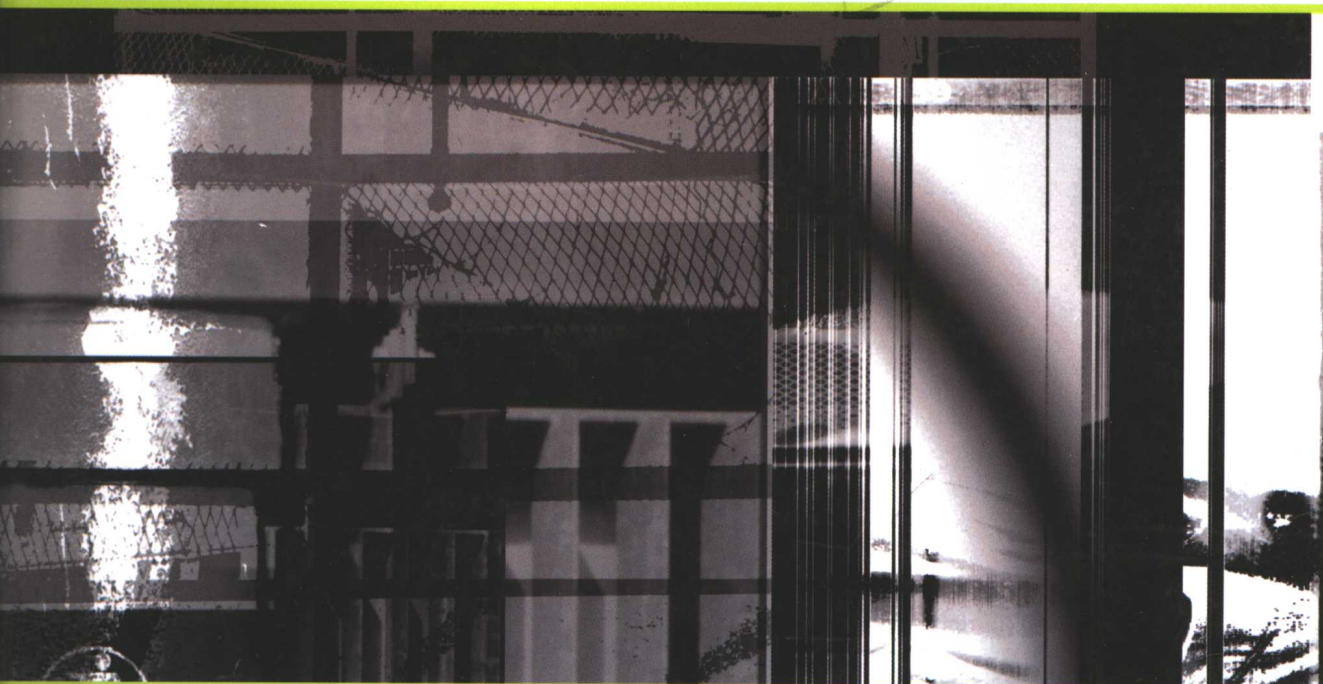


通信工程仿真开发手册系列

MATLAB

通信仿真开发手册

孙屹 主编 李妍 编著



国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 通信仿真开发手册/李妍编著. —北京:国防工业出版社, 2005. 1

(通信工程仿真开发手册系列/孙屹主编)

ISBN 7-118-03596-3

I. M... II. 李... III. 通信系统—系统仿真—软件包, MATLAB IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 097435 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23¼ 534 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—4000 册 定价:36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

MATLAB 语言是当今国际上科学界最具影响力、也是最有活力的软件。它起源于矩阵运算,并已经发展成一种高度集成的计算机语言。MATLAB 具有强大的数学运算能力、方便实用的绘图功能及语言的高度集成性。MATLAB 是矩阵实验室(Matrix Laboratory)之意。MATLAB 除具备卓越的数值计算能力外,它还提供了专业水平的符号计算、文字处理、可视化建模仿真和实时控制等功能。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,因此用 MATLAB 来解算问题要比用 C、FORTRAN 等语言完成相同的事情简捷得多。

MATLAB 在数学计算以外的其他科学与工程领域的应用也是越来越广,并且有着更广阔的应用前景和无穷无尽的潜能。它可以将使用者从烦琐、无谓的底层编程中解放出来,把有限的宝贵时间更多地花在解决问题中,这样无疑会提高工作效率。目前,MATLAB 已经成为国际上最流行的科学与工程计算的软件工具,现在的 MATLAB 已经不仅仅是一个“矩阵实验室”了,它已经成为了一种具有广泛应用前景的全新的计算机高级编程语言了,有人称它为“第四代”计算机语言,它在国内外高校和研究部门正扮演着重要的角色。MATLAB 语言的功能也越来越强大,不断适应新的要求提出新的解决方法。可以预见,在科学运算、自动控制、科学绘图、通信仿真等领域 MATLAB 语言将长期保持其独一无二的地位。

尤其是在通信领域 MATLAB 更是优势明显,因为通信领域中很多问题是研究系统性能的,传统的方法只有构建一个实验系统,采用各种仪器进行测量得到所需的数据,这样不仅需要花费大量的资金用于实验系统的构建,而且系统构建的周期长,系统参数的调整也十分困难。而 MATLAB 的出现使得通信系统的仿真能够用计算机模拟实现,免去构建实验系统的不便,而且操作十分简便,只需要输入不同的参数就能得到不同情况下系统的性能,而且在结果的观测和数据的存储方面也比传统的方式有很多优势。因而 MATLAB 在通信仿真领域得到越来越多的应用。

MATLAB 的一大特点是提供了很多专用的工具箱和模块库,例如通信工具箱和模块库、数字信号处理工具箱和模块库、控制工具箱和模块库等, MATLAB 在这些工具箱和模块库中提供了很多常用的函数和模块,使得仿真更容易实现。本书重点讲解如何使用 MATLAB 提供的通信和 DSP 工具箱进行通信系统的仿真。从 MATLAB 的基本功能说起,讲解 MATLAB 的基本运算和编程,然后重点讲解 MATLAB 的通信工具箱和数字信号处理工具箱,而且还对通信系统的各部分理论进行了讲解,使读者在掌握 MATLAB 基本用法的基础上,熟悉通信系统并能够使用 MATLAB 进行通信系统的仿真。

本书的特点是由浅入深,从最基本的 MATLAB 操作讲起,即使读者以前没有接触过 MATLAB,也能在本书的引导下一步一步从基本的 MATLAB 操作开始,逐渐掌握 MATLAB 的通信系统仿真。本书的另一特点是实用性,书中详细讲解了 MATLAB 通信

和 DSP 工具箱中的函数用法, 对读者进行 MATLAB 仿真起到很大的指导作用。书中还通过大量的实际系统仿真例子, 帮助读者理解这些函数的用法, 使读者能够熟练地使用它们。

本书适合作为电子通信专业的高年级本科生和研究生的教材或自学辅导书, 也可作为电子通信专业技术人员的参考资料。我们希望通过本书的内容, 首先让读者对 MATLAB 的基本使用有深入的了解, 然后在向读者讲解通信理论的同时, 使读者掌握 MATLAB 的通信仿真。

本书编写由于时间仓促, 难免有疏漏之处, 希望广大读者批评指正。

编 者

2004 年 11 月

目 录

第 1 章	MATLAB 简介	1
1.1	引言	1
1.2	MATLAB 产品族	1
1.2.1	MATLAB 产品族及其相互关系	1
1.2.2	MATLAB 的应用领域	8
1.2.3	MATLAB R13 的新特性	13
1.3	MATLAB 的安装	18
1.3.1	安装 MATLAB 所需的系统配置	18
1.3.2	MATLAB 的安装过程	19
1.3.3	卸载 MATLAB	23
1.3.4	MATLAB 安装目录的结构	24
1.4	MATLAB 快速入门	24
1.4.1	进入和退出 MATLAB	24
1.4.2	使用 MATLAB 桌面	26
1.4.3	搜索路径	29
1.5	使用 MATLAB 的帮助	30
1.5.1	ver 命令的使用	30
1.5.2	help 命令的使用	37
1.5.3	帮助浏览器的使用	39
1.5.4	其他帮助函数	42
第 2 章	MATLAB 的基本操作	43
2.1	矩阵的生成	43
2.1.1	数值矩阵的生成	43
2.1.2	多维矩阵的生成	44
2.1.3	矩阵生成函数	45
2.1.4	利用 M 文件生成矩阵	47
2.2	基本运算符号	48
2.2.1	算术运算符号	48
2.2.2	逻辑运算符号	53
2.2.3	特殊运算符号	55
2.2.4	逻辑函数	58
2.3	基本数学函数	63

2.3.1	常用数学函数	63
2.3.2	函数计算器	68
2.4	随机数的产生	70
第 3 章	M 文件程序设计	74
3.1	M 文件简介	74
3.2	数据类型和运算符	75
3.2.1	数据类型	75
3.2.2	运算符	77
3.3	程序控制语句	80
3.3.1	循环语句	80
3.3.2	条件语句	83
3.3.3	分支转移语句	84
3.3.4	其他控制语句	86
3.4	子函数和变量	88
3.4.1	子函数	88
3.4.2	变量	88
3.5	编写 M 文件精粹	89
第 4 章	MATLAB 的图形显示	91
4.1	图形对象	91
4.1.1	图形对象和图形句柄的概念	91
4.1.2	图形对象的属性	94
4.2	绘制基本图形	98
4.2.1	基本的绘图函数	98
4.2.2	MATLAB 的图形控制	111
4.3	特殊图形的绘制	119
4.3.1	特殊二维图形的绘制	119
4.3.2	特殊三维图形的绘制	126
第 5 章	MATLAB 中与通信仿真有关的部分	133
5.1	用于通信仿真的 MATLAB 模块	133
5.2	通信工具箱	134
5.2.1	通信工具箱简介	134
5.2.2	通信工具箱的函数	134
5.3	滤波器设计工具箱	137
5.3.1	滤波器设计工具箱简介	137
5.3.2	滤波器设计工具箱的函数	137
5.4	信号处理工具箱	140
5.4.1	信号处理工具箱简介	140
5.4.2	信号处理工具箱的函数	141
5.4.3	信号处理工具箱的工具集	147

第 6 章	MATLAB 在信号与系统中的应用	149
6.1	信号时域分析	149
6.1.1	信号的分类	149
6.1.2	几种常用信号	152
6.1.3	信号的运算	163
6.2	线性系统时域分析	164
6.2.1	系统模型及分类	164
6.2.2	线性时不变系统	165
6.2.3	离散线性系统模型	166
6.2.4	卷积	169
6.3	信号的频域分析	170
6.3.1	傅里叶变换及其反变换	170
6.3.2	拉普拉斯变换及其反变换	172
6.3.3	z 变换及其反变换	172
6.3.4	离散余弦变换及其反变换	173
第 7 章	信源与信宿	179
7.1	现代通信系统	179
7.1.1	通信系统的组成	179
7.1.2	通信系统分类	180
7.1.3	通信系统的度量	182
7.2	随机信号产生	183
7.2.1	通信工具箱中的随机信号函数	183
7.2.2	使用统计工具箱	187
7.3	信源编码	193
7.3.1	量化	193
7.3.2	差分脉冲编码调制	196
7.3.3	压扩	200
7.3.4	算术编码	201
7.4	误差分析	203
7.4.1	误比特率与误符号率	203
7.4.2	眼图	208
7.4.3	散点图	211
第 8 章	信道编码的 MATLAB 仿真	214
8.1	分组码的理论基础	214
8.1.1	线性分组码简介	214
8.1.2	循环码简介	215
8.1.3	BCH 码简介	217
8.2	分组码的 MATLAB 仿真	218
8.2.1	分组码 MATLAB 仿真概述	218

8.2.2	码字的表示方法	218
8.2.3	分组码参数的表示方法	222
8.2.4	分组码编译码	226
8.3	卷积码编码器的描述	238
8.3.1	卷积码编码器的多项式描述	238
8.3.2	卷积码的网格描述	239
8.4	卷积码的 MATLAB 仿真	242
8.4.1	卷积码的编码	242
8.4.2	卷积码的译码	243
8.4.3	卷积码仿真举例	245
第 9 章	调制解调的 MATLAB 仿真	248
9.1	调制解调的理论基础	248
9.1.1	调制解调概述	248
9.1.2	模拟调制解调	249
9.1.3	数字调制解调	254
9.2	通带调制解调 MATLAB 仿真	257
9.2.1	模拟通带调制解调 MATLAB 仿真	257
9.2.2	数字通带调制解调 MATLAB 仿真	263
9.3	基带调制解调 MATLAB 仿真	281
9.3.1	模拟基带调制解调 MATLAB 仿真	282
9.3.2	数字基带调制解调 MATLAB 仿真	287
第 10 章	用 MATLAB 进行滤波器设计	292
10.1	滤波器设计概述	292
10.2	滤波器的分析与实现	293
10.2.1	滤波器的分析	293
10.2.2	滤波器的实现	304
10.3	FIR 数字滤波器的设计	309
10.3.1	FIR 数字滤波器的特点和设计方法概述	309
10.3.2	窗函数	310
10.3.3	FIR 数字滤波器的设计函数	315
10.4	IIR 数字滤波器的设计	327
10.4.1	IIR 数字滤波器的特点和设计方法概述	327
10.4.2	模拟低通滤波器的原型	328
10.4.3	IIR 滤波器阶数的估计	330
10.4.4	IIR 滤波器的设计	333
10.4.5	各类模拟滤波器之间的转换	338
10.5	最佳滤波器的设计方法	340
10.5.1	最佳滤波器设计的问题	341
10.5.2	FIR 滤波器的高级设计方法	343

10.5.3 IIR 滤波器的高级设计方法	350
10.6 面向对象的量化的滤波器设计	353
10.6.1 滤波器的量化问题和面向对象的量化滤波器设计的基本概念	353
10.6.2 量化器对象的属性和方法	355
10.6.3 量化滤波器对象的属性和方法	356
10.6.4 量化 FFT 对象的属性和方法	357
参考文献	359

第 1 章 MATLAB 简介

MATLAB 是 Mathworks 公司推出的一套高性能数值计算软件。由于它具有优秀的数值计算能力和卓越的数据可视化能力，因此很快在数学软件中脱颖而出。目前 MATLAB 套装软件的最高版本是 R13。如没有特别说明，本书中所讨论的内容和程序都是基于该版本的。另外，MATLAB 包含两重意思，一是指 MATLAB 套装软件，在本书中称之为“MATLAB 产品族”；二是指用于计算、可视化和编程的集成环境，一般不加标注。

1.1 引言

MATLAB 产品族支持从概念设计，算法开发，建模仿真到实时实现，是理想的集成开发环境。无论是进行科学研究和产品开发，MATLAB 产品族都是必不可少的工具。

MATLAB 产品族可用来进行：

- ① 数据分析；
- ② 数值和符号计算；
- ③ 工程与科学绘图；
- ④ 控制系统设计；
- ⑤ 数字图像信号处理；
- ⑥ 财务工程；
- ⑦ 建模、仿真、原型开发；
- ⑧ 应用开发；
- ⑨ 图形用户界面设计。

MATLAB 产品族被广泛地应用于包括信号与图像处理、控制系统设计、通信、系统仿真等诸多领域。开放式的结构使 MATLAB 产品族很容易针对特定的需求进行扩充，从而在不断深化对问题的认识的同时，提高自身的竞争力。

MATLAB 产品族的一大特性是有众多的面向具体应用的工具箱和仿真块，包含了完整的函数集用来对通信系统、信号图像处理、控制系统、神经网络等特殊应用进行分析和设计。其他的产品则延伸了 MATLAB 的能力，包括数据采集、报告生成、依靠 MATLAB 语言编程产生独立 C/C++ 代码等。

1.2 MATLAB 产品族

1.2.1 MATLAB 产品族及其相互关系

MATLAB 产品族由以下产品构成：

1. MATLAB

MATLAB 是所有 MathWorks 公司产品的数值分析和图形基础环境。MATLAB 将二维图形和三维图形、MATLAB 语言能力集成到一个单一的、易学易用的环境之中。

2. MATLAB Toolbox

MATLAB Toolbox 是一系列专用的 MATLAB 函数库，用于解决特定领域的问题。工具箱是开放的可扩展的，用户可以查看其中的算法，或开发自己的算法。

3. MATLAB Compiler

MATLAB Compiler 将 MATLAB 语言编写的 M 文件自动转换成 C 或 C++ 文件，支持用户进行独立应用开发。结合 Mathworks 提供的 C/C++ 数学库和图形库，用户可以利用 MATLAB 快速地开发出功能强大的独立应用。

4. Simulink

Simulink 是结合了框图界面和交互仿真能力的非线性动态系统仿真工具。它以 MATLAB 的核心数学、图形和语言为基础。

5. Stateflow

Stateflow 与 Simulink 框图模型相结合，描述复杂事件驱动系统的逻辑行为，驱动系统在不同的模式之间进行切换。

6. Real-Time Workshop

Real-Time Workshop 直接从 Simulink 框图自动生成 C 或 Ada 代码，用于快速原型和硬件在回路仿真，整个代码生成可以根据需要完全定制。

7. Simulink Blockset

Simulink Blockset 是专门为特定领域设计的 Simulink 功能块的集合。用户也可以利用已有的块或自己编写的 C 和 MATLAB 程序建立自己的块或库。

MATLAB 产品族中主要产品之间的关系如图 1-1 所示。

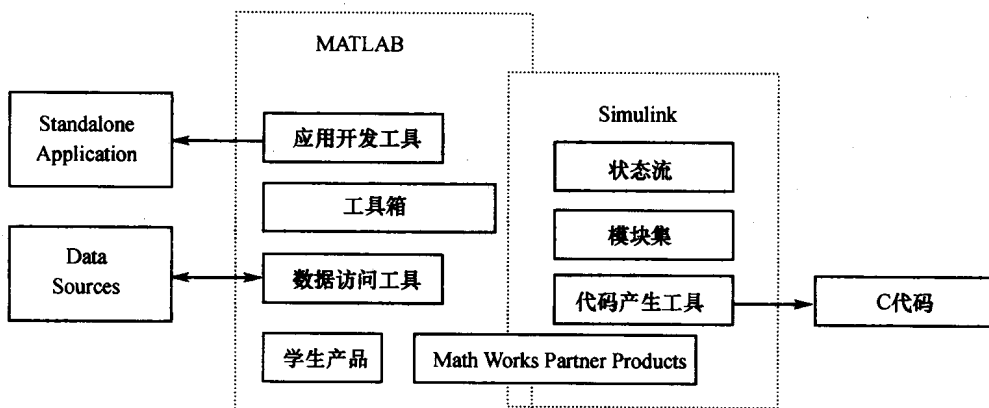


图 1-1 MATLAB 产品族结构

下面详细介绍 MATLAB 产品族中主要产品的内容与特点。

一、MATLAB

MATLAB 集计算、可视化及编程于一身。在 MATLAB 中，无论是问题的提出还是

结果的表达都采用大家习惯的数学描述方法,而不需要用传统的编程语言进行前后处理。这一特点使 MATLAB 成为了数学分析、算法开发及应用程序开发的良好环境。MATLAB 是 MathWorks 产品家族中所有产品的基础。

MATLAB 的主要特点有:

1. 科学计算

MATLAB 拥有 500 多种数学、统计及工程函数,可使用户立刻实现所需的强大的数学计算功能。由各领域的专家学者们开发的数值计算程序,使用了安全、成熟、可靠的算法,从而保证了最大的运算速度和可靠的结果。

2. 先进的可视化工具

MATLAB 提供功能强大的、交互式的二维绘图和三维绘图功能。可使用户创建富有表现力的彩色图形。可视化工具包括:曲面渲染 (Surface Rendering)、线框图,伪彩图、光源,三维等位线图、图像显示、动画、体积可视化等。

MATLAB 提供了 Handle Graphic 图形机制。使用该机制可使用户对图形进行灵活的控制。使用 GUIDE 工具,用户可以方便地使用 Handle Graphics 创建自己的 GUI 界面。

3. 直观灵活的语言

MATLAB 不仅仅是一套打好包的函数库,同时也是一种高级的、面向对象的编程语言。使用 MATLAB 可使用户卓有成效地开发自己的程序。MATLAB 自身的许多函数,实际上也包括所有的工具箱函数,都是用 M 文件实现的。

4. 开放性、可扩展性强

M 文件是可见的 MATLAB 程序,所以用户可以查看源代码。开放的系统设计使用户能够检查算法的正确性,修改已存在的函数,或者加入自己的新部件,包括:

- (1) 运行时动态连接外部 C 或 FORTRAN 应用函数。
- (2) 在独立 C 或 FORTRAN 程序中调用 MATLAB 函数。
- (3) 输入输出各种 MATLAB 及其他标准格式的数据文件。
- (4) 创建图文并茂的技术文档,包括 MATLAB 图形、命令,并可通过 MS-Word 输出。

5. 特殊应用工具箱

MATLAB 的工具箱加强了对工程及科学中特殊应用的支持。工具箱也和 MATLAB 一样是完全用户化的,可扩展性强。将某个或某几个工具箱与 MATLAB 联合使用,可以得到一个功能强大的计算组合包,满足用户的特殊要求。

二、MATLAB 工具箱

为了支持不同的专业领域的用户,MATLAB 还提供了大量的面向专业领域的工具箱。以往需要复杂编程的算法开发任务需要花费很长的时间才能完成,而且调试需要花费更多的时间。而使用 MATLAB 语言和 MATLAB 工具箱,用户可以专注于算法研究,编程只需要几行就可以完成,而且可以很快地画出图形,从而迅速地进行多种算法的比较,从中找出最好的方案。MATLAB 工具箱中的大多数函数都是通过 M 文件编写的,用户可以查看其中的源码,通过适当的修改,便可以形成自己的特殊算法。

1. 数学与分析

- Optimization (优化工具箱)
- Statistics (统计工具箱)

- Neural Network (神经网络工具箱)
- Symbolic Math (符号运算工具箱)
- Extended Symbolic Math (符号运算工具箱增强版)
- Partial Differential Equation (求解偏微分方程)
- Mapping (地图处理工具箱)
- Spline (插值和样条曲线工具箱)
- Curve Fitting (曲线拟合工具箱)

2. 数据获取与导入

- Data Acquisition Toolbox (数据采集)
- Instrument Control Toolbox (仪器控制)
- Database Toolbox (与数据库的接口)
- Excel link (与 Excel 的接口)

3. 信号与图像处理

- Signal Processing (信号处理工具箱)
- Image Processing (图像处理工具箱)
- Communication Toolbox (通信系统分析与设计工具箱)
- System Identification (系统辨识工具箱)
- Wavelet (小波分析工具箱)
- Filter Design Toolbox (滤波器设计工具箱)

4. 控制系统设计与分析

- Control System (经典控制系统工具箱)
- Fuzzy Logic (模糊控制工具箱)
- Robust Control (鲁棒控制工具箱)
- Mu-Analysis and Synthesis (μ 分析与综合)
- LMI Control (矩阵不等式控制)
- Model Predictive Control (模型预估控制)

5. 经济与金融

- Financial Toolbox (财务分析)
- Financial Time Series (金融时间序列分析)
- GARCH (广义自回归条件异方差)
- Datafeed (金融数据实时连接)
- Financial Derivatives (金融衍生物工具箱)

三、MATLAB Compiler

利用 MATLAB Compiler 可以从 M 文件自动产生优化 C 代码。通过将 MATLAB 代码转换为 C 或 C++, 编译器可以有效地加快 MATLAB 应用程序的开发速度和应用程序的运行速度。

其特点主要有:

- (1) 自动将 M 文件转换为高性能 C 或 C++ 代码。
- (2) 有效地提高执行速度, 显著地提高 MATLAB 代码的性能, 如包含 for 或 while 语

句、标量计算，整数或完全是实数的操作。

(3) 当使用 MATLAB 数学库时，可将 MATLAB 代码纳入其他应用程序中。

(4) 产生注释良好的、可移植的 C 代码，便于维护和更新。

(5) 提供代码隐藏功能，用来保护专利算法。

MATLAB 中的矩阵语言和数学函数已经过优化，适于快速数组操作。但其他类型的代码如基于标量的操作，当转换为 C 或 C++ 后，可以明显加速。MATLAB Compiler 使这一转换变得快速而简捷。

通过提供一条自动化的途径，实现从 MATLAB 交互式原型环境到高性能的基于数学的应用程序的转换。MATLAB Compiler 可以节省用户的开发时间。

MATLAB Compiler 可以生成 C 代码的 MEX 文件和供 Simulink 使用的 S-function 文件。MEX 文件是在 MATLAB 环境下调用的可执行 MATLAB 函数，运行时动态连接。当 Simulink 用户使用 Fcn 块调用 MATLAB M 文件时，通过 MATLAB Compiler 编译过的 S-function 可提高计算速度。MATLAB Compiler 产生的独立函数可以嵌入 MATLAB 环境外运行的应用程序中。通过这些独立程序与 MATLAB C 数学库或 MATLAB C++ 数学库的组合，使得 MATLAB 的强大数学计算能力就可成为外部应用程序的数学基础。

使用 MATLAB Compiler 生成独立应用，需要 MATLAB 和 C/C++ Math Library，如果需要图形支持，则还需要 C/C++ Graphics Library，并需要安装系统编译器。

四、Simulink

Simulink 是用来建模、分析和仿真各种动态系统的交互环境，包括连续系统、离散系统和混杂系统。Simulink 提供了采用鼠标拖放的方法建立系统框图模型的图形交互界面。通过 Simulink 提供的丰富的功能块，用户可以迅速地创建系统的模型，不需要书写一行代码。Simulink 还支持 Stateflow，用来仿真事件驱动过程。

1. 交互建模

Simulink 提供了大量的功能块方便用户快速地建立动态系统模型。建模时只需使用鼠标拖放库中的功能块并将它们连接起来。用户可以通过将块组成子系统建立多级模型。对块和连接的数目没有限制。

2. 交互仿真

Simulink 框图提供了交互性很强的非线性仿真环境。用户可以通过下拉菜单执行仿真，或使用命令行进行批处理。仿真结果可以在运行的同时通过示波器或图形窗口显示。有了 Simulink，用户可以在仿真的同时，采用交互或批处理的方式，方便地更换参数来进行“*What-if*”分析。

3. 能够扩充和定制

Simulink 的开放式结构允许用户扩展仿真环境的功能：

(1) 采用 MATLAB、FORTRAN 和 C 代码生成自定义块库，并拥有自己的图标和界面。

(2) 将用户原有 Fortran 或 C 编写的代码连接进来。

4. 与 MATLAB 和工具箱集成

由于 Simulink 可以直接利用 MATLAB 的数学、图形和编程功能，用户可以直接在 Simulink 下完成诸如数据分析、过程自动化、优化参数等工作。工具箱提供的高级设

计和分析能力可以通过 Simulink 的屏蔽手段在仿真过程中执行。

5. 专用模型库 (Blockset)

Simulink 的模型库可以通过专用元件集进一步扩展。DSP Blockset 可以用于 DSP 算法的开发, Fixed-Point Blockset 扩展了 Simulink, 用于建立和模拟数字控制系统和数字滤波器。

五、Stateflow

Stateflow 提供了图形工具帮助用户设计和分析事件驱动系统。Stateflow 基于有限状态机理论, 能够建立和仿真复杂的反应和事件驱动系统。这样, Simulink 的用户可以在他们的模型之中描述事件驱动行为。通过 Simulink 和 Stateflow, 用户可以在统一的环境下设计、建立和仿真整个嵌入式系统的行为。

Stateflow、Simulink 和 MATLAB 联合使用生成独特的集成的仿真环境, 可以建模、仿真和分析复杂系统。

1. 图形建模和仿真复杂的响应系统和事件驱动系统

Stateflow 是一个创建和仿真复杂响应系统的工具。Stateflow 以独特的方式将有限状态机理论、状态图、流程图符号等结合起来, 使用户能够快速将事件驱动系统利用图形的方式表达出来。可以用流程图方便地对程序结构进行描述, 如 for 循环和 if-then-else 语句, 而这往往超出了其他图形编程环境的能力。

2. 有限状态机理论应用于实际

Stateflow 除包含了状态转移和状态图表示的优点外, 还加入了许多创新, 包括流程图和高效的 C 代码生成。这些特性使得 Stateflow 成为开发嵌入式系统的理想工具, 并成功地应用于汽车、宇航、通信等领域。

3. 与 Simulink 无缝集成

Stateflow 与 Simulink、MATLAB 结合得非常紧密。Simulink 使用图形方式建立系统框图, 支持对连续和离散动态系统的仿真。而 MATLAB 提供了数据访问、高级编程和可视化工具。

4. 可选代码生成工具

用户可以选择代码生成工具 Stateflow Coder。用户可以单独使用 Stateflow Coder 生成的代码, 也可以将其同 Real-Time Workshop 生成的代码集成起来。

5. 为嵌入系统应用生成高效率的代码

Stateflow 直观的图形符号和丰富的语义表达使用户能够优化代码生成的质量。通过调整系统的图形表达, 用户可以优化 Stateflow 图, 从而影响所生成代码的速度、大小或花费的内存。

6. Simulink 条件执行子系统功能强大的补充

Stateflow 和 Simulink 结合, 能够对复杂系统的行为方式进行描述。结合 Simulink 中的条件执行子系统功能, 用户可以采用 Stateflow 框图建立监控逻辑, 有选择性地激活或禁止子系统。

六、Real-Time Workshop

Real-Time Workshop 直接将 Simulink、Stateflow、DSP Blockset 和 Communication Blockset 建立的模型自动生成代码(若模型包含 Stateflow 图时还需要有 Stateflow Coder)。

Real-Time Workshop 支持绝大多数的计算平台, 对计算动态系统模型进行分析。它所支持的快速原型的方法能够使用户在设计早期纠正设计缺陷以及定位过程的瓶颈。

通过 Real-Time Workshop, 用户能够为嵌入式控制系统和 DSP 应用迅速生成 C 代码。它支持连续时间、离散时间、混杂系统、带触发使能的子系统、带事件驱动行为的系统。

1. 快速建立原型

Real-Time Workshop 能够使用户快速实施用户的设计, 不需要费力地编写代码和调试。通过目标硬件平台检验用户的设计, 大大地提高工作效率。

2. 嵌入实时代码生成

一旦通过 Simulink 或 DSP Blockset 设计好系统, 就可以为实时控制器或数字信号处理器生成代码, 交叉编译, 连接并下载到目标处理器上。Real-Time Workshop 支持自制或商用硬件。

3. 实时仿真

通过 Real-Time Workshop, 用户可以为整个系统生成代码, 进行硬件在回路仿真。

4. 独立仿真

仿真可以独立地在用户的主机上进行, 或传输到其他系统上远程运行。仿真的输出可以很容易地在 MATLAB 中打开, 做进一步的分析或图形显示。

5. 目标语言编译器

通过编辑 TLC 文件, 用户可以增强代码的功能, 调试和优化代码的性能, 提高使用内存的效率。用户也可以改写软件内置的元件, 或进行一些改动来影响整个模型的代码生成。

6. 开放并且可扩充

通过定制设备驱动和实时接口文件, 及相应的交叉编译器, 用户可以在不同的目标处理器上运行生成的 C 代码。

7. 为第三方的产品提供快速原型解决方案

Real-Time Workshop 很多的第三方软件和硬件产品完全兼容。例如, Real-Time Workshop 可以与 Mathworks 的合作伙伴德国 dSPACE 公司的产品联合使用。DSPACE 硬件产品包括多种单处理器、多处理器的解决方案和 I/O 板, 其中有 Texas Instruments 的 C31、DSP、C40 DSP、DEC Alpha 处理器等。

七、Simulink Blocksets

作为 Simulink 建模系统的补充, MathWorks 公司开发了专用功能块程序包。如 DSP Blockset 和 Communication Blockset 等。通过使用这些程序包, 用户可以迅速地对系统进行建模与仿真。更重要的是, 用户还可以对系统模型进行代码生成, 并将生成的代码下载到不同的目标机上。

可以说, MathWorks 为用户从算法设计, 建模仿真, 一直到系统实现提供了完整的解决方案。而且, 为了方便用户系统的实施, MathWorks 公司还开发了实施软件包, 如 TI 公司和 Motorola 公司开发工具包, 以方便用户进行目标系统的开发。

常用的 Simulink Blockset 有:

- DSP Blockset (数字信号处理工具)
- Fixed-Point Blockset (定点运算控制系统仿真)

- Power System Blockset (电力电动系统库)
- Dials & Gauges Blockset (交互图形和控制面板设计工具)
- Communications Blockset (通信系统工具)
- CDMA Reference Blockset CDMA (CDMA 通信系统设计和分析)
- Nonlinear Control Design Blockset (非线性控制设计工具箱)
- Motorola DSP Developer's Kit (Motorola DSP 开发工具)
- TI DSP Developer's Kit (TI DSP 开发工具)

1.2.2 MATLAB 的应用领域

MATLAB 的主要应用领域包括:

- 仿真和建模
- 实时仿真
- 自动控制
- 信号处理与通信
- 数据分析/科学计算
- 算法开发
- 图形和可视化法
- 独立应用开发
- 其他领域

一、建模与仿真

Simulink、Stateflow 和 Blocksets MATLAB 提供了一个集成的交互图形化动态系统模型环境。强大的仿真能力能够对离散、连续、条件执行、事件驱动、多速率、混杂系统等进行分析。结合 MATLAB 强大的数据分析和数值计算能力,它们提供了独一无二的分析和设计能力。

MathWorks 提供一系列用于仿真和建模的产品,包括:

(1) 大量的高性能的函数,供数学计算、数据分析、方程求解、可视化使用,所有这些都作为 MATLAB 内核的组成部分。

(2) 面向具体应用的工具箱,使用户能够快速地对跨学科的应用进行仿真和建模,而且只需要很少的编程。MATLAB 的简洁性使编程和维护变得容易。

(3) Simulink 和 Stateflow 提供了一个建立复杂控制、DSP、顶层逻辑的图形设计环境。构筑于 MATLAB 之上,这些工具可以调用任何 MATLAB 函数,包括用户自编写程序。这样用户可以充分结合两者的优点。甚至工具箱函数也可以结合到 Simulink 框图之中。

二、代码生成与实时仿真

1. Real-Time Workshop 和 Stateflow Coder

Real-Time Workshop 和 Stateflow Coder 直接从 Simulink 框图和 Stateflow 状态图生成高效优化的代码。整个代码的生成、编译及下载过程只需通过简单的操作就可以完成。MathWorks 代码生成工作可以针对不同的实时操作系统、商品化硬件板和自主开发的硬件进行配置。图 1-2 是 RTW 仿真过程。