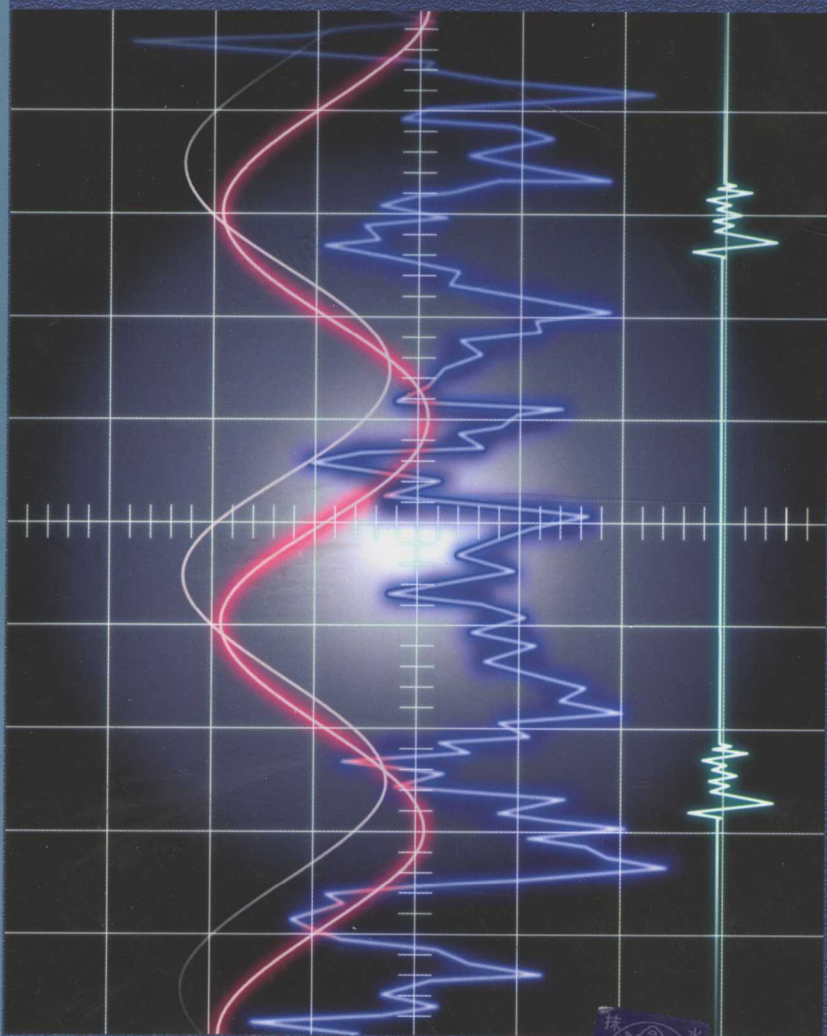


MATLAB 7.0/Simulink 6.0

建模仿真开发与高级工程应用

黄永安 马路 刘慧敏 编著



清华大学出版社

MATLAB 7.0/Simulink 6.0 建模仿真 开发与高级工程应用

黄永安 马 路 刘慧敏 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

MATLAB/Simulink 是功能强大的仿真软件。本书对整个 Simulink 系统进行了较为全面的介绍。其中包括 Simulink 的使用方法、Simulink 的开发和工程计算问题、Stateflow 原理与使用技巧、SimMechanics 机构系统和 SimPowerSystems 电力系统的应用等内容。

本书内容丰富, 涉及多个专业领域, 是一本难得的系统的工程书籍, 能够帮助读者更好地解决问题, 可以作为在校大学生、研究生、教师和科研人员的参考手册, 亦可作为广大工程技术人员的参考用书。

版权所有, 翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术, 用户可通过在图案表面涂抹清水, 图案消失, 水干后图案复现; 或将表面膜揭下, 放在白纸上用彩笔涂抹, 图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 7.0/Simulink 6.0 建模仿真开发与高级工程应用/黄永安, 马路, 刘慧敏编著.—北京: 清华大学出版社, 2005.12

ISBN 7-302-11796-9

I. M… II. ①黄…②马…③刘… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB 7.0、Simulink 6.0 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 104528 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 刘建龙

文稿编辑: 宣 颖

排版人员: 朱 康

印 装 者: 北京国马印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 23 字数: 546 千字

版 次: 2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11796-9/TP·7674

印 数: 1~4000

定 价: 32.00 元

前 言

计算机仿真目前已经成为解决工程实际问题的重要手段, MATLAB/Simulink 软件已经成为其中功能最强大的仿真软件之一。而仿真领域的重点是建立模型, 即在模型建立以后再设计合理的算法对模型进行计算。Simulink 建模与一般程序建模相比更为直观, 操作也更为简单, 不必记忆各种参数——命令的用法, 只要用鼠标就能够完成非常复杂的工作。Simulink 不但支持线性系统仿真, 还支持非线性系统仿真; 不但支持连续系统仿真, 还支持离散系统甚至混合系统仿真; 不但本身功能非常强大, 而且还是一个开放性体系, 可以自己开发模块来增强 Simulink 自身的功能。对于同一个系统模型, 利用 Simulink 可以采用多个不同的采样速率, 不但能够实时地显示计算结果, 还能够显示模型所表示实物的实际运动形式。

较为完整且系统地介绍 MATLAB/Simulink 强大仿真功能的教材还非常少, 多数只是偏重介绍某一方面的应用, 或者并没有涉及其中的工具箱。为此, 本书详细地介绍了 MATLAB/Simulink 的使用, 不但介绍了 Simulink 的基本使用方法、高级应用和开发, 而且还介绍了 Simulink 中高级工具箱的使用。

本书的最大特色就是系统地介绍 Simulink, 实例丰富, 讲解深入浅出。某些比较难以理解的章节, 都是伴随工程实例的仿真过程讲解的, 使读者能够轻松入门, 学以致用。

在欧美的高等院校中, 掌握 MATLAB 的应用已经成为大学生、研究生和教师的必备技能, 其中 Simulink 更是其中较为深层次的应用。国内的高等院校也开设了 MATLAB 课程, 而且网络社区也非常繁荣。在这种情况下, 结合本人开设论坛的经验和实际中遇到的问题, 以及在学习 MATLAB 的过程中的经验和体会编写了本书, 主要介绍 Simulink 的强大仿真功能和使用方法。

本书内容

第 1 章~第 6 章主要介绍 Simulink 的使用方法, 如模块的功能、调用、修改和仿真的实现。这是教材的基本内容, 主要针对没有 Simulink 基础的读者, 使其能够快速入门。

第 7 章~第 10 章介绍 Simulink 的高级使用方法, 如 Simulink 的数值计算、子系统封装技术等, 并配以工程实例。掌握这一部分就基本上可以进行一般的计算和仿真工程。

第 11 章~第 13 章主要讲解 Simulink 的开发和工程计算问题, 如 S-function 的开发、函数的回调、动画输出。

第 14 章~第 20 章系统地讲解了 Stateflow 原理与使用技巧、Simulink Control Design、控制系统仿真、神经网络控制、Real-Time Workshop、SimMechanics 机构系统应用。

本书内容比较专业, 能够帮助读者更好地解决使用 Simulink 过程中遇到的问题, 可以作为在校大学生、研究生、教师和科研人员以及广大工程技术人员的参考用书。

本书主要由黄永安、马路和刘慧敏负责完成, 其中黄永安负责第 7、8、9、12、14、17、18、19 章, 马路负责第 1~6 章, 刘慧敏负责第 10、11 章, 其余各章由教师们共同完成。最后由黄永安和徐斌对整体进行协调, 保证各章的连续性和相对的独立性。

如果有任何技术问题,欢迎大家到动力学与控制技术论坛 <http://www.dytrol.com> 进行交流,相信您能够得到满意的答复。也欢迎 MATLAB 爱好者来这里展现您的能力。

由于编者能力有限且时间仓促,虽然在多个 PC 机上经过反复验算,但书中仍难免有疏漏之处,希望广大读者批评指正。

黄永安

目 录

第 1 章 Simulink 基础与入门..... 1	
1.1 Simulink 功能介绍..... 1	
1.1.1 交互式仿真工具..... 1	
1.1.2 图形化动力学系统建模工具..... 2	
1.1.3 Simulink 的扩展功能..... 2	
1.1.4 Simulink 专用模块库与 相关产品..... 3	
1.2 房屋热传递演示模型..... 3	
1.2.1 运行演示模型..... 3	
1.2.2 演示模型描述..... 4	
1.3 质量弹簧系统演示模型..... 6	
1.4 更多演示实例..... 7	
1.4.1 Simulink 模型演示实例..... 8	
1.4.2 MATLAB 中有趣的 演示实例..... 8	
1.5 设置 Simulink 显示参数..... 10	
第 2 章 Simulink 建模方法..... 13	
2.1 打开模型..... 13	
2.2 模块操作..... 13	
2.2.1 调整模块大小..... 13	
2.2.2 模块旋转..... 14	
2.2.3 模块复制..... 15	
2.2.4 模块删除..... 15	
2.2.5 选择多个目标模块..... 16	
2.2.6 标签设置..... 16	
2.2.7 增加模块阴影..... 17	
2.3 模块连线操作..... 18	
2.4 模型说明..... 21	
2.5 模型打印..... 23	
2.6 模型文件..... 24	
第 3 章 Simulink 运行仿真..... 27	
3.1 Simulink 模型窗口运行模式..... 27	
3.1.1 窗口仿真基本操作..... 27	
3.1.2 仿真参数设置..... 29	
3.2 设置仿真性能与计算精度..... 40	
3.2.1 Simulink 加速仿真..... 41	
3.2.2 Simulink 提高精度..... 41	
3.2.3 MATLAB 加速计算..... 42	
第 4 章 Simulink 模块库..... 46	
4.1 模块库简介..... 46	
4.2 常用模块组..... 48	
4.3 连续模块组..... 49	
4.4 离散模块组..... 50	
4.5 非连续模块组..... 51	
4.6 逻辑运算模块组..... 51	
4.7 函数与表格模块组..... 54	
4.8 数学运算模块组..... 54	
4.9 端口与子系统模块组..... 57	
4.10 信号通道模块组..... 58	
4.11 信号接受模块组..... 59	
4.12 信号源模块组..... 59	
4.13 用户自定义模块组..... 61	
第 5 章 Simulink 模型调试..... 62	
5.1 打开 Simulink 调试器..... 62	
5.1.1 窗口调试方式..... 62	
5.1.2 命令行调试..... 64	
5.2 进行模型仿真与调试..... 65	
5.3 断点设置..... 68	
5.3.1 无条件中断..... 68	
5.3.2 条件中断..... 69	
5.4 显示仿真信息..... 70	
5.4.1 显示模块输入输出信息..... 70	
5.4.2 显示代数环信息..... 71	
5.4.3 显示系统状态..... 72	
5.4.4 显示积分信息..... 73	
5.5 显示模型信息..... 73	

5.5.1 显示模型中模块的执行顺序...	73	第 9 章 连续系统、离散系统和混合系统.....	123
5.5.2 显示模型中的非虚拟系统.....	73	9.1 连续系统建模.....	123
5.5.3 显示具有过零点的潜在模块...	74	9.1.1 线性系统.....	123
5.5.4 显示代数环	74	9.1.2 非线性系统.....	131
5.5.5 显示调试器状态.....	75	9.2 离散系统建模.....	131
第 6 章 Simulink 模型仿真.....	76	9.2.1 模块介绍.....	131
6.1 仿真的基本过程.....	76	9.2.2 离散系统实例.....	132
6.2 对单自由度系统进行仿真.....	77	9.3 离散-连续混合系统建模.....	136
6.3 多自由度系统进行仿真.....	80	第 10 章 Simulink 命令仿真.....	140
6.4 利用 Simulink 中的 If 条件模块.....	82	10.1 使用命令方式建立系统模型.....	140
6.5 利用 Simulink 求解微分-代数方程.....	85	10.2 用 MATLAB 命令运行 Simulink 模型.....	148
第 7 章 Simulink 子系统封装技术.....	87	10.3 非线性模型的线性化.....	149
7.1 Simulink 子系统简介.....	87	第 11 章 S 函数的建立与应用.....	154
7.1.1 建立子系统	87	11.1 S 函数介绍	154
7.1.2 子系统的基本操作.....	89	11.2 在模型中使用 S-Functions.....	155
7.2 Simulink 高级子系统应用.....	89	11.2.1 S 函数的调用	155
7.2.1 触发子系统	89	11.2.2 S 函数所起的作用	158
7.2.2 使能子系统	92	11.3 S 函数工作原理.....	158
7.2.3 触发使能子系统.....	93	11.3.1 模型的数学模型	158
7.2.4 Switch Case 和 Switch Case Action Subsystem 子系统.....	96	11.3.2 仿真过程	158
7.3 Simulink 精装子系统.....	98	11.3.3 S 函数回调方法	159
7.3.1 封装子系统	99	11.4 M 文件 S 函数的编写	160
7.3.2 编辑封装子系统.....	100	11.5 M 文件 S 函数模板	161
7.3.3 联系封装子系统的参数与子系统模块参数.....	107	11.6 M 文件 S 函数简单实例	164
7.4 精装子系统实例.....	108	11.7 连续, 离散和混合系统 M 文件 S 函数	169
7.5 Simulink 模块库技术.....	111	11.7.1 连续系统	169
7.5.1 模块库	111	11.7.2 离散系统	171
7.5.2 建立模块库	111	11.7.3 混合系统	173
7.5.3 库模块与引用块的关联.....	112	11.8 C 语言编写 S 函数模板.....	175
7.5.4 可配置子系统.....	114	11.8.1 C 语言编写 S 函数模板.....	175
第 8 章 Simulink 数值计算.....	115	11.8.2 C 文件 S 函数倍增实例.....	177
8.1 微分方程求解器 Solver.....	115	11.8.3 连续状态方程	179
8.2 刚性方程求解实例.....	116	11.8.4 离散状态方程	181
8.3 Simulink 仿真中的代数环问题	118	11.8.5 混合系统	183

第 12 章 回调函数186	第 16 章 Stateflow 原理与应用 236
12.1 回调函数基础.....186	16.1 关于 Stateflow 236
12.2 使用回调函数.....187	16.2 运行 Stateflow 237
12.3 模型结构命令.....188	16.2.1 Stateflow 嵌入
12.4 深入理解回调函数.....191	Simulink 中..... 237
12.5 回调函数实例.....193	16.2.2 通过 Stateflow 来表示
12.6 基于回调的图形用户界面.....194	控制模型 239
12.6.1 图形用户界面设计的	16.2.3 通过迁移来改变 Stateflow
基本原则.....194	状态 240
12.6.2 建立动态对话框	16.2.4 通过事件来激发
实例.....195	Stateflow 241
第 13 章 图形动画197	16.2.5 Stateflow 通过连接来
13.1 动画显示的初始化.....197	选择目标 242
13.2 动画的更新198	16.2.6 Stateflow 使用数据变量 242
13.3 单摆动画显示实例.....198	16.3 为目标生成 C 代码 242
第 14 章 SimPowerSystems 在电路	16.4 利用状态和迁移进行控制..... 244
仿真中的应用200	16.5 进行 Stateflow 图表仿真..... 248
14.1 SimPowerSystems 模块库.....200	16.5.1 定义模型仿真参数 249
14.2 模拟电路仿真实例.....204	16.5.2 Stateflow 图表仿真的
14.2.1 建立电路模型.....204	基本步骤 250
14.2.2 分析电路模型.....208	16.5.3 仿真过程中的调试 252
第 15 章 Simulink 控制设计工具箱215	16.6 Stateflow 常用命令 256
15.1 Simulink 控制系统设计215	16.7 Stateflow 仿真实例 256
15.2 线性化模型216	第 17 章 SimMechanics 机构
15.3 磁力球模型线性化实例.....216	系统应用 262
15.3.1 磁力球模型示意图216	17.1 关于 SimMechanics 262
15.3.2 磁力球模型方程.....216	17.1.1 SimMechanics 的概念..... 262
15.3.3 创建或打开一个 Simulink	17.1.2 SimMechanics 的功能..... 263
模型.....217	17.2 SimMechanics 模块 263
15.3.4 开始线性化工程218	17.3 建立一个简单的机构实例 267
15.3.5 配置一个线性化模型219	17.3.1 创建 SimMechanics 模型.... 267
15.3.6 确定工作点221	17.3.2 建立一个单摆模型 269
15.3.7 线性化模型.....228	17.4 单摆运动可视化..... 277
15.3.8 线性化模块230	17.5 四连杆结构仿真实例 280
15.3.9 分析结果.....230	第 18 章 VRT 虚拟现实工具箱 288
15.3.10 导出并保存工程234	18.1 Virtual Reality Toolbox 介绍..... 288
	18.2 Virtual Reality Toolbox 功能..... 289

18.3 安装 Virtual Reality Toolbox	291	19.1.1 模块介绍	310
18.3.1 安装工具箱	291	19.1.2 模块的生成	312
18.3.2 修改默认浏览器	292	19.2 模型参考控制理论与实例	316
18.3.3 设定默认浏览器虚拟 环境	293	19.2.1 模型参考控制理论	316
18.4 安装 VRML 编辑器	295	19.2.2 模型参考控制实例分析	316
18.4.1 在 Windows 操作系统中 安装 VRML 编辑器	296	19.3 模型预测控制理论与实例	321
18.4.2 设定默认编辑器虚拟 环境	296	19.3.1 系统辨识	321
18.5 VRT 虚拟现实工具箱与 Simulink 接口	299	19.3.2 模型预测	322
18.5.1 添加 Virtual Reality Toolbox 模块	299	19.3.3 模型预测控制实例	322
18.5.2 修改与 Simulink 模块 连接的虚拟世界	302	第 20 章 Real-Time Workshop	326
18.6 VRML 编辑工具	303	20.1 Real-Time Workshop 简介	326
18.7 VRT 虚拟现实实例	304	20.2 生成普通的实时程序	329
18.8 小结	309	20.2.1 打开演示程序	329
第 19 章 神经网络控制	310	20.2.2 实例演示	330
19.1 Neural Network Blockset 模块库	310	20.3 产生代码	338
		20.4 外部模式	343
		20.5 引用模型代码生成	348
		参考文献	355
		推荐网络资源	355

第 1 章 Simulink 基础与入门

MATLAB 功能强大，可方便地进行科学与工程计算，大大地减小了计算工作量。而且，MATLAB 所采用的算法都是最新最成熟的算法，并能够与各种程序语言进行融合编程，大大地加快了实际开发的速度。Simulink 是一个针对动力学系统建模、仿真和分析的软件包，可以与 MATLAB 实现无缝结合，能够调用 MATLAB 强大的函数库。

通过本章的基本介绍和实例演示，可使读者对 Simulink 的使用和功能有一个初步的了解，有助于读者消除对 Simulink 的陌生感，加快 Simulink 的上手速度。

本书所有章节的例子都是基于 Microsoft Windows XP 系统、MATLAB7.0 和 Simulink 6.0。

本章主要包括：

- Simulink 功能介绍
- 房子热传递模型演示模型
- 质量弹簧系统演示模型
- 演示实例
- 设置 Simulink 显示参数

1.1 Simulink 功能介绍

本书所要介绍的 Simulink 是一种图形化仿真工具包，能够进行动态系统建模、仿真和综合分析，可以处理线性和非线性系统，离散、连续和混合系统，以及单任务和多任务系统，并在同一系统中支持不同的变化速率。

1.1.1 交互式仿真工具

Simulink 具有非常高的开放性，提倡将模型通过框图形式表示出来，或者将已有的模型添加组合到一起，或者将自己创建的模块添加到模型当中。Simulink 具有较高的交互性，允许随意修改模块参数，并且可以直接无缝地使用 MATLAB 的所有分析工具。对最后得到的结果可进行分析，并能够将结果可视化显示。Simulink 的一个意图就是让用户在使用 Simulink 的同时能够感受到建模与仿真的乐趣。通过这个平台，可以激发用户不断地提出问题，对问题进行建模。

Simulink 提供了大量的模块，方便用户快速地建立动态的系统模型，只需用鼠标进行简单的拖放和模块间的连接，就能够建立非常复杂的仿真模型，对模型中的连接数量和规模没有限制。

Simulink 非常实用，应用领域很广，可使用的领域包括航空航天、电子、力学、数学、通信、影视和控制等。世界各地的工程师都在利用它来对实际问题建模，解决问题。

1.1.2 图形化动力学系统建模工具

利用 Simulink 工具包可以不受线性系统模型的限制,能够建立更加真实的非线性系统,如在系统中考虑摩擦力、空气阻力、齿轮滑动等。它会将计算机变成一个建模与分析系统的实验室,特别是对于那些无法做实验的系统,如客机机翼的颤动、生物链系统和货币供给系统等。

对于建模, Simulink 提供了非常方便的图形建模方式(GUI),通过单击和拖放鼠标搭建框图来完成仿真模型的建立。通过 Simulink 提供的窗口,搭建框图就如同用铅笔在白纸上画图一样方便快捷。与以前将微分方程写成某种语言或程序相比,这无疑是一个创举。Simulink 包括非常全面的模块库及工具箱。模块库包括 sinks、sources、linear 和 nonlinear components 以及 connectors。工具箱包括 Real Time Workshop、SimMechanics、Stateflow、Simulink Control Design 和 Virtual Reality Toolbox 等。而且 Simulink 是非常开放性的程序包,用户可以自己方便地建造自己的模块库,定制满足特殊功能的模块或者模块组,后面相关章节有详细的介绍。

模块都是分等级的,所以可以采用从上到下或者从下到上的顺序建模。可以从起点开始建模,然后依次将其连接,最后按顺序双击所要使用的模块进行参数设置。这种建模方法思路清晰,对各模块的相互作用和组织形式一目了然。

在建立好模型之后和运行仿真之前,必须对模型进行参数设置。仿真所需要的模型参数可以通过 MATLAB 命令窗口或者 Simulink 菜单来进行设置。这两种方法各有千秋,前者适合批处理多个仿真,而后者直观方便。设置模块参数可以双击相应模块,在弹出对话框中进行参数设置。仿真完成后,使用 Scope 或 XY Graph 等模块来显示结果,还可以直接将结果输出到 MATLAB 的工作空间,然后利用各种图像处理函数来处理结果。Simulink 除了能够将数据导出到 MATLAB 工作空间中,还可以将 MATLAB 工作空间中的数据导入到 Simulink 模型中。

模型分析工具包括线性化和精简工具,这些都可在 MATLAB 的命令中直接实现。由于 MATLAB 和 Simulink 是集成的,所以既可以在 MATLAB 命令空间,也可以在 Simulink 平台下对模型进行仿真、分析和修正。MATLAB 主要是以键盘输入命令的形式调试运行模型,而 Simulink 主要是通过鼠标设置参数对话框来调试运行模型的。

1.1.3 Simulink 的扩展功能

Simulink 是一个开放式结构体系,允许用户自己开发各种功能的模块,无限制地添加到 Simulink 环境中,以满足不同任务的具体要求。

可以采用以下方式来增强 Simulink 的模块功能:

- 采用 MATLAB 的 M 文件、Fortran 以及 C 代码生成自定义模块。
- 利用 Simulink 本身来建立子系统,封装为一个自定义模块。
- 将 Simulink 与开发好的 S 函数无间隙连接起来,完成复杂的功能。
- 将原有的 Fortran 和 C 代码连接起来。
- 其他大型工程软件衔接的接口,如 Adams 结构仿真软件,可以实现利用

Simulink 对 Adams 中结构的控制。

- 有很多第三方开发的工具箱。
- 很多软件都留有与 MATLAB 方便连接的接口, 如 Femlab、Labview 等, 使 Simulink 能够非常方便地利用这些软件中的信息以及被这些软件所调用。

1.1.4 Simulink 专用模块库与相关产品

MathWorks 公司针对 Simulink 自己开发或收购了一系列的产品来加强 Simulink 的功能, 使得 Simulink 能够满足不同行业不同任务的要求。这些产品包括 Neural Network Blockset、SimPowerSystems、Real Time Workshop、SimMechanics、Stateflow 以及 Virtual Reality Toolbox 等, 具体可见: <http://www.mathworks.com/products/simulink/related.html>。

为丰富 Simulink 建模系统, MathWorks 公司开发了许多有特殊功能的模块程序包, 如 Fixed-Point Blockset 和 Communication Blockset 等。利用这些功能强大的程序包, 使得用户能够非常方便地建立模型或者完成系统分析。除此之外, 还能够将建立的 Simulink 模型生成代码, 以便实时控制等。

常用的 Simulink Blockset 有:

- CDMA Reference Blockset (CDMA 通信系统设计与分析)
- Communication Blockset(通信系统工具箱)
- Dials & Gauges Blockset(交互式图形和控制面板设计工具箱)
- DSP Blockset(数字信号处理工具箱)
- Fixed-Point Blockset(定点运算控制系统工具箱)
- Motorola DSP Developer's Kit(Motorola DSP 开发工具)
- Nonlinear Control Design Blockset(非线性控制设计工具箱)
- SimPowerSystems(电力电动工具箱)
- TI DSP Developer's Kit(TI DSP 开发工具)
- SimMechanics(机构仿真)
- Neural Network Blockset(神经网络)
- Stateflow(流程控制)
- Real Time Workshop(实时系统)

1.2 房屋热传递演示模型

Simulink 帮助中提供了一些有趣、复杂、实用的演示模型, 在此列举一个关于房屋热力学问题的系统, 简单了解一下 Simulink 的运行过程及其功能。

1.2.1 运行演示模型

模型的创建与设置将会在以后的章节中详细介绍, 运行模型的操作步骤如下。

- (1) 启动 MATLAB。
- (2) 在 MATLAB 命令窗口输入:

>> thermo

直接打开演示程序模型窗口，这个命令会启动 Simulink，打开模型如图 1.1 所示。

(3) 在第(2)步中，打开模型的同时会弹出 Thermo Plots 的 Scope 窗口。如果在弹出时关闭了，可以通过双击图 1.1 中最右侧的 Thermo Plots 模块重新打开。

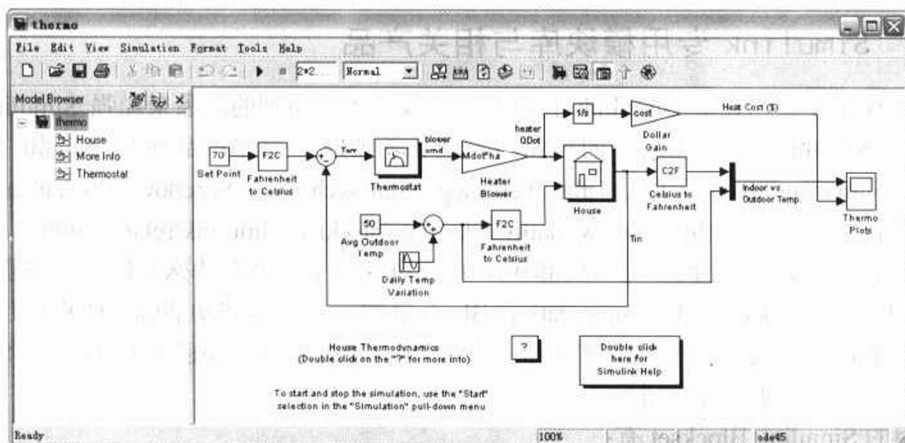


图 1.1 房屋热传递演示模型

(4) 进行仿真。

可通过 4 种方式运行仿真：

- 在 Simulink 中选择 Simulation | Start 命令；
- 按 Ctrl+T 快捷键；
- 单击图标 ；
- 在 MATLAB 命令窗口输入：

```
>>sim('thermo.mdl')
```

(5) 运行后，Simulink 中的结果如图 1.2 所示。

(6) 如果要暂停或结束仿真，有两种方法：

- 在 Simulink 中选择 Simulation | Stop 命令；
- 单击图标  表示暂停，单击图标  表示结束。

(7) 程序运行完毕后，可在 Simulink 中选择 File|Close 命令来关闭。

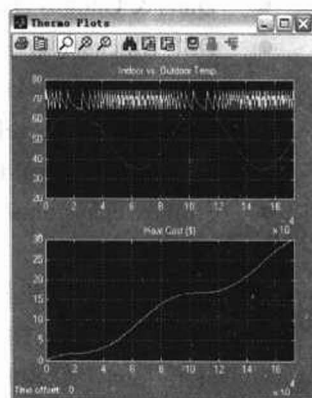


图 1.2 仿真结果

1.2.2 演示模型描述

模型是对房屋热力系统进行的建模仿真，温度调节装置设定为 70°F ，但受到室外温度的影响，室外温度为 $50+15\sin(2\times\pi/(24\times 3600)\times t)^{\circ}\text{F}$ ，仿真结果是房屋内一天温度变化。

为了简化模型，对模型有一个清晰的认识，本系统采用了 3 个子系统，每个子系统都由若干模块组合而成。这 3 个子系统分别为：

- Thermostat 子系统
- House 子系统

- 3 个温度转换子系统

首先将室内和室外的温度输入到 House 子系统，然后更新室内的温度。双击 House 子系统可得如图 1.3 所示的模型。

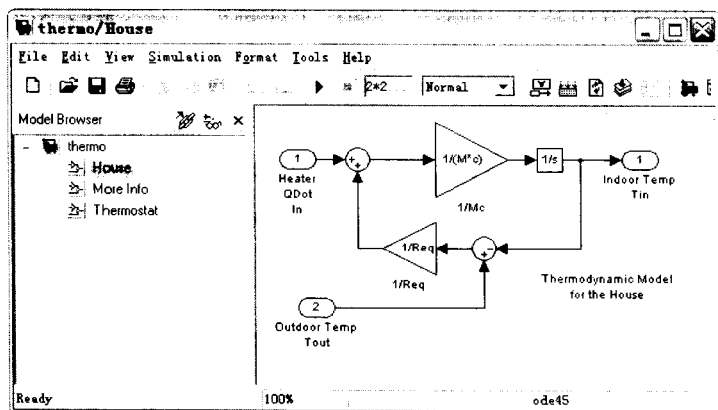


图 1.3 House 子系统模型

Thermostat 子系统是对温度调节器进行建模，设置开与关。双击 Thermostat 子系统可得到如图 1.4 所示模型。室内室外的温度都必须从华氏度($^{\circ}\text{F}$)转换到摄氏度($^{\circ}\text{C}$)，转换公式： $C=5 \times (F-32)/9$ 。在图 1.1 中双击 Celsius to Fahrenheit 模块会弹出如图 1.5 所示的对话框。图 1.5 是被精细封装的子系统，在后面的章节会讲解如何创建封装子系统，此子系统详细构造如图 1.6 所示。

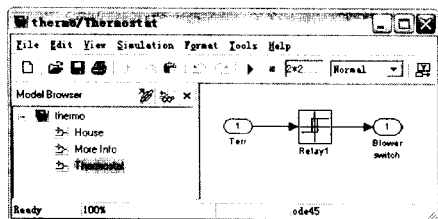


图 1.4 Thermostat 子系统模型

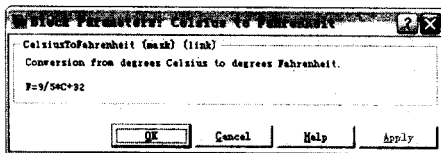


图 1.5 温度转换精细封装子系统

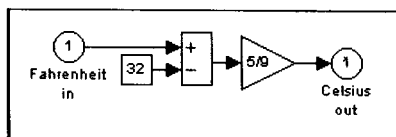


图 1.6 温度转换子系统构造

1.3 质量弹簧系统演示模型

Simulink 已经广泛应用到科研的各个方面, 下面就是一个典型的双质量弹簧系统, 在光滑平面上受一个周期作用力情况下的运动状态。在左边的质量块上作用一个周期激励, 在此模型中使用了状态判断和 LQR 控制。此模型用一个 S 函数编写的程序来显示系统的运动动态图形。

模型中包含了封装子系统, 如图 1.7 中所示的 Animation function 模块, 可以双击相应的模块, 打开对话框或子系统窗口。再次双击模块 Animation function, 可以看到如图 1.8 所示对话框, 此对话框将设置用动画来显示仿真结果, 其中 crtanim2 就是显示动画的 S 函数名称。仿真结果的动画显示如图 1.9 所示。

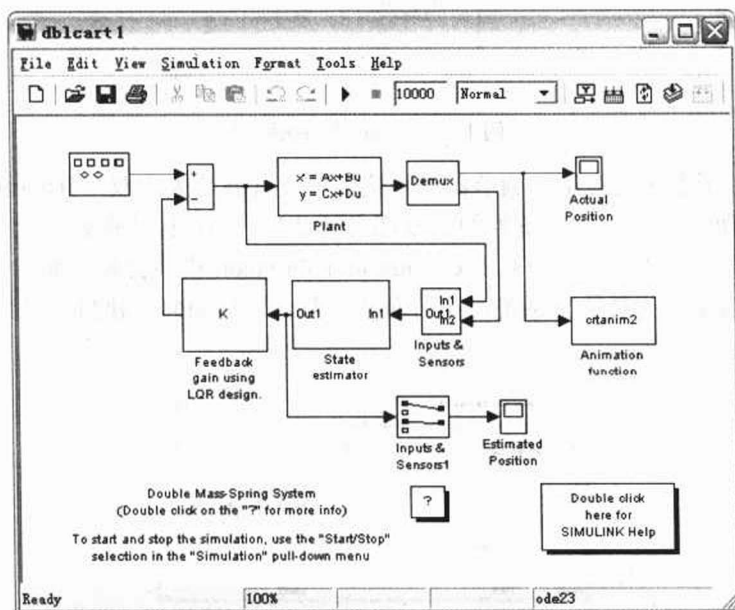


图 1.7 双质量弹簧系统演示模型

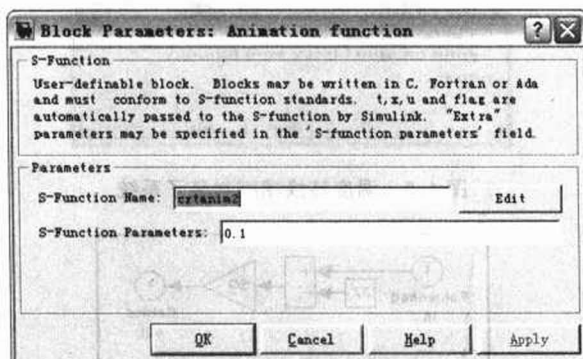


图 1.8 Animation function 参数设置对话框

双击 Actual Position 模块, 可以得到质量块的时程分析曲线图, 如图 1.10 所示。Feedback gain using LQR design 模块是一个状态反馈增益。

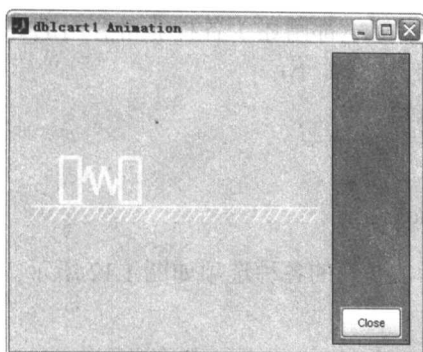


图 1.9 仿真结果动画显示窗口

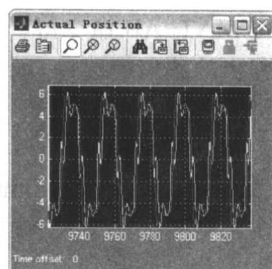


图 1.10 质量块实际位置时程曲线

双击 Estimated Position 模块可看出系统 4 个状态中的两个主要取决于 Inputs&Sensors1 模块参数设置, 双击此模块, 可看到如图 1.11 所示对话框, 设置参数如下:

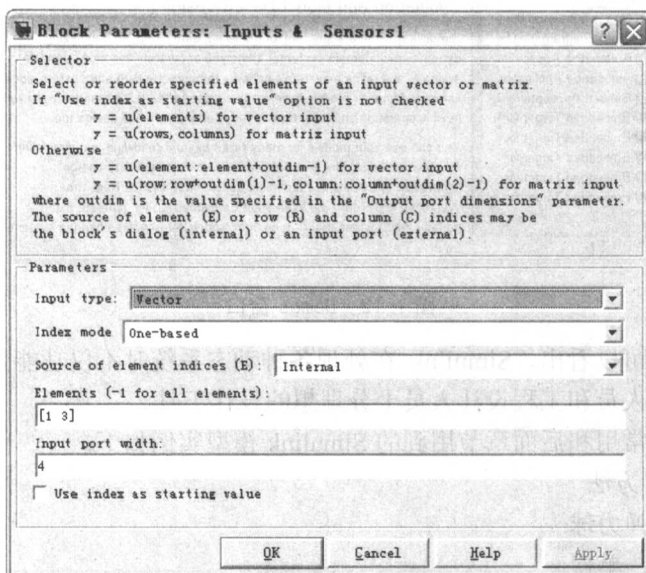


图 1.11 Inputs&Sensors1 模块的参数设置对话框

- Elements 文本框设置所要选取的状态, 此模型设置选取的状态为[1 3]。
- Input port width 文本框设置模块的输入状态数量, 模型中模块输入的维数为 4。

1.4 更多演示实例

为了帮助用户了解 MATLAB 和 Simulink, MATLAB 除了提供非常详细的说明外, 还配备了大量的实例, 这些例子有助于提高对 Simulink 的认识与兴趣。

1.4.1 Simulink 模型演示实例

除了 1.2 节和 1.3 节演示之外,下面还有很多演示都阐述了各种非常有用的建模方法。可通过 MATLAB 命令窗口观看这些演示,操作步骤如下:

- (1) 单击 MATLAB 命令窗口左下角的 Start 按钮。
- (2) 从弹出的菜单中选择 Demos 命令。



说明: 或直接在 MATLAB 窗口中输入 Demos。

- (3) 从弹出的窗口中单击 Simulink 前的图标,展开的各种选项如图 1.12 所示。
- (4) 单击相应的选项进入不同的演示。

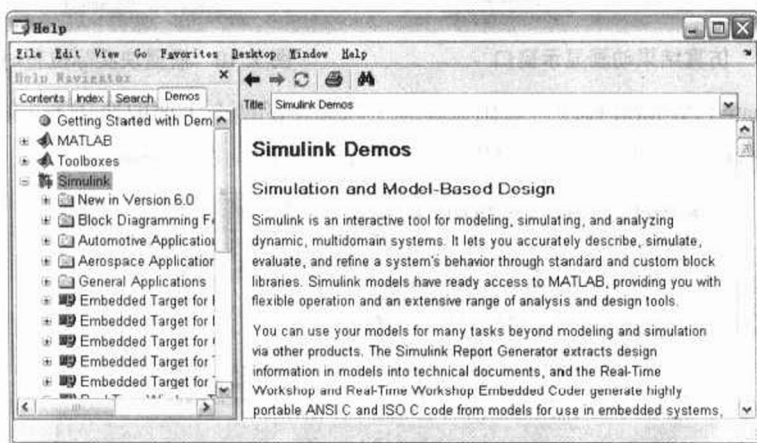


图 1.12 Demos 窗口

从这些例子中可以看出, Simulink 在处理各种动态系统时不仅功能强大,而且十分简单、方便,是科研人员 and 工程设计人员十分理想的设计工具。

在此提供几个常用和后面章节用到的 Simulink 模型实例如下:

- vdp: vdp 方法
- bounce: 弹力球
- simppend: 单摆
- onecart: 质量弹簧系统(单质点)
- dblcart1: 质量弹簧系统(双质点)
- dblpend1: 双摆系统
- dblpend2: 双摆系统
- penddemo: 倒立摆系统

1.4.2 MATLAB 中有趣的演示实例

MATLAB 中也同样有许多有意思的实例,为提高读者对 MATLAB 和 Simulink 的兴趣,特举部分实例以供参考。具体如下,运行的时候只要将“:”前面的代码复制到 MATLAB 中就可以了,随之会出现各种各样的演示实例,对初学者的帮助很大。