

— 高等学校教材 —

MATLAB

仿真技术与应用

张葛祥 李娜 编著



清华大学出版社

MATLAB 仿真技术与应用

张葛祥 李 娜 编 著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书以 MATLAB 最新版本 MATLAB 6.x 为基础,采用理论与实例相结合的方式向读者介绍运用 MATLAB 进行系统仿真的方法和技巧。本书系统地介绍了 SIMULINK 动态仿真方法及其应用,并通过大量的典型实例对 MATLAB 仿真技术在信号处理、通信系统、电子电路、控制系统和优化技术仿真中的应用进行了详细的分析和说明。为了便于读者学习,本书每章均附有习题,以供读者进行练习并检验自己对知识点的掌握情况。随书赠送的光盘收录了本书所有实例的程序源代码。

本书理论丰富、语言简练、实例经典,既可作为高年级大学生、研究生的教材,也可作为从事仿真技术研究和开发的技术人员的参考用书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: MATLAB 仿真技术与应用

作 者: 张葛祥 李 娜 编著

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 宋 韬

文稿编辑: 宋 韬

封面设计: 钱 诚

版式设计: 杨 磊

印 刷 者: 北京市清华园胶印厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 18.5 字数: 427 千字

版 次: 2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-89494-077-1

印 数: 1-5000

定 价: 32.00 元(含光盘)

前 言

MATLAB是由美国 MathWorks 公司推出的专门用于科学、工程计算和系统仿真的高级语言。从 1984 年推出商业版,到 1990 年推出第一个可以运行在 Microsoft Windows 操作系统的 3.5i 版,再到 2000 年的 6.0 版以至现在的 6.5 版,其功能不断得到扩充和完善。MATLAB 6.x 集数值计算、图形可视化、图像处理及多媒体技术于一体,拥有 30 多个涵盖各学科、各领域的专用工具箱,包括信号处理(Signal Processing)、通信系统(Communication System)、电力系统(Power System)、控制系统(Control System)、虚拟现实(Virtual Reality)、状态流(State Flow)、系统辨识(System Identification)、神经网络(Neural Network)、模糊逻辑(Fuzzy Logic)和实时空间(Real-Time Workshop)等,成为众多领域中计算机仿真、计算机辅助设计与分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选应用软件。目前,MATLAB 已成为国际公认的最优秀、最流行的科技应用软件,受到各个国家的广大学者、工程师、教师和学生普遍关注和欢迎。

在欧美各国的高等学府中,熟练掌握 MATLAB 的应用已经成为大学生、研究生和教师的必备技能;国内的部分高校也正在大力推广其应用。目前,已经有一些专家、学者建议在全国所有高校的高年级大学生、研究生中开设有关 MATLAB 仿真技术应用的课程,但是却没有合适的教材。在此背景下,作者根据多年从事 MATLAB 仿真研究的经验及体会编写了此书,它既向读者展示了 MATLAB 仿真软件的强大功能,又从提高的角度深入探讨了 MATLAB 仿真技术的应用。

主要内容

本书以 MATLAB 6.x 为基础,较为详细地介绍了 MATLAB 仿真技术的基础知识和 SIMULINK 动态仿真的方法与技巧,在应用方面重点介绍了 MATLAB/SIMULINK 在电子通信方面的实际应用。另外,在本书附录中还列出了 MATLAB 的常用函数和工具箱函数,以方便读者进行查询。

写作特点

全书将 MATLAB 仿真技术与专业知识、工程应用有机结合,由浅入深、循序渐进地讲解了 MATLAB 仿真技术的基础知识, SIMULINK 动态仿真的使用方法与技巧,以及 SIMULINK 的应用,并详细地介绍了 MATLAB 仿真技术在信号处理、通信系统、电子电路、控制系统及优化技术仿真中的应用。本书图文并茂、实例丰富、讲解详细,所举实例针对性强,分析透彻、易学易懂,突出了本书以应用为中心的特点,是一本难得的有关 MATLAB 仿真技术的教材和参考书。

本书使用方法

本书内容共包括 8 章,可分为两大部分。第一部分由第 1~3 章构成,主要介绍了 MATLAB 仿真技术的基础知识, SIMULINK 动态仿真的使用方法与技巧,以及 SIMULINK 的应用,包括用语句和命令实现动态仿真模型的绘制、S 函数、Stateflow 和 VR 技术与应用等;第二部分由第 4~8 章构成,主要围绕 MATLAB 在电子通信类仿真领域中的应用展开,循序渐进、由浅入深,详细介绍了 MATLAB 仿真技术在信号处理、通信系统、电子电路、控制系统及优化技术仿真中的应用与技巧。其中,第 8 章的内容可供有关研究

人员进一步深入研究参考。相信通过对本书的学习,会加深读者对 MATLAB 强大功能的理解,提高应用 MATLAB 仿真技术的能力。

本书配套光盘

书中列出的实例程序源代码只是该程序的部分核心代码,读者可以从本书的附赠光盘中找到程序的完整源代码,以方便学习。

适用对象

本书语言通俗易懂,内容丰富详实、实例经典,突出了以 MATLAB 在实际中的应用为中心的特点,既可作为高年级大学生、研究生的教材,也可作为从事仿真技术研究和开发的技术人员的参考用书。

编写分工

本书由李娜同志负责编写前 3 章,张葛祥同志负责编写后 5 章,并由张葛祥同志统编全书。此外,参加本书编写工作的同志还有,荣海娜、樊玲、唐钟、石宇强、梁玉娟、蒋明、李冀昆、陈国华、刘景卫、刘恒、江南、贺利、李胜、张雪、刘翠香、荣海霞、赵晨光、肖旺新、朱敏、张勇、侯杰、卢茂华、庞宇、蒋泽平、李智敏、袁鹰、岳丽全、范春霞等,在此对他们一并表示感谢。

延伸服务

如果读者愿意参加“MATLAB 仿真技术与应用”的学习培训,或是在学习过程中发现问题,或有更好的建议,欢迎致电;我们非常愿意随时同熟悉 MATLAB 仿真技术与应用的高手保持经常的联系。E-mail:bojiakeji@163.net。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免存在疏漏和错误,恳请读者批评指正。

作者

2003 年 4 月

目 录

第 1 章 MATLAB 仿真技术与应用简介	1
1.1 系统仿真技术概述	1
1.2 MATLAB 仿真技术的发展与应用	3
1.3 MATLAB 仿真技术的特点	3
1.4 仿真应用实例简介	4
1.5 MATLAB 网络资源	7
1.6 本章小结	8
习 题	9
第 2 章 SIMULINK 动态仿真	10
2.1 仿真模型的创建	10
2.1.1 仿真模块	10
2.1.2 仿真信号线	13
2.1.3 模型创建实例	16
2.2 SIMULINK 动态仿真	17
2.2.1 SIMULINK 调试器	18
2.2.2 运行仿真	21
2.3 使用命令进行仿真	28
2.3.1 仿真命令	29
2.3.2 仿真性能与精度提高	31
2.4 仿真结果分析	32
2.4.1 利用输出模块分析	33
2.4.2 使用函数分析	37
2.5 子系统	39
2.5.1 子系统的创建	40
2.5.2 子系统的封装	41
2.5.3 条件执行子系统	46
2.5.4 定义自己的模块库	49
2.6 动态仿真实例	50
2.7 本章小结	53
习 题	53
第 3 章 SIMULINK 动态仿真扩展	55
3.1 用语句修改 SIMULINK 模型	55
3.1.1 修改 SIMULINK 模型的语句与命令	55
3.1.2 SIMULINK 模型文件与模块属性	58
3.1.3 用语句实现仿真模型的绘制	65
3.2 S 函数	66

3.2.1	S 函数简介	67
3.2.2	S 函数原理	67
3.2.3	S 函数实例	69
3.3	M 文件 S 函数	70
3.3.1	M 文件 S 函数的实现	71
3.3.2	M 文件 S 函数实例	75
3.4	C/C++ 语言 S 函数	76
3.4.1	C 语言 S 函数	76
3.4.2	C++ 语言 S 函数	81
3.5	Stateflow 原理与应用	83
3.5.1	Stateflow 原理	83
3.5.2	Stateflow 应用基础	83
3.5.3	Stateflow 应用实例	87
3.6	基于 SIMULINK 的 VR 技术	90
3.6.1	VR 技术介绍	90
3.6.2	SIMULINK 下的 VR 技术应用	91
3.7	本章小结	92
习 题		93
第 4 章	MATLAB 在信号处理仿真中的应用	94
4.1	仿真信号	94
4.1.1	基本信号序列	95
4.1.2	其他信号序列	96
4.1.3	离散时间系统	99
4.2	信号的变换域分析	102
4.2.1	Z 变换分析	102
4.2.2	Fourier(傅立叶)变换分析	108
4.3	数字滤波器的设计	113
4.3.1	数字滤波器的结构	113
4.3.2	数字滤波器的设计	118
4.4	信号处理的交互式工具——SPTool	126
4.4.1	SPTool 简介	126
4.4.2	信号浏览器	127
4.4.3	滤波器分析与设计	128
4.5	信号处理仿真实例	130
4.6	数字信号处理仿真模块	135
4.7	本章小结	138
习 题		138
第 5 章	MATLAB 在通信系统仿真中的应用	140
5.1	通信系统模型与仿真模型	140

5.1.1 通信系统模型	140
5.1.2 通信系统仿真模型	142
5.2 通信系统仿真模块	144
5.2.1 Comm Sources(信源)子模块集	145
5.2.2 Source Coding(信源编/译码)子模块集	146
5.2.3 Channel Coding(信道编/译码)子模块集	147
5.2.4 Channels(信道)子模块集	148
5.2.5 Comm Sinks(信号接收)子模块集	149
5.2.6 Modulation(调制/解调)子模块集	150
5.2.7 Synchronization(同步)子模块集	154
5.2.8 Interleaving(交错/去除交错)子模块集	154
5.2.9 Basic Comm Functions(基本通信函数)子模块集	155
5.2.10 Utility Functions(实用函数)子模块集	156
5.3 通信系统仿真命令	156
5.3.1 信号源产生函数	157
5.3.2 信号分析函数	158
5.3.3 信源编码/解码函数	159
5.3.4 纠错控制编码/解码函数	161
5.3.5 纠错控制编码/解码底层函数	165
5.3.6 调制/解调函数	166
5.3.7 特殊滤波器函数	170
5.3.8 特殊滤波器底层函数	172
5.3.9 实用工具函数	173
5.3.10 伽罗华域计算函数	175
5.4 通信系统仿真实例	176
5.5 本章小结	184
习 题	184
第 6 章 MATLAB 在电子电路仿真中的应用	186
6.1 模拟电路仿真	186
6.1.1 仿真模块与应用技巧	187
6.1.2 仿真方法与应用实例	190
6.2 数字电路仿真	194
6.2.1 仿真模块与应用技巧	194
6.2.2 仿真实例	197
6.3 本章小结	201
习 题	202
第 7 章 MATLAB 在控制系统仿真中的应用	203
7.1 控制系统模型	203
7.1.1 数学模型	203

7.1.2 性能指标·····	209
7.2 控制系统仿真·····	211
7.2.1 仿真模块·····	211
7.2.2 仿真模型·····	216
7.2.3 仿真命令·····	220
7.3 控制系统仿真实例·····	224
7.4 本章小结·····	233
习 题·····	233
第8章 MATLAB在优化技术仿真中的应用 ·····	235
8.1 优化问题与优化方法·····	235
8.1.1 优化问题数学描述·····	235
8.1.2 线性规划问题·····	236
8.1.3 非线性规划问题·····	237
8.2 遗传算法的实现及其应用·····	240
8.2.1 遗传算法简介·····	240
8.2.2 遗传算法程序设计·····	242
8.3 基于仿真的滤波器优化设计·····	245
8.3.1 IIR滤波器优化设计·····	245
8.3.2 FIR滤波器优化设计·····	248
8.4 基于仿真的控制系统优化设计·····	249
8.4.1 PID控制器优化设计·····	249
8.4.2 二次型控制器优化设计·····	252
8.5 本章小结·····	254
习 题·····	254
附录A MATLAB常用函数·····	256
附录B MATLAB常用工具箱函数·····	264
参考文献·····	285

第 1 章 MATLAB 仿真技术与应用简介

知识点:

- 系统仿真技术概述
- MATLAB 仿真技术的发展与应用
- MATLAB 仿真技术的特点
- 仿真应用实例简介

本章主要介绍了 MATLAB 系统仿真技术的相关概念与发展历程, MATLAB 仿真技术的简单应用与它的功能、特点, 及其应用于系统仿真时所具有的得天独厚的优势。同时还介绍了其动态仿真工具包 SIMULINK 的特色。最后通过应用实例说明 MATLAB/SIMULINK 的功能与特点以及在 Internet 上丰富的 MATLAB 资源。

通过本章的学习, 读者能够从总体上了解 MATLAB 系统仿真技术及其应用, 对学习后续章节的知识将有很大的帮助。

1.1 系统仿真技术概述

在进行系统仿真的过程中, 系统是系统分析研究的对象, 模型是系统分析中能够表现系统本质的一种描述。此外, 模型也是系统仿真、分析、控制和优化的基础。而系统仿真技术则是建立在模型基础上的一种实验方法。理解了系统、模型等基本概念之后才能够全面而准确地理解系统仿真技术。

系统是指具有某种特定功能, 按照一定规律结合起来的相互作用又相互联系的对象集合。建立系统概念的目的是为了能够更加深入地了解并掌握系统的特性与变化规律。系统通常包括实体、属性和行为三个方面的内容。实体(也可以称为对象)是指组成系统的具体的单元; 属性则用于描述系统中各个实体的特性; 行为是指实体随着时间变化而发生的状态变化。比如一个控制系统包括被控对象、控制器以及与之相关的各种信号(主要包括控制信号、参考输入信号、被控信号和干扰信号等), 其中, 被控对象和控制器是系统的实体。

系统可以分为工程系统和非工程系统。工程系统主要包括电气、机械、通信等工程应用领域的系统; 非工程系统的范围则更加广泛, 如社会系统、经济系统、生态系统、管理系统等。此外, 系统根据系统的状态随时间变化情况可以分为连续系统和离散系统。系统的状态随时间连续变化的系统称为连续系统, 可以用微分方程描述连续系统的属性。系统的状态变化发生在离散时刻的系统称为离散系统。离散系统又可分为离散时间系统和离散事件系统。离散时间系统是目前应用较为广泛的系统, 如数控系统就是典型的离散

时间系统。离散时间系统的属性一般用差分方程来描述。离散事件系统是一种随机事件系统,一般很难用数学模型来描述,它的属性一般采用流程图来描述。

模型是系统的一种抽象描述,是通过反复对系统进行分析研究而得到的系统的内在联系及其与外界的关系的一种描述。它的理论基础是相似原理。在进行系统仿真时用到的模型主要是实体模型和数学模型。实体模型是指根据相似性建立起来的系统的物理模型。数学模型是指对系统进行抽象、简化,能够准确表达系统本质的由数学符号表示的一种模型形式。由于实体模型使用起来不经济而且耗时,数学模型具有形成简单、应用方便、经济,便于使用计算机技术等优点,所以在系统仿真中通过模型描述系统时一般都采用数学模型。

系统仿真技术是随着微电子分析器在 1946 年的诞生而迅速发展起来的新兴综合性学科。以相似原理、系统技术、信息技术及其应用领域相关专业知识和技术为基础,以计算机系统和各种相关的器件为工具,利用系统模型对实际存在的或是假想的系统进行动态研究的一门多学科的综合技术。随着系统仿真技术理论方法和应用技术研究的不深入,计算机技术的突飞猛进,以及系统仿真本身具有的安全性、经济性等特点,应用计算机对系统进行仿真在科学技术领域中发挥着越来越重要的作用。需要特别指出的是,系统仿真使用系统模型代替实际系统来进行系统性能的分析,因此使仿真更加具有意义。近些年来,随着计算机技术、网络技术、信号处理、通信技术、自动控制技术等高新技术的迅猛发展,系统仿真技术的研究力度也在不断加大,发展速度不断加快,应用领域不断扩大,系统仿真技术的应用已经从早期的航空航天、武器制造和发电部门,扩展到今天的军事、通信、控制、机械、经济、社会、交通与生态研究等众多领域,而且已经渗透到系统的规划、设计、运行、分析及改造的各个阶段。

系统仿真技术作为一门独立的学科,已经具有 60 多年的发展历史。它的发展主要分为两个阶段,第一个阶段是计算机出现之前,主要利用物理和数学进行系统的建模、仿真与分析;第二个阶段是计算机系统仿真阶段。从计算机系统仿真技术的发展历程来看,它又经历了五个阶段:

- 20 世纪 40 年代的模拟计算机仿真;
- 20 世纪 50 年代的数值计算机仿真;
- 20 世纪 60 年代的仿真语言的出现;
- 20 世纪 80 年代的面向对象的仿真技术;
- 20 世纪 90 年代的虚拟现实仿真技术和可视化的建模与仿真。

随着计算机技术的迅速发展和广泛应用,近 20 年来,国内外出现了许多专门用于计算机仿真的语言及软件工具,如:CSMP、ACSL、SIMNON、MATLAB/SIMULINK、CSMP_C 等,而 MATLAB/SIMULINK 的出现,不仅使数值分析与应用进入了一个崭新的阶段,而且也为系统仿真技术提供了更实用、更方便的解决办法。本书就是以目前仿真领域最权威、最实用的计算机仿真工具——MATLAB/SIMULINK 为基础,介绍需要求解的问题的解决方法及其在系统仿真领域的应用。

1.2 MATLAB 仿真技术的发展与应用

MATLAB(Matrix Laboratory,即“矩阵实验室”)最初由美国新墨西哥大学 Cleve Moler 教授提出并应用于矩阵计算的教学中。自从 MATLAB 由 Mathworks 公司推出后, MATLAB 为各国的工程科学家开发学科应用软件提供了新的基础,并且得到了全世界的关注和欢迎。MATLAB 经过不断地扩充和完善,已经发展成为功能强大,适用于多个学科和领域的系统软件工具。

Mathworks 公司于 1984 年推出 MATLAB 商业版,1990 年推出了第一个可以运行在 Microsoft Windows 系统下的 MATLAB 3.5i 版本,1992 年推出了 MATLAB 4.0 版本,两年之后又推出了 MATLAB 4.2 版本。MATLAB 4.x 版本除了保持和改善了原有的数值计算和图形功能以外,还新增了许多实用的新功能:

- 推出了 SIMULINK 动态系统的建模、仿真和分析的集成仿真环境。SIMULINK 的出现提高了人们处理非线性因素和随机因素的能力。
- 增加了与外部直接进行数据交换的单元。
- 增加了符号运算软件包。
- 增加了 Notebook,这使得 MATLAB 和 Word 文档能够更加容易地连接起来。

随后,在 1997 年又推出了 MATLAB 5.0 版本,1999 年推出了 MATLAB 5.3/SIMULINK 3.0 版本。2000 年推出了 MATLAB 6.0/SIMULINK 4.0 版本,一年之后, MATLAB 6.1/SIMULINK 4.1 问世了。现在 MATLAB /SIMULINK 最高的版本是 MATLAB 6.5/SIMULINK 5.0。随着版本的不断更新, MATLAB 的功能不断完善,已不再仅仅是“矩阵实验室”,其功能齐备的应用工具箱、良好的用户界面、便捷的模块化动态仿真环境,使 MATLAB/SIMULINK 成为国际上最为流行的科学计算以及系统仿真领域的系统软件工具。

今天的 MATLAB 集数值计算、图形可视化、图像处理以及多媒体技术于一身,在航天、航空、军事、经济、交通、自动控制、通信、信号处理、系统优化设计等众多领域得到广泛的应用。现在, MATLAB 已经成为国内外大学生和研究生进行学习以及科学研究时必须掌握的基本软件工具,在设计研究和工业部门, MATLAB 也广泛应用于研究和解决各种实际的工程问题。

1.3 MATLAB 仿真技术的特点

MATLAB 经过长期不断地发展和完善,已经成为当今世界上最优秀的数值计算软件,受到了人们的广泛欢迎。

MATLAB 除了具有强大的科学计算功能和丰富的图形功能之外,还具有一些其他软件无法比拟的功能和优点:

- 具有 API 应用程序接口,能够保证 MATLAB 便捷地和其他强大的计算机软件

相结合。

- 具有较高的计算精度,通常数值计算精度能够达到 10^{-15} 数量级,能够满足科学计算和工程的要求。
- 基本的运算单位是矩阵,操作数组像操作数一样方便,使用户易读易写。
- 具有源程序的开放性和功能齐备的软件工具包。MATLAB 丰富、实用的工具包,节省了用户编写复杂的应用程序所花费的时间,只需调用相应的工具箱中的函数就可以了。
- 具有世界一流水平的数学函数库。
- 完全的基于 HTML 的帮助系统。
- 语言简洁紧凑,程序设计流程灵活,易学易用,扩充能力强。

另外, MATLAB 还有一个显著的特点,就是提供了系统动态仿真工具箱——SIMULINK。SIMULINK 使得 MATLAB 的功能得到了进一步的扩展。SIMULINK 由模块库、模型构造及指令分析和演示程序组成,是一个模块化、模型化的系统动态仿真环境。用户应用 SIMULINK 对系统进行建模、仿真和分析时如同堆积积木一样简单方便,只需要在模型窗口中单击或是拖动鼠标即可。SIMULINK 不能脱离 MATLAB 而独立运行,但是它借助 MATLAB 在科学计算上得天独厚的优势以及可视化的仿真模型窗口,弥补了传统软件工具的不足。同时, SIMULINK 也是众多仿真软件中功能最强大、最优秀的一种软件工具。它使得动态系统仿真的实现相当方便,对系统的非线性因素和随机因素的研究也十分便捷、直观。通过 SIMULINK 还可以对电气、机械、通信等的连续、离散或是混合系统进行深入的系统建模、仿真与分析研究。

正是因为 MATLAB/SIMULINK 具有众多其他同类软件不具备的优点,所以才受到国内外学者和工程师的备加关注,得以不断地扩充和迅速发展,成为当今世界在科学计算和系统仿真领域里首选的软件工具。

1.4 仿真应用实例简介

本节将通过 MATLAB/SIMULINK 在系统仿真中的应用实例来介绍 MATLAB/SIMULINK 所具有的功能和特点。在这里,将不对相关语句或仿真模型模块的具体含义作详细解释,只是让读者对 MATLAB/SIMULINK 的功能与应用有初步的了解,其相应解释将在本书后续章节中详细介绍。

例 1-1 对一个简单的系统,在输入为阶跃响应情况下进行时域分析,并计算动态性能指标(超调量、上升时间和调节时间)和系统的零极点。系统的传递函数为:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{5}{s^2 + 2s + 10}$$

其仿真程序代码如下:

```
% this program performs an analysis of its step response
num=5;den=[1,2,10];
[z,p,k]=tf2zp(num,den)
```

```

[y,x,t]=step(num,den);
t1=length(t);yss=y(t1);
[ym,tm]=max(y);
singma=100*(ym-yss)/yss           %计算超调量
n=1;                               %计算上升时间
while y(n)<0.1*yss
    n=n+1;
end
m=1;
while y(m)<0.9*yss;
    m=m+1;
end
risetime=t(m)-t(n)
while y(t1)<1.02*yss & y(t1)>0.98*yss    %计算调节时间
    t1=t1-1;
end
stime=t(t1)
plot(t,y)
grid on

```

系统的阶跃响应曲线如图 1-1 所示。

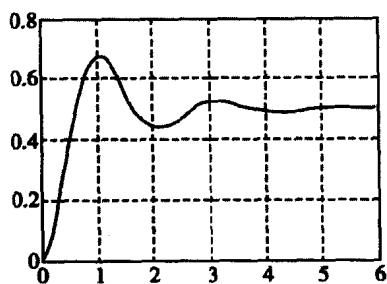


图 1-1 系统阶跃响应曲线

运行结果如下：

```

z =
Empty matrix: 0-by-1
p =
-1.0000 + 3.0000i
-1.0000 - 3.0000i
k =
5
singma =
35.1958
risetime =
4417
stime =

```

3.5337

这个实例是 MATLAB 在控制系统时域分析中的简单应用,从这里可以看出它具有强大的计算功能以及丰富的函数库。

例 1-2 当 $(-3 < x < 3, -3 < y < 3)$ 时,运行下面的程序将产生函数 $x * (-x^2 - y^2)$ 的三维图形。

运行下面的程序代码,将得到如图 1-2 所示的三维图形。

```
[X,Y] = meshgrid(-3:.1:3, -3:.1:3);
Z = X .* exp(-X.^2 - Y.^2);
mesh(Z)
```

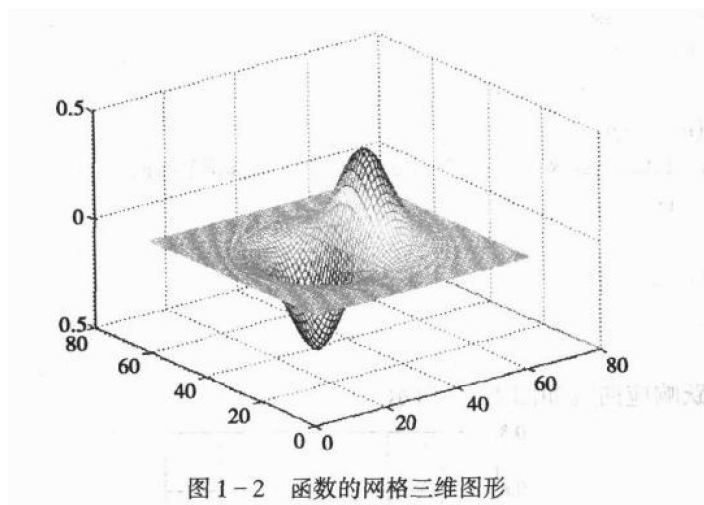


图 1-2 函数的网格三维图形

从这个实例可以看出, MATLAB 具有强大的图形绘制以及可视化功能,它拥有丰富的图形处理命令,能够绘制二维、三维图形,方便了用户对图形的加工处理。而绘制和处理复杂的图形、图像,更能够体现 MATLAB 所具有的强大优势。

例 1-3 这是一个计数器的演示程序。该演示程序是使用计数器电路,在相同的控制信号下,运行使能计数器和触发计数器子系统模块的情况。在 SIMULINK 仿真环境下,系统的模型如图 1-3 所示。使能计数器和触发计数器子系统模块模型如图 1-4 所示。

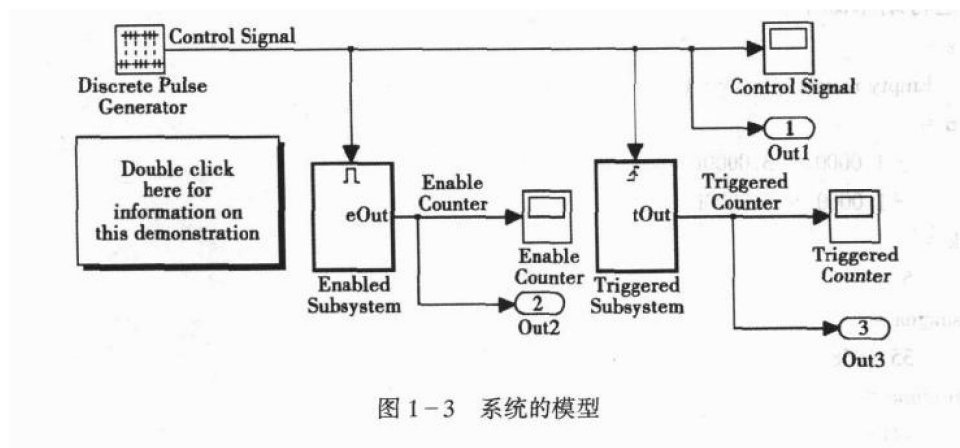


图 1-3 系统的模型

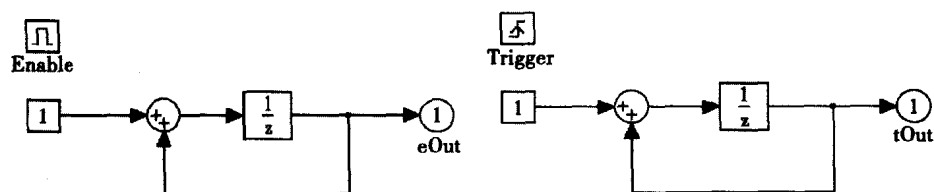


图 1-4 使能子系统与触发子系统的模型

运行仿真,可以得到在相同的控制信号(如图 1-5 所示)作用下,使能计数器(enabled counter)与触发计数器(triggered counter)子系统模块的输出波形,如图 1-6 所示。

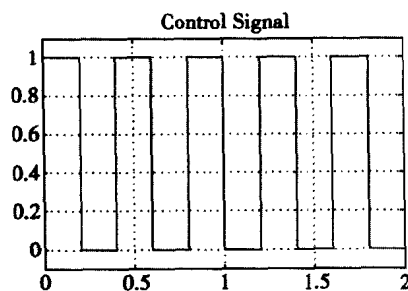


图 1-5 系统控制信号

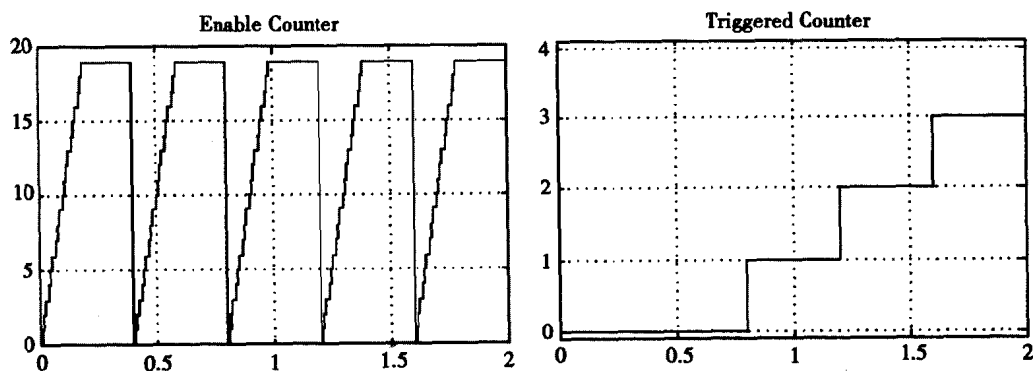


图 1-6 使能计数器与触发计数器子系统模块输出波形

从以上实例可以看出利用 SIMULINK 进行系统动态仿真的便捷性与直观性。此外, MATLAB 还提供了许多计算和应用实例,在 MATLAB 命令窗口中直接输入 demo 命令即可获得所有实例,这对于用户全面了解 MATLAB/SIMULINK 有很大的帮助。

1.5 MATLAB 网络资源

当今,网络技术已经相当发达,网络已成为人们生活不可缺少的一部分,它为人们的生活、工作、学习带来了极大的方便。MATLAB 的网络资源十分丰富,包括新闻组、FIP

资源以及各种 Web 网站等,从这里,用户可以直接获得各种资源,如:产品介绍、学术动态、技术文档、软件下载与升级、技术帮助等等。在互联网上获得各类信息的最简便、灵活的方法是从相关 Web 网站获得。本节将介绍如何在 Web 网站上直接获得有关 MATLAB 的各类资源。

Mathworks 公司建立了自己的网站,这里是 MATLAB 的网上老家,是 Mathworks 公司用来向它的网络用户提供各种信息的地方。其网址为:<http://www.mathworks.com>。从该公司的网站上可以查询各种信息,包括 Mathworks 公司以及其有关产品的介绍,用户组讨论区,在线复制通信季刊,最新的 MATLAB 会议论文集,全套的 MATLAB 联机帮助文件和说明书的电子版等等。另外,还可以获得各种技术支持与帮助。

由薛定宇教授致力维护的 MATLAB 语言及其在科学计算和控制系统中应用的网站,在国内是最受欢迎的 MATLAB 网站,其网址为:<http://matlab.myrice.com>。这个网站不仅有着大量的 MATLAB 相关信息以及免费软件下载,还有“MATLAB 语言及应用论坛”,在这个论坛中,每一位访问者都可以对 MATLAB/SIMULINK 编程和仿真的方法与问题发表自己的意见和看法,经常会有国内外本领域的专家就各类疑难问题进行解答。

<http://mathtools.top263.net> 网站被称为 MATLAB/SIMULINK 的资料库,它提供了大量的资料供 MATLAB 用户免费下载。它的特色是侧重 MATLAB 语言与 C 语言接口的讨论。

此外,还有一些办得较好的有关 MATLAB 的网站,在那里不仅可以获得最新的 MATLAB 信息和软件下载,同时,还可以进入讨论区与其他用户和专家进行讨论、交流。这类网站主要包括:

- <http://www.mathtools.com>
- <http://passmatlab.myetang.com>
- <http://europe.mathworks.com>
- <http://www.geatbx.com>
- <http://huxuan.home.china.com>
- http://comp.soft_sys.matlab
- <http://www.mathtools.net>
- <http://www.indiana.edu>
- <http://www.math.mtu.edu>
- <http://matlab.turbo.hit.edu.cn>

1.6 本章小结

本章简要介绍了 MATLAB 系统仿真技术及应用,目的是让读者在学习后续章节前对 MATLAB/SIMULINK 有一个整体的理解和感性的认识。

系统是仿真的研究对象,模型是仿真的基础,了解了模型与系统的基本概念之后才能全面而准确地理解系统仿真技术。MATLAB 仿真技术的发展与控制工程、系统工程及计算机的发展有着密切的联系。它经过多年的发展与扩充,已经从开始的“矩阵实验室”发