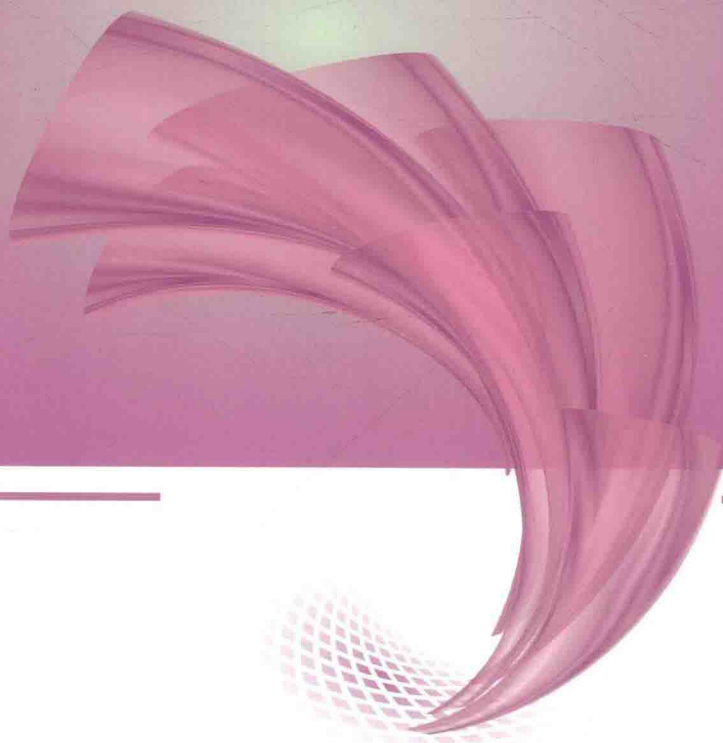


MATLAB仿真应用精品丛书

MATLAB R2016a

通信系统仿真

王宇华 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 仿真应用精品丛书

MATLAB R2016a 通信系统仿真

王宇华 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2016a 为平台, 以应用建模仿真为导线, 通过专业技术与实例相结合的形式, 详细、全面地介绍了 MATLAB 通信系统建模与仿真的内容。全书共分 10 章, 主要包括 MATLAB R2016a 简述、Simulink 的介绍、通信系统、信源、信道、通信系统基本模块、模拟调制系统、模拟信号数字化、数字调制系统及编码与系统仿真等内容。

本书语言通俗易懂, 内容丰富翔实, 突出了以实例为中心的特点, 做到理论与实践相结合, 可使读者轻松、快捷地掌握 MATLAB 通信系统建模与仿真。

本书可作为高等院校通信系统仿真等相关专业的学习用书, 也可作为广大科研人员、学者、通信工程技术人员的参考用书。

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。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB R2016a 通信系统仿真/王宇华编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.1

(MATLAB 仿真应用精品丛书)

ISBN 978-7-121-33541-9

I. ①M… II. ①王… III. ①Matlab 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 (2018) 第 013640 号

策划编辑: 陈韦凯

责任编辑: 徐 萍

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 27.5 字数: 704 千字

版 次: 2018 年 1 月第 1 版

印 次: 2018 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 2000 册 定价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254441; chenwk@phei.com.cn。

前 言

MATLAB/Simulink 是用于动态系统和嵌入式系统的多领域仿真和模型的设计工具。Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具，是一种基于 MATLAB 的框图设计环境，是实现系统建模、仿真和分析的一个软件包，被广泛应用于各个领域中。

随着科学技术的发展，计算机仿真技术呈现出越来越强大的活力，它大大节省了人力、物力和时间成本，在当今教学、科研、生产等各个领域发挥着巨大的作用。而 MATLAB 凭借其强大的功能在众多的计算机软件中脱颖而出，成为国际上最流行的科学与工程计算的工具软件。MATLAB 不仅功能强大而且易于操作，使用户能集中精力于所研究的问题上，而不必在编程上花费过多的时间。而系统建模和仿真技术已经日益成为现代理工科各专业进行科学探索、系统可行性研究和工程设计不可缺少的重要环节。随着 MATLAB/Simulink 通信、信号处理专业函数库和专业工具箱的成熟，它们逐渐为广大通信技术领域的专家学者和工程技术人员所熟悉，在通信理论研究、算法设计、系统设计、建模仿真和性能分析验证等方面的应用也更加广泛。

本书主要介绍应用 MATLAB 软件对通信系统进行建模与仿真实例的研究方法，在内容上不追求对 MATLAB 软件的完整和系统描述，而是针对教学、科研开发的实际，选择通信系统中最基本同时也是最重要的内容作为仿真试验的研究对象。还结合数字通信系统的基本技术介绍了 MATLAB 软件在仿真试验建模中的应用。本书的编写具有如下几个特色：

(1) 循序渐进，深入浅出

本书以 MATLAB R2016a 为平台，由基础到应用，一步一步深入地介绍 MATLAB/Simulink 及通信系统的建模与仿真等内容，让读者可以轻松、快速地掌握 MATLAB 及利用 MATLAB 解决通信系统建模与仿真的问题。

(2) 应用典型，细致全面

本书以 MATLAB/Simulink 为基础，详尽、细致地介绍 MATLAB/Simulink 解决通信系统建模与仿真中的各种实际问题，并且每介绍一个函数、理论、模块等都给出典型的应用实例，培养读者的动手动脑能力，做到理论与实践相结合。

(3) 快速有效，轻松易学

结合 MATLAB 自身的特点，在 MATLAB/Simulink 基础上介绍通信系统的建模与仿真，让读者轻松有效地掌握 MATLAB 及通信系统，使其能够在最短的时间内，以最佳的效率解决实际通信系统中遇到的问题，提升工作效率。

全书共分为 10 章，主要内容如下：

第 1 章介绍 MATLAB R2016a，主要包括 MATLAB 的平台组成、MATLAB 的语言特点、MATLAB 的工作环境、MATLAB 的数值计算及 MATLAB 的绘图等内容。

第 2 章介绍 Simulink 软件，主要包括 Simulink 仿真环境、Simulink 模块库、Simulink 子系统、Simulink 封装子系统及 Simulink 命令行仿真等内容。

第 3 章介绍通信系统，主要包括通信系统的组成、模拟/数字通信、系统类型及通信系统仿真技术等内容。

第 4 章介绍信源，主要包括通信仿真函数、信号产生器、信源类型及信号与系统分析等

内容。

第5章介绍信道，主要包括信道模型、恒参信道、随参信道及其对信号的影响、加性噪声等内容。

第6章介绍通信系统基本模块，主要包括信源模块、信道模块、信号观察模块等内容。

第7章介绍模拟调制系统，主要包括模拟调制的基本概念、线性调制、模拟调制系统性能的比较等内容。

第8章介绍模拟信号数字化，主要包括模拟信号数字化概述、抽样、脉冲振幅调制、量化、脉冲编码调制及差分脉冲等内容。

第9章介绍数字调制系统，主要包括数字基带传输概述、二进制基带传输、数字信号载波等内容。

第10章介绍编码与系统仿真，主要包括编码概述、线性分组码、扩频通信、扩频通信系统等内容。

本书可作为高等院校通信系统仿真等相关专业的教材，也可作为广大科研人员、学者、通信工程技术人员的参考用书。

本书主要由王宇华编写，此外参加编写的还有赵书兰、刘志为、栾颖、张德丰、吴茂、方清城、李晓东、何正风、丁伟雄、李娅、辛焕平、杨文茵、顾艳春和邓奋发。

由于时间仓促，加之作者水平有限，所以错误和疏漏之处在所难免。在此，诚恳地期望得到各领域的专家和广大读者的批评指正。

编著者

目 录

第 1 章	MATLAB R2016a 简述	1
1.1	MATLAB 概述	1
1.1.1	MATLAB 的平台组成	1
1.1.2	MATLAB 的语言特点	2
1.1.3	MATLAB R2016a 的新功能	3
1.2	MATLAB 的安装与激活	5
1.3	MATLAB 的工作环境	9
1.3.1	命令窗口	10
1.3.2	命令历史记录窗口	11
1.3.3	工作区	12
1.4	MATLAB 帮助文档的使用	13
1.5	MATLAB 的数值计算	16
1.5.1	变量与常量	16
1.5.2	运算符	17
1.5.3	矩阵运算	18
1.5.4	符号运算	21
1.6	MATLAB 的绘图	27
1.6.1	图形窗口	27
1.6.2	坐标系	27
1.6.3	二维绘图	28
1.6.4	图形的辅助操作	29
1.6.5	三维绘图	31
1.7	程序设计	33
1.7.1	分支结构	33
1.7.2	循环结构	35
第 2 章	Simulink 的介绍	38
2.1	Simulink 仿真环境	38
2.2	Simulink 模块库	39
2.2.1	Simulink 标准模块库	39
2.2.2	Simulink 专业模块库	40
2.3	一个简单的 Simulink 仿真实例	41
2.4	Simulink 子系统	46
2.5	Simulink 封装子系统	49
2.6	Simulink 命令行仿真	54
2.6.1	命令行方式建立模型	55
2.6.2	Simulink 与 MATLAB 接口	58



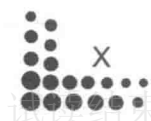
2.6.3	命令行方式实现动态仿真	61
2.7	S-函数	67
2.7.1	S-函数概述	67
2.7.2	S-函数的几个相关概念	68
2.7.3	S-函数模块	71
2.7.4	S-函数的仿真过程	72
2.7.5	编写 M 语言 S-函数	72
2.8	MATLAB/Simulink 仿真实例	76
第 3 章	通信系统	83
3.1	概述	83
3.1.1	通信系统的组成	83
3.1.2	通信系统的分类	85
3.2	模拟/数字通信	87
3.2.1	模拟通信	87
3.2.2	数字通信	88
3.3	系统类型	89
3.3.1	多路系统	89
3.3.2	有线系统	89
3.3.3	微波系统	90
3.3.4	卫星系统	90
3.3.5	电话系统	90
3.3.6	电报系统	91
3.3.7	数据系统	91
3.4	通信系统仿真技术	91
3.4.1	仿真技术	91
3.4.2	计算机仿真步骤	92
3.4.3	通信系统仿真步骤	92
3.4.4	通信系统仿真方法	94
3.5	通信系统仿真模型	98
3.6	信息度量	101
3.7	通信系统仿真的优点	103
3.8	通信系统仿真的局限性	103
第 4 章	信源	105
4.1	通信仿真函数	105
4.1.1	信源产生函数	105
4.1.2	信源编码/解码函数	110
4.2	信号产生器	114
4.2.1	伯努利二进制产生器	114
4.2.2	泊松分布整数产生器	118

4.2.3	随机整数产生器	121
4.2.4	均匀分布随机产生器	123
4.2.5	标准正态分布随机数产生器	125
4.2.6	瑞利随机分布产生器	126
4.2.7	正态随机分布产生器	128
4.3	信源类型	130
4.3.1	锯齿波信号	131
4.3.2	方波信号	132
4.3.3	脉冲信号	133
4.3.4	扫频信号	135
4.3.5	压控振荡器	137
4.4	信号与系统分析	138
4.4.1	离散信号系统	138
4.4.2	离散时间系统	143
4.4.3	Fourier 分析	145
4.4.4	低通信号的低通等效	156
4.4.5	频谱分析	160
4.4.6	谱估计	164
第 5 章	信道	170
5.1	信道模型	170
5.1.1	调制信道模型	170
5.1.2	编码信道模型	171
5.2	恒参信道	172
5.2.1	典型恒参信道	172
5.2.2	恒参信道的特性	173
5.2.3	理想恒参信道	173
5.2.4	实际信道	174
5.2.5	其他影响因素	175
5.3	随参信道及其对信号的影响	175
5.3.1	典型随参信道	175
5.3.2	随参信道的特点	176
5.3.3	随参信道对信号的影响	176
5.4	加性噪声	178
5.4.1	加性噪声的来源	178
5.4.2	噪声的种类	179
5.4.3	起伏噪声	179
5.5	信道容量	180
5.5.1	离散信道容量	180
5.5.2	连续信道容量	182

5.6	信道函数	183
5.7	多径衰落信道	185
5.7.1	多径衰落信道的主要分类	186
5.7.2	多径衰落信道的特性	186
5.8	信道衰落的重要参数	193
5.8.1	多径扩展信道	193
5.8.2	多普勒带宽	194
5.9	信道的仿真实例	194
第6章	通信系统基本模块	200
6.1	信源模块	200
6.1.1	随机数据信源模块	200
6.1.2	序列产生器模块	203
6.2	信道模块	211
6.2.1	高斯白噪声信道	212
6.2.2	二进制对称信道	213
6.2.3	多变量控制信道	214
6.2.4	多径瑞利退化信道	216
6.2.5	多径莱斯退化信道	218
6.3	信号观察模块	219
6.3.1	星座图观测仪	219
6.3.2	眼图示波器	221
6.3.3	误码率计算器模块	222
6.4	通信系统模块的仿真实例	224
第7章	模拟调制系统	227
7.1	模拟调制的基本概念	227
7.1.1	模拟调制的概念	227
7.1.2	模拟调制的功能	227
7.1.3	模拟调制的分类	228
7.2	线性调制	229
7.2.1	线性调制的基本原理	229
7.2.2	振幅调制	230
7.2.3	载波双边带调制	235
7.2.4	抑制载波双边带调制	242
7.2.5	单边带调制	250
7.2.6	角度调制	260
7.3	模拟调制系统性能的比较	269
7.3.1	有效性比较	269
7.3.2	可靠性比较	269
7.3.3	特点及应用	270

7.4	广播系统的仿真实例	271
第8章	模拟信号数字化	274
8.1	模拟信号数字化概述	274
8.1.1	模拟信号数字化的实现步骤	274
8.1.2	模拟信号数字传输的优点	274
8.1.3	模拟信号数字传输系统的组成框图	275
8.1.4	模拟音频/视频数字化	275
8.2	抽样	276
8.2.1	低通抽样定理	276
8.2.2	带通抽样定理	279
8.2.3	抽样定理的实现	280
8.3	脉冲振幅调制	285
8.3.1	脉冲调制	285
8.3.2	PAM 原理	285
8.4	量化	288
8.4.1	均匀量化	288
8.4.2	非均匀量化	289
8.4.3	量化的实现	295
8.5	脉冲编码调制	297
8.5.1	PCM 通信系统框图	297
8.5.2	逐次反馈型编码	300
8.5.3	逐次反馈型译码	300
8.5.4	PCM 抗噪声性能	301
8.6	差分脉冲	305
8.6.1	差分脉冲编码调制	305
8.6.2	差分脉冲编码的 Simulink 模块	307
8.6.3	差分脉冲编码的 MATLAB 实现	308
8.7	增量调制	310
8.7.1	增量调制概述	310
8.7.2	增量调制的编/解码	310
8.7.3	增量调制的抗噪性能	311
8.7.4	自适应增量调制	313
8.7.5	增量调制的 MATLAB 实现	314
8.8	PCM 串行传输系统的仿真实例	317
第9章	数字调制系统	323
9.1	数字基带传输概述	324
9.1.1	数字基带信号码型的设计原则	325
9.1.2	二进制	325
9.1.3	三元码	327

9.1.4	码型的实现	328
9.2	二进制基带传输	334
9.2.1	二进制传输误码率仿真	334
9.2.2	不同极性信号在 AWGN 信道的传输性能	337
9.2.3	基带 PAM 信号传输	342
9.3	数字信号载波	347
9.3.1	载波 PAM 信号	347
9.3.2	频移键控	351
9.3.3	载波相位调制	357
9.3.4	DPSK 系统的抗噪性能	363
9.3.5	正交幅度调制	371
第 10 章	编码与系统仿真	376
10.1	编码概述	376
10.2	线性分组码	378
10.2.1	Hamming 码	379
10.2.2	循环码	383
10.2.3	BCH 码	386
10.2.4	RS 码	387
10.2.5	CRC 校验码	389
10.2.6	卷积码	393
10.3	扩频通信	397
10.3.1	扩频概述	397
10.3.2	扩频的分类	398
10.3.3	扩频的应用范围	399
10.3.4	扩频的序列	400
10.4	扩频通信系统	404
10.4.1	直接序列扩频系统	404
10.4.2	跳频扩频系统	408
10.5	波达方向估计的仿真实例	412
10.5.1	DOA 估计阵列数学模型	413
10.5.2	DOA 估计方法	415
	参考文献	428



第 1 章 MATLAB R2016a 简述



MATLAB 是 Matrix & 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、可视化及交互式程序设计的高科技计算环境。

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 最初主要用于方便矩阵的存取，其基本元素是无须定义维数的矩阵。经过 30 多年的扩充和完善，MATLAB 现已发展成为包含大量实现工具箱的综合应用软件，不仅成为线性代数课程的标准工具，而且适合具有不同专业研究方向及工程应用需求的用户使用。同时，MATLAB 允许用户自行建立完成指定功能的扩展 MATLAB 函数（称为 M 文件），从而构成适合于其他领域的工具箱，大大扩展了应用范围。

1.1.1 MATLAB 的平台组成

MATLAB 不仅是一门编程语言，还是一个集成的软件平台，它包含以下几个主要部分。

1. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一种高级编程语言，它提供了多种数据类型、丰富的运算符和程序控制语句供用户使用。用户可以根据需求，按照 MATLAB 语言的约定，编程完成特定的工作。

2. MATLAB 集成工作环境

MATLAB 集成工作环境包括程序编辑器、变量查看器、系统仿真器和帮助系统等。用户在集成工作环境中可以完成程序的编辑、运行和调试，输出和打印程序的运行结果。

3. MATLAB 图形系统

用 MATLAB 的句柄图形可以实现二维、三维数据的可视化、图像处理，也可以完全或局部修改图形窗口，还可以方便地设计图形界面。

4. MATLAB 数学函数库

MATLAB 提供了丰富的数值计算函数库，既包括常用的数学函数，又包含了各个专业领域独有的数值计算实现，用户通过简单的函数调用就可以完成复杂的数学计算任务。

5. Simulink 交互式仿真环境

通过交互式的仿真环境 Simulink，用户可以采用图形化的数学模型，完成对各类系统的模型建立和系统仿真，仿真结果也能够以直观的图形方式显示。Simulink 可以接收用户的键盘、鼠标输入，也可以通过程序语句来实现数据交换，应用方便灵活。

6. MATLAB 编译器

通过编译器，用户可以将用 MATLAB 语言编写的程序编译成脱离 MATLAB 环境的 C 语言源代码、动态链接库或可以独立运行的可执行文件。

7. 应用程序接口 API

API 是 MATLAB 的应用程序接口，它提供了 MATLAB 和 C、Fortran、VB、VC 等多种语言之间的接口程序库，使用户可以在这些语言的程序中调用 MATLAB 程序。

8. MATLAB 工具箱

MATLAB 包含了各种可选的工具箱。工具箱是由各个领域的高水平专家编写的，所以用户不必编写该领域的基础程序就可以直接进行更高层次的研究。

1.1.2 MATLAB 的语言特点

MATLAB 被称为第四代计算机语言，利用其丰富的函数资源，可使编程人员从烦琐的代码中解脱出来。MATLAB 用更直观、更符合人们思维习惯的代码，代替了 C 语言的冗长代码，给用户带来的是最直观、最简洁的程序开发环境。MATLAB 语言的主要特点如下。

(1) 语言简洁紧凑，语法限制不严格，程序设计自由度大，使用方便灵活。在 MATLAB 中不用先定义或声明变量就可以使用它们，MATLAB 程序的书写格式自由，数据的输入、输出语句简洁，很短的代码就可以完成其他语言要经过大量代码才能完成的复杂工作。

(2) 数据算法稳定可靠，库函数十分丰富。MATLAB 的一个最大特点是强大的数值计算能力，它提供了许多调用十分方便的数学计算的函数，可以随意使用而不必考虑数值的稳定性。

(3) 运算符丰富。MATLAB 是用 C 语言编写的，所以 MATLAB 提供了和 C 语言几乎一样多的丰富的运算符，而且还重载了一些运算符，并给它们赋予了新的含义。

(4) MATLAB 既具有结构化的控制语句，又支持面向对象的程序设计。

(5) 程序的可移植性好。MATLAB 程序几乎不用修改就可以移植到其他机型和操作



系统中运行。

(6) MATLAB 的图形功能强大, 支持数据的可视化操作, 方便地显示程序的运行结果。

(7) 源程序的开发性、系统的可扩充能力强。除了内部函数外, 所有的 MATLAB 核心文件和工具箱文件都提供了 MATLAB 源文件, 用户可通过对源文件的修改生成自己所需要的工具箱。

(8) MATLAB 的解释执行语言。MATLAB 程序不用编译生成可执行文件就可以运行, 程序是解释执行的。解释执行的程序执行速度较慢, 效率比 C 语言等高级语言要低, 而且无法脱离 MATLAB 环境运行, 这是 MATLAB 的缺点。但是 MATLAB 编程效率远远高于一般的高级语言, 这使我们可以把大量的时间花费在算法研究上, 而不是浪费在大量的基础代码上, 这是 MATLAB 能够被广泛应用于科学计算和系统仿真的主要原因。

1.1.3 MATLAB R2016a 的新功能

1. MATLAB 产品系列

MATLAB R2016a 在 MATLAB 产品系列的更新主要有以下几方面。

(1) 实时编辑器, 用于:

- 开发包含结果和图形以及相关代码的实时脚本;
- 创建用于分享的交互式描述, 包括代码、结果和图形以及格式化文本、超链接、图像及方程式。

(2) MATLAB 方面:

- App Designer, 使用增强的设计环境和扩展的 UI 组件集构建带有线条图和散点图的 MATLAB 应用;
- 全新多 y -轴图、极坐标图和等式可视化;
- 暂停、调试和继续 MATLAB 执行。

(3) Neural Network Toolbox: 使用 Parallel Computing Toolbox 中的 GPU 加速深度学习图像分类任务的卷积神经网络 (CNN)。

(4) Symbolic Math Toolbox: 与 MATLAB 实时编辑器集成, 以便编辑符号代码和可视化结果, 并将 MuPAD 笔记本转换为实时脚本。

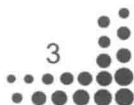
(5) Statistics and Machine Learning Toolbox: Classification Learner 应用, 可以自动培训多个模型, 按照级别标签对结果进行可视化处理, 并执行逻辑回归分类。

(6) Control System Toolbox: 新建及重新设计的应用, 用于设计 SISO 控制器、自动整定 MIMO 系统和创建降阶模型。

(7) Image Acquisition Toolbox: 支持 Kinect for Windows v2 和 USB 3 Vision。

(8) Computer Vision System Toolbox: 光学字符识别 (OCR) 训练程序应用、行人检测和来自针对 3-D 视觉的动作和光束平差的结构体。

(9) Trading Toolbox: 对交易、灵敏性和交易后执行的交易成本进行分析。



2. Simulink 产品系列

MATLAB R2016a 在 Simulink 产品系列的更新主要有以下几方面。

(1) Simulink:

- 通过访问模板、最近模型和精选示例更快开始或继续工作的起始页;
- 自动求解器选项可更快速地设置和仿真模型;
- 针对异构设备的系统模型仿真, 如 Xilin 和 Altera SoC 架构;
- Simulink 单位, 可在 Simulink、Stateflow 和 Simscape 组件的接口指定单位对其进行可视化处理并检查;
- 变量源和接收器模块, 用于定义变量条件并使用生成代码中的编译器指令将其传播至连接的功能。

(2) Aerospace Blockset: 标准座舱仪器, 用于显示飞行条件。

(3) SimEvents: 全新离散事件仿真和建模引擎, 包括事件响应、MATLAB 离散事件系统对象制作以及 Simulink 和 Stateflow 自动域转换。

(4) Simscape: 全新方程简化和仿真技术, 用于生成代码的快速仿真和运行时参数调整。

(5) Simscape Fluids: Thermal Liquid 库, 用于对属性随温度而变化的液体的系统建模。

(6) Simulink Design Optimization: 用于实验设计、Monte Carlo 仿真和相关性分析的灵敏度分析工具。

(7) Simulink Report Generator: 三向模型合并, 以图形方式解决 Simulink 项目各修订版之间的冲突。

3. 信号处理和通信

MATLAB R2016a 在信号处理和通信方面的更新主要表现在以下几方面。

(1) Antenna Toolbox: 电介质建模, 用于分析天线和有限天线阵列中的基质效果。

(2) RF Toolbox: RF Budget Analyzer, 用于为级联的射频组件计算增益、噪声系数和 IP₃。

(3) SimRF: 自动射频测试工作台生成。

(4) Audio System Toolbox: 一款用于设计和测试音频处理系统的新产品。

(5) WLAN System Toolbox: 一款用于对 WLAN 通信系统的物理层进行仿真、分析和测试的新产品。

4. 代码生成

MATLAB R2016a 在代码生成方面的更新主要表现在以下几方面。

(1) Embedded Coder: 编译器指令生成, 将信号维度作为 #define 进行实施。

(2) HDL Coder: 针对 HDL 优化的 FFT 和 IFFT, 支持每秒 G 字节采样 (GSPS) 设计的帧输入。

(3) HDL Verifier: PCIe FPGA 在环, 用于通过 PCI Express 接口仿真 Xilinx KC705/VC707 和 Altera Cyclone V GT/Stratix V DSP 开发板上的算法。



5. 验证和确认

MATLAB R2016a 在验证和确认方面的更新主要表现在以下几方面。

- (1) Polyspace Code Prover: 支持 long-double 浮点, 并且改进了对无穷大和 NaN 的支持。
- (2) Simulink Design Verifier: 对 C 代码 S-function 自动生成测试。
- (3) IEC Certification Kit: 对 Simulink Verification and Validation™提供 IEC 62304 医学标准支持。
- (4) Simulink Test: 使用 Simulink Real-Time 制作和执行实时测试。

1.2 MATLAB 的安装与激活

在使用 MATLAB 进行计算及绘图前, 首先要在计算机上安装与激活 MATLAB, MATLAB R2016a 的安装与激活主要有以下步骤。

- (1) 将 MATLAB R2016a 的安装盘放入 CD-ROM 驱动器, 系统将自动运行程序, 进入初始化界面。
- (2) 启动安装程序后显示的 MathWorks 安装对话框如图 1-1 所示, 选择“使用文件安装密钥”单选按钮, 单击“下一步”按钮。

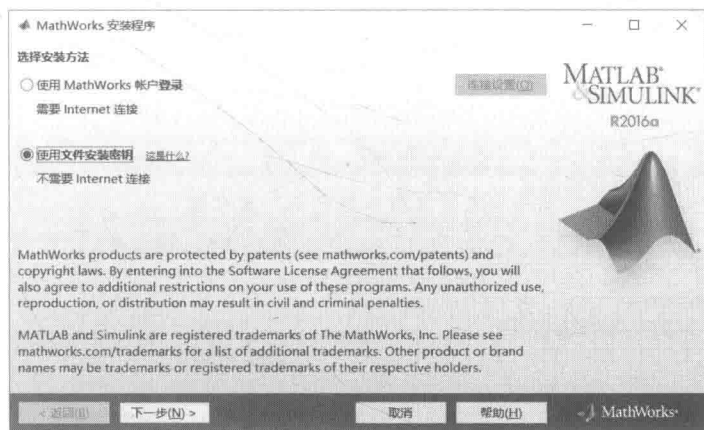


图 1-1 MathWorks 安装对话框

- (3) 弹出如图 1-2 所示的“许可协议”对话框, 如果同意 MathWorks 公司的安装许可协议, 选择“是”单选按钮, 单击“下一步”按钮。
- (4) 弹出如图 1-3 所示的“文件安装密钥”对话框, 选择“我已有我的许可证的文件安装密钥”单选按钮, 单击“下一步”按钮。
- (5) 如果输入正确的钥匙, 系统将弹出如图 1-4 所示的“文件夹选择”对话框, 可以将 MATLAB 安装在默认路径中, 也可以自定义路径。如果需要自定义路径, 可单击“选择安装文件夹”下面文本框右侧的“浏览 (R)”按钮, 即可选择所需要的路径实现安装, 再单击“下一步”按钮。

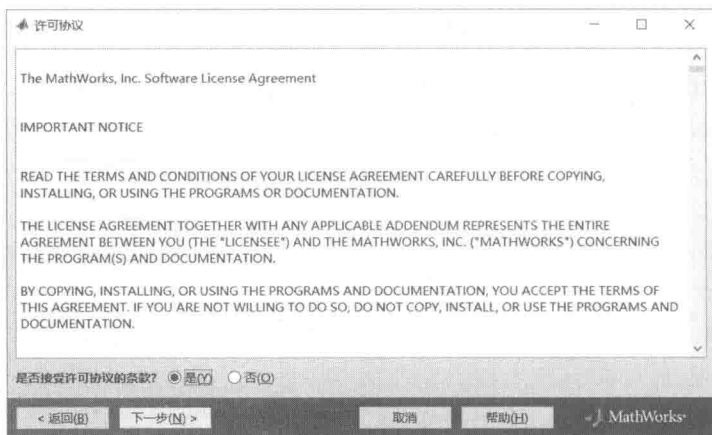


图 1-2 “许可协议”对话框

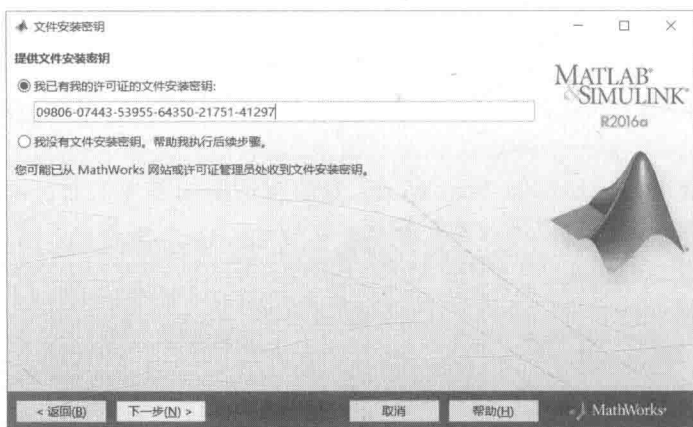


图 1-3 “文件安装密钥”对话框

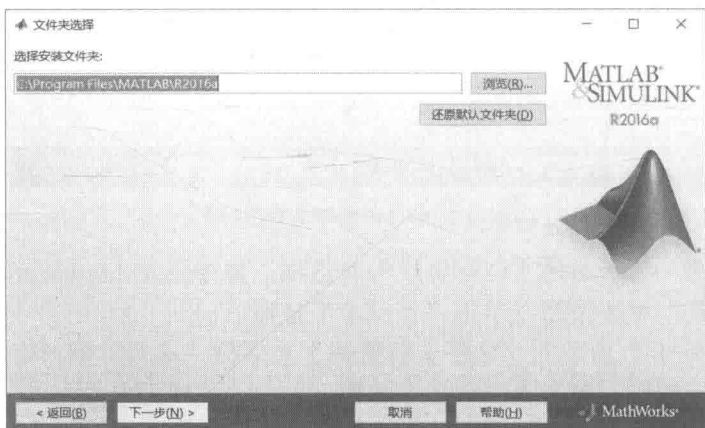


图 1-4 “文件夹选择”对话框

(6) 确定安装路径后, 系统将弹出如图 1-5 所示的“产品选择”对话框, 可以看到用户默认安装的 MATLAB 组件、安装文件夹等相关信息, 单击“下一步”按钮。