发使能子系统	106
5.2.5	原子子系统	107
5.2.6	其他子系统介绍	108
5.3	Simulink 子系统的封装	109
5.3.1	子系统封装的概念	109
5.3.2	创建子系统封装模块	110
5.3.3	子系统封装实例	112
5.4	Simulink 模块库技术	114
5.4.1	模块库的概念及应用	114
5.4.2	建立与使用模块库	114
5.4.3	库模块与引用模块的关联	115
5.4.4	可配置子系统	117
5.5	本章小结	118
第 6 章	Simulink 命令行仿真	119
6.1	使用命令行方式建立系统模型	119
6.1.1	关于系统模型命令	120
6.1.2	关于模块的命令	122

6.1.3	关于连线的命令	123
6.1.4	关于参数的命令	123
6.1.5	关于路径名的命令	125
6.1.6	其他命令	125
6.1.7	命令行方式建立系统模型实例	126
6.2	Simulink 与 MATLAB 的接口	127
6.2.1	由 MATLAB 工作空间变量设置系统模块参数	127
6.2.2	将信号输出到 MATLAB 工作空间中	127
6.2.3	使用工作空间变量作为系统输入信号	128
6.2.4	MATLAB Function 与 Function 模块	128
6.3	使用命令行方式进行动态系统仿真	129
6.3.1	使用 sim 命令进行动态系统仿真	129
6.3.2	simset 与 simget 命令的使用	133
6.3.3	simplot 命令的使用	137
6.4	使用 MATLAB 脚本分析动态系统	137
6.4.1	蹦极跳的安全性分析	137
6.4.2	汽车行驶控制系统中控制器的调节	139
6.5	Simulink 系统仿真常见问题	140
6.5.1	系统状态的确定	141
6.5.2	系统平衡点的确定	142
6.5.3	非线性系统的线性化处理	143
6.5.4	回调函数	144
6.6	本章小结	146
第 7 章 S-function		147
7.1	S-function 概述	147
7.1.1	S-function 的基本概念	147
7.1.2	S-function 的几个相关概念	148
7.1.3	S-function 模块	151
7.1.4	在模型中使用 S-function	152
7.1.5	向 S-function 传递参数	153
7.1.6	何时使用 S-function	153
7.2	S-function 的工作原理	154
7.2.1	Simulink 模块的数学关系	154
7.2.2	Simulink 仿真流程	154
7.2.3	S-function 仿真流程	155
7.2.4	S-function 回调程序	155
7.3	编写 M 文件 S-function	156
7.3.1	M 文件 S-function 概述	156

7.3.2	S-function 参数	157
7.3.3	S-function 的输出	157
7.3.4	定义 S-function 的模块特性	158
7.3.5	M 文件 S-function 实例	158
7.4	编写 C MEX 文件 S-function	168
7.4.1	MEX 文件 S-function 概述	169
7.4.2	SimStruct 数据结构与工作向量	169
7.4.3	C MEX S-function 仿真流程	171
7.4.4	C MEX S-function 模板	172
7.4.5	C MEX S-function 实例	174
7.4.6	S-Function Builder	176
7.5	M 文件 S-function 与 C MEX S-function 的比较	183
7.6	本章小结	188
第 8 章	通信系统仿真	189
8.1	通信系统	189
8.1.1	通信系统的分类	189
8.1.2	通信系统的仿真方法	191
8.2	通信系统仿真模型	199
8.2.1	通信系统的基本模型	199
8.2.2	通信系统基本模块	202
8.3	通信系统仿真命令	221
8.3.1	信源产生函数	221
8.3.2	信源编码/解码函数	222
8.3.3	信道模型函数	224
8.3.4	调制/解调函数	226
8.3.5	滤波器函数	226
8.4	通信系统仿真实例	228
8.5	本章小结	232
第 9 章	电力系统仿真	233
9.1	电力系统元件	233
9.1.1	同步发电机	233
9.1.2	电力变压器	240
9.1.3	输电线路	246
9.1.4	负荷	252
9.2	电力图形分析界面模块	253
9.2.1	配置参数	254
9.2.2	稳态电压电流	254

9.2.3	初始状态设置	255
9.2.4	潮流计算	256
9.2.5	电机初始化	256
9.2.6	LTI 视窗	257
9.2.7	阻抗依频特性	257
9.2.8	FFT 分析	258
9.2.9	报表生成	259
9.2.10	磁滞特性设计工具	259
9.2.11	计算 RLC 线路参数	260
9.3	电力系统仿真命令	261
9.3.1	电源及组件函数类型	261
9.3.2	发动机和发生器函数类型	263
9.3.3	感应测量函数类型	265
9.3.4	仿真分析函数类型	265
9.4	电力系统仿真实例	266
9.4.1	电力系统潮流计算	266
9.4.2	电力系统稳态分析	268
9.5	本章小结	270
第 10 章	控制系统仿真	271
10.1	控制系统基本概念	271
10.1.1	控制系统的结构	271
10.1.2	控制系统的数学模型	272
10.1.3	控制系统的性能指标	277
10.2	控制系统分析方法	279
10.2.1	时域分析法	279
10.2.2	根轨迹分析法	283
10.2.3	频域分析法	287
10.2.4	状态空间分析法	292
10.3	控制系统仿真模块	302
10.3.1	Simulink 标准模块库	302
10.3.2	控制系统工具箱	307
10.4	控制系统仿真命令	310
10.4.1	模型命令	310
10.4.2	分析命令	312
10.4.3	设计命令	313
10.5	控制系统仿真实例	314
10.6	本章小结	319

第 11 章 模糊控制仿真	320
11.1 模糊理论的基本概念	320
11.1.1 模糊集合	320
11.1.2 模糊关系	322
11.1.3 模糊逻辑	322
11.1.4 模糊语言	322
11.1.5 模糊推理	323
11.2 模糊控制的基本概念	324
11.2.1 模糊控制系统的组成	324
11.2.2 模糊控制系统的设计	327
11.3 模糊推理系统	330
11.3.1 模糊推理系统的图形用户界面	330
11.3.2 模糊推理系统编辑器	331
11.3.3 隶属函数编辑器	335
11.3.4 模糊规则编辑器	337
11.3.5 模糊规则观察器	343
11.3.6 曲面观察器	344
11.3.7 模糊系统设计实例	346
11.4 模糊控制系统仿真	351
11.4.1 模糊逻辑工具箱简介	352
11.4.2 FIS 与模糊逻辑控制器连接	353
11.4.3 模糊控制系统的仿真	354
11.4.4 MATLAB 自带模糊控制系统示例	361
11.5 本章小结	363
第 12 章 神经网络仿真	364
12.1 神经网络的基本概念	364
12.1.1 生物神经元	364
12.1.2 人工神经网络	365
12.1.3 神经网络的结构	366
12.1.4 神经网络的学习	367
12.2 神经网络工具箱	368
12.2.1 神经网络工具箱简介	369
12.2.2 神经网络函数拟合	370
12.2.3 神经网络模式识别	379
12.2.4 神经网络数据聚类	383
12.2.5 神经网络时间序列预测	386
12.2.6 神经网络函数命令	389

8 目录

12.3 神经网络与 Simulink.....	393
12.3.1 神经网络 Simulink 模块.....	394
12.3.2 神经网络 Simulink 建模.....	396
12.4 自定义神经网络.....	398
12.4.1 自定义神经网络函数命令.....	398
12.4.2 神经网络数据管理 GUI.....	400
12.5 本章小结.....	403
附录.....	404
参考文献.....	419

第 1 章 系统仿真与 MATLAB/Simulink

系统仿真是根据被研究的真实系统的数学模型研究系统性能的一门学科，现在尤指利用计算机去研究数学模型行为的方法。计算机仿真的基本内容包括系统、模型、算法、计算机程序设计与仿真结果显示、分析与验证等环节。

本章将介绍系统仿真技术的一些基本概念，并对本书所用的仿真软件 MATLAB 做简单介绍，初步领略 MATLAB 的强大功能。

学习目标：

- (1) 了解系统仿真技术的基本概念；
- (2) 初步了解 MATLAB。

1.1 系统仿真技术概述

系统只指客观世界中具有某些特定功能、相互联系、相互作用的元素的集合。这里的系统是指广义上的系统，泛指自然界的一切现象与过程。系统的分类方法是多种多样的，习惯上依照其应用范围可以将系统分为工程系统和非工程系统：工程系统是指由相互关联部件组成的一个整体，实现特定的目标，例如控制系统、通讯系统等；非工程系统涵盖的范围更加广泛，大至宇宙，小至微观世界都存在着相互关联、相互制约的关系，形成一个整体，实现某种目的，所以均可以认为是系统。

系统模型是对实际系统的一种抽象，是对系统本质（或是系统的某种特性）的一种描述。模型具有与系统相似的特性。好的模型能够反映实际系统的主要特征和运动规律。模型可以分为实体模型和数学模型两类。

(1) 实体模型又称物理效应模型，是根据系统之间的相似性而建立起来的物理模型，如建筑模型等。

(2) 数学模型包括原始系统数学模型和仿真系统数学模型：原始系统数学模型是对系统的原始数学描述，是描述系统动态特性的数学表达式，用来表示系统运动过程中的各量的关系，是分析、设计系统的依据；

仿真系统数学模型是一种适合于在计算机上演算的模型，主要是根据计算机的运算特点、仿真方式、计算方法和精度要求将原始系统数学模型转换为计算机程序。

常见的系统模型有连续系统、离散时间系统、离散事件系统、混杂系统等，还可以细分为线性、非线性、定常、时变、集中参数、分布参数、确定性、随机等系统。

仿真是以相似性原理、控制论、信息技术及相关领域的有关知识为基础，以计算机和

各种专用物理设备为工具，借助系统模型对真实系统进行试验的一门综合性技术。仿真可分为实物仿真、数学仿真、半实物仿真：实物仿真是指研制某些实体模型，使之能够重现原系统的各种状态。早期仿真大多属于这一类；数学仿真是用数学语言去描述一个系统，并编制程序在计算机上对实际系统进行研究的过程；半实物仿真又称数学物理仿真或者混合仿真。为了提高仿真的可信度或者针对一些难以建模的实体，在系统研究中往往把数学模型、物理模型和实体结合起来组成一个复杂的仿真系统，这种在仿真环节中存在实体的仿真称为半物理仿真或者半物理仿真，如飞机半实物仿真等。

计算机仿真是在研究系统过程中根据相似性原理，利用计算机来逼真模拟研究系统。研究对象可以是实际的系统，也可以是设想中的系统。计算机仿真可以用于研制产品或设计系统的全过程，包括方案论证、技术指标确定、设计分析、故障处理等各个阶段。

MATLAB，这一被国际公认的最优秀的科技应用软件，其强大的功能、友善的交互界面、简单的语言、开方的编程，使其成为计算机仿真不可缺少的基础软件。

1.2 MATLAB 简介

MATLAB 是 MATRIX LABORATORY 的简称，它是美国 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。

1.2.1 MATLAB 发展史

20 世纪 70 年代，美国新墨西哥大学计算机科学系主任 Cleve Moler 为了减轻学生编程的负担，用 FORTRAN 编写了最早的 MATLAB。

1. 正式走向市场

1984 年由 Little、Moler、Steve Bangert 合作成立了的 MathWorks 公司，他们用 C 语言开发了第二代 MATLAB，并正式把 MATLAB 推向市场。此时，MATLAB 已经具备了数值计算和数据图示化的功能。

2. MATLAB 4.x 版本

20 世纪 90 年代，MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。1992 年，MathWorks 公司推出了 MATLAB 4.0 版本，并于第二年推出了微机版，使得软件的应用范围逐渐扩大。1994 年推出的 4.2c 版本更是为图形界面设计方面提供了新方法。

Simulink 的应用起始于 MATLAB 4.0 版本，它被放在 MATLAB 的核心执行文件中。MATLAB 4.2 开始，Simulink 则以工具包的形式单独出现。

3. MATLAB 5.x 版本

MATLAB 5.x 版本是 MathWorks 公司于 20 世纪 90 年代末期推出的。新版本可以处理更多的数据结构，例如结构体、多维矩阵以及类等，这使得 MATLAB 的编程更加简单方便。1999 年推出的 5.3 版本则进一步增强了 MATLAB 语言的功能。

4. MATLAB 6.x 版本

为了提高 MATLAB 在数值算法、界面设计和外部接口等诸多方面的功能，MathWorks

公司在 2000 年 10 月底推出了 MATLAB 6.0。2003 年，MATLAB R6.5 采用最新的 JIT 加速技术，为 MATLAB 程序提供了更快的执行速度。

在 MATLAB 6.5 版本中，Simulink 升级为 5.0 版本，该版本创建出完整的嵌入式系统设计环境。开发者可以在单一的环境下完成工程，同时还可以选择自动将算法及应用程序转换成 C++ 等程序代码。

5. MATLAB 7.x 版本

MathWorks 于 2004 年推出的 MATLAB 7.0 版本，为开发者提供了许多新的便捷功能。新版本允许同时使用多个文件和图形窗口，可以根据自己的习惯和喜好来定制桌面环境（如窗口大小、窗口布局），还可以设置自定义快捷键。

在随后的几年中，MathWorks 公司陆续推出了 MATLAB 的 7.1~7.14 版本，不断地优化和提高 MATLAB 的性能。2012 年的 7.14 版本包括了 MATLAB[®]、Simulink[®] 和 Polyspace[®] 三项产品新功能。

6. MATLAB 8.x 版本

MATLAB 2012b 版，即 8.0 版，有了很大的改变。最明显的是其桌面，在 MATLAB 主窗口中，工具条取代了菜单和工具栏。帮助文档进行了重新设计，改进了浏览、搜索和筛选功能。命令窗口中输入函数或变量出错时，会得到更正的建议信息。

目前为止，MATLAB 最新的版本为 2013a，即 8.1，本书就是以 MATLAB R2013a 为软件版本进行编写的。

1.2.2 MATLAB 产品说明

如图 1-1 所示，MATLAB 产品主要有 MATLAB、Simulink、Stateflow、Compiler、RTW 和 Coder。

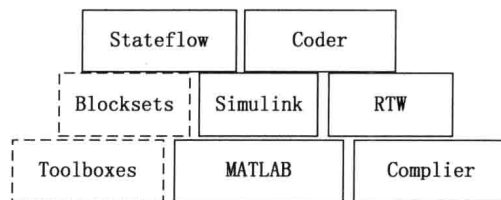


图 1-1 MATLAB 产品

其中，Compiler 是编译工具，它将以 MATLAB 语言为基础的函数文件编译生成函数库、可执行文件 COM 组件等。Compiler 的存在使得 MATLAB 能够与其他高级编程语言（如 C、C++ 语言）进行混合编程，这样提高了程序的运行效率、并丰富了程序的开发手段。

Simulink 是 MATLAB 的一个工具箱，它主要用来实现对工程问题的模型化及动态仿真，其本身具有良好的图形交互界面。通过采用 Simulink 模块组合的方法，能够快速、准确地创建动态系统的计算机模型。

Stateflow 是交互式设计工具，它基于有限状态机理论，用于对复杂的事件驱动系统进行建模和仿真。

RTW 是 Real-Time Workshop 的简称，它与 Coder 都是代码自动生成工具，它们可以直接将 Simulink 模型框图和 Stateflow 状态图转换成高效优化的程序代码。

MATLAB 是整个 MATLAB 产品体系的基座，它是一个语言编程型开发平台，它为其他工具提供所需要的集成环境。同时，其对矩阵和线性代数的支持，使得它本身也具有强大的数学计算能力。

图 1-2 所示为 MATLAB/Simulink 的主要产品及其相互关系。

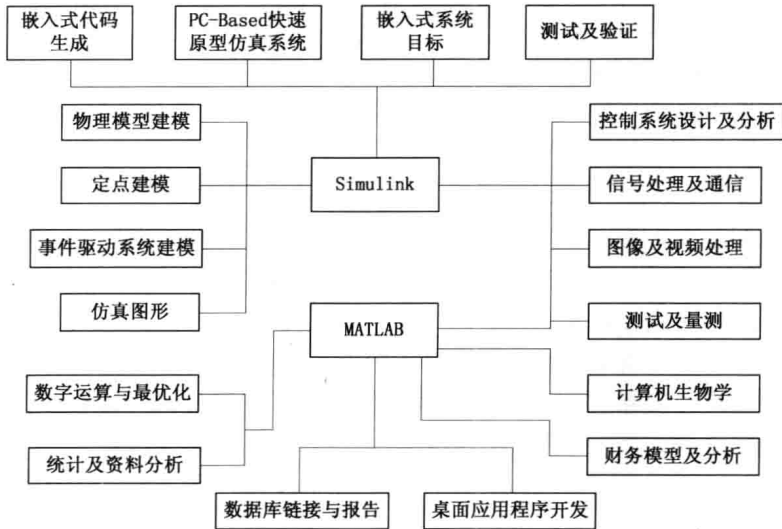


图 1-2 MATLAB/Simulink 的主要产品及其相互关系

1.2.3 MATLAB/Simulink 的特点

1. MATLAB 的特点

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、信号处理与通讯、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

MATLAB 的特点如下。

(1) 便利的开发环境。MATLAB 提供了一组具有 GUI 的工具，包括 MATLAB 主窗口、文件编辑器、帮助文档等。

(2) 强大的数学计算能力。MATLAB 可进行包括基本函数、复杂算法、高级矩阵运算等非常强大的数学计算功能，特别适合矩阵代数领域的应用。更别谈，其他许多高性能数值计算的高级算法与极其丰富的库函数。

(3) 简单高效的编程语言。MATLAB 的运算符使得程序变得简短，灵活使用它们会让编程变得轻松且高效。MATLAB 程序书写格式自由，库函数的使用可以避开繁杂的子程序编写任务，自定义函数也大大提高了程序设计的自由度。

(4) 强大的图形功能。MATLAB 提供了丰富的绘图函数命令，并且具有较强的编辑图形界面的能力，对于图形的编辑和设置完全可以在可视化环境下进行。

(5) 强大的工具箱。MATLAB 工具箱分为功能性工具箱和学科性工具箱两类。

功能性工具箱：主要用于扩充符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及