



MATLAB应用技术

MATLAB

SEVENTH

MATLAB 7

MATLAB APPLICATION

辅助控制系统设计与仿真

飞思科技产品研发中心

编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

畅销书升级

MATLAB应用技术

MATLAB

SEVENTH

MATLAB 7

MATLAB APPLICATION

辅助控制系统设计与仿真

飞思科技产品研发中心 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是《MATLAB 应用技术》系列丛书之一,通过介绍 MATLAB 7 软件及其控制系统工具箱的使用方法,结合控制系统的设计流程及实际应用,全面系统地介绍了控制系统设计与仿真的全过程。全书内容由浅入深,以工程应用为背景,从基础知识、建模与分析、设计与仿真流程三个方面对控制系统的设计与仿真进行了深入的说明,同时书中列举大量实例,尽量贴近工程实际,具有很强的代表性。

本书可作为理工科各专业的高年级本科生、研究生学习自动控制理论的辅助教材,也可作为希望在这一领域进行研究和应用的科技工作者的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 7 辅助控制系统设计与仿真 / 飞思科技产品研发中心编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.3

(MATLAB 应用技术)

ISBN 7-121-00937-4

I.M... II.飞... III.①控制系统—系统设计—计算机辅助计算—软件包, MATLAB②控制系统—系统仿真—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV.TP271-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 010431 号

责任编辑: 武 嘉

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21.25 字数: 544 千字

版 次: 2005 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话: 010-68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

出版说明

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一，它以强大的科学计算与可视化功能、简单易用、开放式可扩展环境，特别是所附带的 30 多种面向不同领域的工具箱支持，使得它在许多科学领域中成为计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。

MATLAB 具有其他高级语言难以比拟的一些优点，如编写简单、编程效率高、易学易懂等，因此 MATLAB 语言也被通俗地称为演算纸式科学算法语言。在控制、通信、信号处理及科学计算等领域中，MATLAB 都被广泛地应用，已经被认可为能够有效提高工作效率、改善设计手段的工具软件，掌握了 MATLAB 就好比掌握了开启这些专业领域大门的钥匙。

MATLAB 是从事众多工业、科研领域的必备工具。无论是在校学生，还是已经参加工作的工程技术人员和科研人员，都非常渴望快速学习 MATLAB 并熟练运用它来解决各种科学问题、工程问题。非常遗憾的是，目前市场上很难找到一套能够从入门到精通快速掌握该软件的最新学习资料，致使使用者在学习过程中遇到了实际问题而难以解决。虽然 MATLAB 软件本身具有一定的帮助功能，但是它们阅读起来并不方便，而且某些重要的概念没有给予详细的解释和说明，应用举例也偏少，使用者难以快速掌握它。

这套丛书的推出，将在 MATLAB 新版本软件 and 使用者之间架起一座桥梁，让国内的工程技术人员无需花费太多的时间和精力，就能尽快掌握该软件及它的一些新特性和新功能，并通过大量的实例告诉使用者如何解决面临的实际问题。

本套丛书首批将推出 5 种图书，简介如下：

MATLAB 7 基础与提高
全面系统地介绍了 MATLAB 7 这个功能强大的软件。首先详细讲解了 MATLAB 数值运算、符号运算、程序设计初步和基本绘图功能；然后举出了很多应用实例，旨在通过实践操作巩固学习前面所介绍的知识；最后讲述了 MATLAB 的高级部分，包括 GUI 界面设计、Simulink、Notbook、几种常用的工具箱，以及外部程序接口知识等。
小波分析理论与 MATLAB 7 实现
以最新推出的小波分析工具箱 Wavelet Toolbox 3.0 版本为基础。全书共分为三大部分，第 1 部分着重介绍了小波理论基础，包括小波基础知识、连续小波变换、离散小波变换、多分辨率分析与正交小波变换、小波变换和多采样滤波器组、二维小波变换与图像处理及小波包的基本原理等；第 2 部分重点说明了小波分析工具箱的详细使用方法，包括图形用户接口、小波通用函数、一维小波变换的 MATLAB 实现、二维小波变换的 MATLAB 实现、小波包变换的 MATLAB 实现、信号和图像的降噪和压缩，以及最新的信号和图像的提升小波变换等内容；第 3 部分主要介绍了小波工具箱的应用基础，以及小波变换在语音和生物医学信号处理中、故障诊断中、数字水印中的应用方法。

MATLAB 7 辅助控制系统设计与仿真

通过介绍 MATLAB 7 软件及其控制系统工具箱的使用方法,并结合控制系统的设计流程及实际应用,全面系统地介绍了控制系统设计与仿真的全过程。全书内容由浅入深,以工程应用为背景,从基础知识、建模与分析、设计与仿真流程三个方面对控制系统的设计与仿真进行了深入的说明,同时书中列举大量实例,尽量贴近工程实际,具有很强的代表性。

MATLAB 7 辅助信号处理技术与应用

系统地介绍了信号与系统基础知识、常用信号变换、离散系统结构、IIR 数字滤波器设计、FIR 数字滤波器设计、平稳信号分析、非平稳信号分析、高斯信号分析及信号处理的 GUI 实现。其中,信号与系统基础知识包括连续信号与模型、离散信号与模型;常用信号变换包括 z 变换、Chirp z 变换、FFT 变换、DCT 变换和 Hilbert 变换等;离散系统结构包括 IIR、FIR 和 Lattice 结构;IIR 滤波器设计包括模拟和数字低通、高通、带通与带阻滤波器设计,以及基于冲激响应不变法和双线性 z 变换法的 IIR 滤波器设计等;FIR 滤波器设计包括基于窗函数、频率抽样法和切比雪夫逼近法的 FIR 滤波器设计;平稳信号分析包括经典功率谱估计、基于参数模型的功率谱估计和基于非参数模型的功率谱估计;非平稳信号分析包括 STFT 变换、Gabor 展开、Wigner-Ville 分布与 Choi-Williams 分布;非高斯信号分析包括基于非参数法的双谱估计、基于参数模型的双谱估计,以及双谱估计的应用;信号处理的 GUI 实现包括滤波器设计与分析的 FDATool 工具和滤波器设计与信号分析的 SPTool 工具。

神经网络理论与 MATLAB 7 实现

以最新推出的神经网络工具箱 4.0.3 版本为基础。本书前两章介绍了 MATLAB 7 和神经网络的基础知识,对神经网络工具箱的重要的函数分门别类地进行了详细介绍,并给出了完整的示例。从第 3 章到第 5 章,分别介绍了几种比较重要的神经网络类型,包括感知器、线性网络和 BP 网络等,介绍了这些网络的结构及学习算法,以及 MATLAB 的实现方法。第 6 章介绍了神经网络的图形用户接口,后 5 章分别讲述了如何利用神经网络工具箱解决控制、故障诊断、预测和有源消声等应用领域中的实际问题。

总之,这套书涵盖了 MATLAB 使用基础、高级编程和重要领域的应用,相信这套丛书的推出,将为 MATLAB 工程技术人员提供最权威最系统的知识参考,帮助他们快速解决学习、科研和工程实际中面临的问题。

我们的联系方式如下:

咨询电话: (010) 68134545 68131648

电子邮件: support@fecit.com.cn

服务网址: <http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址: 计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

飞思科技产品研发中心

前 言

在自动控制领域里的科学研究和工程应用中有大量繁琐的计算与仿真曲线绘制任务，给控制系统的分析和设计带来了巨大的工作量，为了解决海量计算的问题，各种控制系统设计与仿真的软件层出不穷，技术人员凭借这些产品强大的计算和绘图功能，使系统分析和设计的效率得以大大提高。然而在众多控制系统设计与仿真软件中，**MATLAB** 以其强大的计算功能、丰富方便的图形功能、模块化的计算方法，以及动态系统仿真工具 **Simulink**，脱颖而出成为控制系统设计和仿真领域中的佼佼者，同时也成为了当今最流行的科学工程语言。

MathWorks 公司于 2004 年 7 月发布了 **MATLAB** 的最新版本——**MATLAB 7**。新版本针对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 等方面进行了升级，同时包含了功能强大的控制产品集以支持控制系统设计过程的每一个环节，借助于使用 **MATLAB 7** 中与控制相关的工具箱能够实现许多前沿的控制设计方法；此外，与 **MATLAB 7** 同时发布的 **Simulink 6.0** 可以辅助技术人员更方便地建立控制系统模型，并通过仿真不断优化设计。

本书以 **MATLAB 7** 为平台，通过介绍 **MATLAB** 软件及其控制系统工具箱的使用方法，并结合控制系统的设计流程及实际应用，全面系统地介绍了控制系统设计与仿真的全过程。全书内容由浅入深，以工程应用为背景，从基础知识、建模与分析、设计与仿真流程三个方面对控制系统的设计与仿真进行了深入的说明，同时书中列举大量实例，尽量贴近工程实际，具有很强的代表性。

- 基础知识：本书对控制系统的基本理论、**MATLAB** 的控制系统工具箱及 **Simulink 6.0** 做了一个比较细致的介绍，旨在让读者对控制系统的设计与仿真有一个全面的理性认识，同时为正确使用 **MATLAB 7** 进行控制系统设计与仿真打下坚实的基础，做好相应的准备工作。
- 建模与分析：本书通过大量实例，说明了应用 **MATLAB** 控制工具箱进行控制系统数学模型的建立，以及系统分析的常用方法，为控制系统的 **MATLAB** 仿真打下基础。
- 设计与仿真：本书系统地说明了应用 **MATLAB 7** 在经典、现代及智能控制系统中进行设计与仿真的步骤，并以实例说明了几种常用控制工具箱，以及 **Simulink 6.0** 的使用。

读者通过使用本书，可以学到大量控制系统设计和仿真的技巧和基本方法，快速掌握利用 **MATLAB** 进行控制系统设计与仿真的精髓。本书可作为各领域工程技术人员的参考书，也可作为高等学校理工类各专业本科生和研究生的控制系统建模、仿真及设计课程的教材与参考书，还可作为其他科技工作者、教师学习的参考资料。

本书由飞思科技产品研发中心策划并组织编写，潘薇、安莹、葛哲学、吴骥等主笔，具体分工为：潘薇、卿慧玲、安卫华、廖剑利同志负责第 1~4 章的编写，安莹、吴骥、孙

志强、杨勇同志负责第 5~7 章的编写，葛哲学、李浩明、张建、肖俊老师负责第 8~10 章的编写。此外，研究生刘瑛、邱忠、刘美琴、张珏琼、朱国强、王勇、葛诚、胡雷等同志负责书稿的材料整理和实验验证工作。由葛哲学、潘薇负责全书的统稿工作；另外还有很多同志在本书的排版、校对过程中付出了辛勤的劳动，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间仓促及作者本身水平有限，书中错误之处在所难免，敬请各位专家和广大读者批评指正！

我们的联系方式如下：

咨询电话：(010) 68134545 68131648

电子邮件：support@fecit.com.cn

服务网址：<http://www.fecit.com.cn> <http://www.fecit.net>

通用网址：计算机图书、飞思、飞思教育、飞思科技、FECIT

编著者

2005 年 1 月 1 日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 控制系统概述	1
1.1.1 控制理论发展综述	1
1.1.2 控制系统的计算机辅助设计	2
1.2 MATLAB 7 简介	3
1.2.1 MATLAB 的发展历史	3
1.2.2 MATLAB 的语言特点	4
1.2.3 MATLAB 7 的新特点	4
1.3 MATLAB 7 中的控制产品	6
1.3.1 MATLAB 7 控制产品概述	6
1.3.2 控制系统工具箱 6.0	6
1.3.3 Simulink 6.0	7
1.3.4 其他控制相关产品	8
第 2 章 控制系统理论基础	9
2.1 引言	9
2.2 经典控制理论基础	10
2.2.1 传递函数模型	10
2.2.2 零极点增益模型	11
2.2.3 控制系统的时域分析	12
2.2.4 控制系统的频域分析	13
2.2.5 控制系统的根轨迹分析	15
2.3 现代控制理论基础	16
2.3.1 状态空间模型	17
2.3.2 控制系统的可控性与可观性	17
2.3.3 最优控制理论	18
2.3.4 鲁棒控制理论	21
2.4 智能控制理论基础	24
2.4.1 智能控制理论概述	24
2.4.2 模糊控制系统	25
2.4.3 神经控制系统	27
第 3 章 MATLAB 7 使用基础	33
3.1 MATLAB 7 的安装	33

3.2	MATLAB 7 的编程环境	35
3.2.1	MATLAB 的工作空间	36
3.2.2	MATLAB 的命令窗口	37
3.2.3	MATLAB 的程序编辑器	38
3.2.4	MATLAB 的帮助文件	38
3.3	MATLAB 数值运算基础	39
3.3.1	差分方程的求解	39
3.3.2	微分方程的求解	40
3.3.3	矩阵代数与矩阵运算	43
3.4	MATLAB 程序设计基础	47
3.4.1	M 文件编程	47
3.4.2	常用编程语句	51
3.4.3	路径设置	53
第 4 章	Simulink 6.0 使用基础	55
4.1	Simulink 库模块简介	55
4.1.1	连续 (Continuous) 模块组	56
4.1.2	非连续 (Discontinuities) 模块组	58
4.1.3	离散 (Discrete) 模块组	60
4.1.4	数学运算 (Math Operations) 模块组	61
4.1.5	接收器 (Sinks) 模块组	64
4.1.6	输入源 (Sources) 模块组	66
4.2	Simulink 基本建模方法	68
4.2.1	模型窗口的建立	69
4.2.2	模块的操作	69
4.2.3	信号线的操作	71
4.2.4	模型的运行	72
4.2.5	模型的保存	76
4.2.6	模型的打印	76
4.3	Simulink 模型举例	77
4.3.1	模型演示	77
4.3.2	模型创建	80
4.4	子系统与模块封装技术	87
4.4.1	Simulink 子系统	87
4.4.2	封装模块	90
4.4.3	创建模块库	95
4.5	S-函数的编写及应用	96
4.5.1	用 MATLAB 语句编写 S-函数	96

4.5.2	S-函数设计举例.....	98
第 5 章	MATLAB 7 控制系统建模	101
5.1	控制系统工具箱函数	101
5.1.1	模型建立函数	104
5.1.2	模型变换函数	112
5.1.3	模型简化函数	114
5.1.4	模型实现函数	115
5.1.5	模型特性函数	117
5.1.6	方程求解函数	120
5.1.7	时域响应函数	121
5.1.8	频域响应函数	125
5.1.9	根轨迹函数	132
5.2	控制系统工具箱建模	134
5.2.1	传递函数模型	135
5.2.2	状态方程模型	138
5.2.3	零极点模型	141
5.2.4	连接结构的模型表示	145
5.2.5	模型转换	148
第 6 章	MATLAB 7 控制系统分析	153
6.1	系统的时域分析	153
6.1.1	阶跃响应分析	153
6.1.2	冲激响应分析	157
6.1.3	任意输入的时域响应分析	162
6.2	系统的根轨迹分析	165
6.2.1	函数指令方式	165
6.2.2	基于根轨迹的设计工具	170
6.3	系统的频域分析	173
6.3.1	频域响应与 Nyquist 图	174
6.3.2	Bode 图分析	178
6.3.3	Nichols 图	182
6.4	系统的稳定性分析	183
6.4.1	系统稳定性的概念	183
6.4.2	系统稳定性的分析方法概述	185
6.4.3	系统稳定性分析的 MATLAB 实现	185
6.5	系统的可控性与可观测性分析	189
6.5.1	系统的可控性分析	190
6.5.2	系统的可观测性分析	195

第 7 章 经典控制系统设计与仿真	203
7.1 经典控制系统设计概述	203
7.2 控制系统的根轨迹设计	204
7.2.1 根轨迹超前校正设计	205
7.2.2 根轨迹滞后校正设计	212
7.3 控制系统的波特图设计	217
7.3.1 波特图超前校正设计	217
7.3.2 波特图滞后校正设计	221
7.3.3 波特图滞后-超前校正设计	225
7.4 PID 控制器设计	230
7.4.1 PID 控制原理	231
7.4.2 PID 控制器设计	233
第 8 章 现代控制系统设计与仿真	243
8.1 现代控制系统设计概述	243
8.2 极点配置与观测器设计	243
8.2.1 极点配置	244
8.2.2 状态观测器设计	248
8.2.3 状态降维观测器设计	251
8.3 线性二次型最优控制器设计	255
8.3.1 线性二次型最优控制概述	256
8.3.2 连续系统线性二次型最优控制	256
8.3.3 离散系统线性二次型最优控制	259
8.3.4 线性二次型 Gauss 最优控制	260
8.4 鲁棒控制系统设计	264
8.4.1 鲁棒控制工具箱	265
8.4.2 H^∞ 控制器设计	268
第 9 章 智能控制系统设计与仿真	273
9.1 智能控制系统设计概述	273
9.2 模糊控制系统设计	273
9.2.1 模糊控制系统设计概述	273
9.2.2 模糊逻辑工具箱	276
9.2.3 模糊控制系统设计实例	286
9.3 神经控制系统设计	291
9.3.1 神经控制系统设计概述	291
9.3.2 神经网络工具箱	292
9.3.3 神经控制系统设计实例	302

第 10 章	MATLAB R14 中的控制工程解决方案.....	311
10.1	前言	311
10.2	MATLAB R14 中的控制工程解决方案.....	312
10.2.1	系统集成设计环境	312
10.2.2	完整的设计工具	313
10.2.3	建模与算法设计	314
10.2.4	控制系统仿真	315
10.2.5	事件驱动系统的建模与仿真	317
10.2.6	代码生成与快速原型	319
10.2.7	嵌入式系统应用	321
10.2.8	控制系统设计的其他支持	322
10.3	应用案例.....	323
10.3.1	MATLAB 辅助波音公司实现无人机的着陆	323
10.3.2	MATLAB 帮助丰田公司设计未来.....	325

第1章 绪 论

我们知道，在自动控制领域里有大量繁琐的计算与仿真曲线绘制任务。计算机被广泛应用后，人们有了先进的计算工具，但又不得不与计算机程序打交道，而要把一个功能很强的高级语言学会、学好并非易事。随着 MATLAB 的出现，它的工具箱与 Simulink 仿真工具为控制系统的设计与仿真提供了一个强有力的工具，使控制系统的设计仿真的传统方法发生了革命性的变化。目前，MATLAB 已经成为国际、国内控制领域内最流行的设计仿真软件。

在这一章中，我们将了解控制系统的基本概念和发展进程，以及 MATLAB 的相关介绍，为学习控制系统 MATLAB 设计与仿真掌握具备的相关知识。

本章主要内容：

- 控制系统概述
- MATLAB 7 简介
- MATLAB 7 中的控制产品

1.1 控制系统概述

本节主要内容：

- 控制系统理论发展综述
- 控制系统的计算机辅助设计

1.1.1 控制理论发展综述

自动控制是指应用自动化仪表或自动控制装置代替人自动地对仪器设备或工业生产过程进行控制，使之达到预期的状态或性能指标。对传统的工业生产过程采用自动控制技术，可以有效提高产品的质量和企业的经济效益。对一些恶劣环境下的控制操作，自动控制显得尤其重要。

自动控制理论是与人类社会发展密切联系的一门学科，是自动控制科学的核心。从发展的不同阶段来看，控制理论的发展大致经历了三个阶段：经典控制理论、现代控制理论和智能控制理论。

自从 19 世纪 Maxwell 对具有调速器的蒸汽发动机系统进行线性常微分方程描述及稳定性分析以来，经过 20 世纪初 Nyquist、Bode、Harris、Evans、Wiener、Nichols 等人的杰出贡献，终于奠定了经典控制理论的基础，并于 50 年代趋于成熟。经典控制理论是以传递函数为数学工具，采用频域方法，主要研究单输入单输出（SISO）系统，所涉及的系统大多是线性时不变系统。主要设计方法包括频域法、根轨迹法等。这些方法在精确度、准确

MATLAB 7 辅助控制系统设计与仿真

度不高的情况下是完全适用的。经典控制理论是与生产过程的局部自动化相适应的,具有明显的依靠手工进行分析和综合的特点。这个特点是与 20 世纪 40 到 50 年代生产发展的状况,以及计算机技术的发展水平尚处于初期阶段密切相关的。

随着 20 世纪 40 年代中期计算机的出现及其应用领域的不断扩展,自动控制理论朝着更为复杂也更为严密的方向发展。在 20 世纪 50 到 60 年代开始出现了以状态空间分析(应用线性代数)为基础的现代控制理论。现代控制理论可以用来解决多输入多输出(MIMO)系统的问题。系统可以是线性或非线性的、定常或时变的。因此,现代控制理论不仅在航天、飞行器的控制方面得到广泛应用,而且还深入到工业生产过程中。总之,现代控制理论是 60 年代人类探索空间的需要,也是计算机飞速发展和普及的结果。

“智能控制”这一概念是美国普渡大学电气工程系的美籍华人傅京孙教授于 20 世纪 70 年代初提出来的,它是人工智能和自动控制交叉的产物,是当今自动控制科学的出路之一。智能控制是指驱动智能机器自主地实现其目标的过程,也就是说,智能控制是一类无需人的直接干预就能独立驱动智能机器实现其目标的自动控制。从“智能控制”概念的提出到现在,自动控制和人工智能专家学者已经提出了各种智能控制理论,有些已在实际生活中发挥了重要作用。

有关自动控制理论的详细内容,我们将在第 2 章中介绍。

1.1.2 控制系统的计算机辅助设计

控制系统的计算机辅助设计是一门以计算机为工具进行的控制系统设计与分析的技术。大部分从事控制系统分析和设计的技术人员常常会为巨大、繁琐的计算工作量而苦恼。例如,在进行校正器设计时,经常需要绘制系统对数频率响应曲线;在采用根轨迹方法配置系统期望极点时,也需要首先绘制出系统的根轨迹图。而如果借助计算机本身强大的计算和绘图功能,这些问题都可以很容易地解决,从而极大地提高了控制系统分析和设计的效率。

控制系统计算机辅助设计的有关名词术语和基本概念如下。

1. 系统建模

模型是系统的一种表示,是为了研究系统而开发的,是系统的内在联系及它与外界关系的一种描述。研究一个系统的主要目的是弄清系统各个组成部分之间的关系、系统及其组成部分的动态特性,并通过适当的策略改善系统的特性。为达到此目的,必须做如下几项工作:系统建模、系统仿真、系统分析和综合。

系统建模就是建立系统的数学模型,它是系统分析和综合的基础。系统数学模型是系统动态性能的描述和表达,揭示了系统的运动本质,准确地建立系统模型是一项十分重要的工作。系统模型建立的主要任务是确定系统模型的结构和参数。

2. 系统仿真

“仿真”一词译自英文 Simulation,是指在实际系统尚不存在的情况下,对系统或活动本质的复现。目前,比较流行于工程技术界的技术定义是:系统仿真是通过对系统模型的实验,研究一个存在的或设计中的系统。

仿真技术的发展是与控制工程、系统工程和计算技术的发展密切联系的。系统仿真一般是针对动态系统的计算机仿真，是一门以系统科学、计算科学、系统工程理论和数理统计等多个学科理论为基础的，以工程系统和各类社会经济系统为主要处理对象的、以数学模型和数字计算机为主要研究工具的新兴边缘学科，现已得到越来越广泛的应用，具有不可替代的作用。

3. 系统分析与设计

控制系统分析包括系统的时域性能分析和频域性能分析。控制系统设计是根据预先给定的系统性能指标，去设计一个能满足性能要求的控制系统。而在被控对象确定以后，系统设计实际上归结为控制器的设计，即系统综合和校正问题。控制系统设计方法有根轨迹法、频率法、极点配置法等。根据这些设计方法的基本原理，编写相应的计算机程序，再用仿真技术分析和验证控制系统性能，可以十分方便地求得最优控制器的基本参数，完成控制系统设计任务。

1.2 MATLAB 7 简介

本节主要内容：

- MATLAB 的发展历史
- MATLAB 的语言特点
- MATLAB 7 的新特点

1.2.1 MATLAB 的发展历史

1980 年，美国的 Clever Moler 博士在新墨西哥大学讲授线性代数课程时，发现采用高级语言编程极为不便，于是建立了 MATLAB (Matrix Laboratory)，即矩阵实验室。早期的 MATLAB 只能做矩阵运算，绘图也只能用极其原始的方法，即用星号描点的形式画图，它也只提供了几十个内部函数，很难满足实际使用要求。

不久，Moler 博士等一批数学家与软件专家建立了名为 Math Works 的软件开发公司，继续从事 MATLAB 的研究和开发。该公司于 1984 年推出了第一个 MATLAB 的商业版本，其核心是用 C 语言编写的。而后，它又增添了丰富多彩的图形图像处理、多媒体、符号运算和与其他流行软件的接口功能，使得 MATLAB 的功能越来越强大。

Math Works 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本，并于 1993 年推出其微机版，充分支持在 Microsoft Windows 操作系统下进行编程。1994 年推出的 4.2 版本扩充了 4.0 版本的功能，尤其在图形界面设计方面提供了新的方法。1997 年推出的 MATLAB 5.0 版支持更多的数据结构，使其成为一种更方便的编程语言。1999 年推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 的功能，随之推出的全新版本的最优化工具箱和 Simulink 3.0 也达到了很高的档次。2000 年 10 月，Math Works 公司推出了 MATLAB 6.0 版本，在操作界面上有了很大的改观，同时还给出了程序发布窗口、历史信息窗口和变量管理窗口等，为用户提供了极大的方便；在计算内核上抛弃了一直使用的

MATLAB 7 辅助控制系统设计与仿真

LINPACK 和 EISPACK, 采用了更具优势的 LAPACK 软件包和 FFTW 系统, 使计算速度变得更快, 数值性能变得更好, 在用户图形界面设计上也更趋合理; 与 C 语言和其他高级语言接口及转换的兼容性也更强。2001 年 6 月, MATLAB 6.1 版及 Simulink 4.0 版问世, 功能已经十分强大, 其新的虚拟现实工具箱更给仿真结果三维视景下的显示带来了新的解决方案。2002 年 6 月, Math Works 公司推出了 MATLAB Release 13, 即 MATLAB 6.5/Simulink 5.0, 其功能在原有基础上有了进一步的改进。日前, Math Works 公司推出了 MATLAB R14, 即 MATLAB 7/Simulink 6.0, 其中主要包括 12 个新产品模块, 同时升级了 28 个产品模块。

目前, MATLAB 已经成为国际最为流行的科学与工程计算的软件之一, 以其模块化的计算方法、可视化与智能化的人机交互功能、丰富的矩阵运算、图形绘制和数据处理函数, 以及模块化图形组态的动态系统仿真工具 Simulink, 成为控制系统设计和仿真领域最受欢迎的软件系统。

1.2.2 MATLAB 的语言特点

除了 MATLAB 语言独有的强大数值计算和图形功能以外, 它还有其他语言难以比拟的功能。此外, 它和其他语言的接口能够保证它可以和各种强大的计算机软件相结合, 发挥更大的作用。

MATLAB 目前可以在各种类型的计算机上运行, 如在 PC、Sun Space 工作站、Silicon Graphics 工作站、惠普工作站、Solaris 工作站和其他一些机器上完全兼容。如果单纯地使用 MATLAB 语言进行编程, 则编写的程序可以直接移植到其他机型上使用。所以说, 与其他语言不同, MATLAB 是和机器类型及操作系统基本上无关的。

MATLAB 语言具有较高的运算精度。一般情况下, 在矩阵类运算中可以达到 10^{-15} 数量级的精度, 符合一般科学与工程运算的要求。

如果矩阵的条件数很大, 则矩阵中一个参数的微小变化, 就可能会使最终结果发生极大的变化, 这种现象在数学上称为坏条件问题。如果采用的算法不当, 则最后得出的结果可能是不正确的。采用 MATLAB 语言一般不会出现这类错误, 即 MATLAB 是可靠的、数值稳定的, 而采用其他高级语言编写出来的程序在求解这类问题时, 如选择的算法不当则可能得出错误结果。

1.2.3 MATLAB 7 的新特点

MATLAB 7 对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算和文件 I/O 等方面进行了升级, 具体如下。

1. 开发环境

(1) 重新设计了桌面环境, 对多文档界面应用提供了简便的管理和访问方法, 允许用户自定义桌面外观, 创建常用命令的快捷方式;

(2) 增强了数组编辑器 (Array Editor) 和工作空间浏览器 (Workspace Brower) 功能, 用于数据的显示、编辑和处理;

(3) 在当前目录浏览器 (Current Directory Browser) 工具中, 增加代码效率分析和覆

盖度分析等功能;

(4) M-Lint 编码分析, 辅助用户完成程序性能分析, 提高程序执行效率;

(5) 增强 M 文件编辑器 (M-Editor) 的功能, 支持多种格式源代码文件的可视化编辑, 如 C/C++、HTML、Java 等。

2. 编程

(1) 支持创建嵌套函数 (Nested Function), 提供更灵活的代码模块化方式;

(2) 支持匿名函数 (Anonymous Function) 功能, 可以在命令行或者脚本文件中创建单行函数 (Single Line Function);

(3) 支持条件分支断点, 可以在条件分支语句中进行程序中断调试;

(4) 支持模块化注释, 可以为代码段进行注释。

3. 数学

(1) 支持整数算术运算;

(2) 支持单精度数据类型运算, 包括基本算术运算、线性代数运算、FFT 等;

(3) 使用更强大的计算算法包 Qhull 2002.1, 提供更丰富的算法支持;

(4) 支持 linsove 函数, 用于处理线性代数方程求解;

(5) 支持 ODE 求解器, 能够处理隐性微分方程组及多点边界问题。

4. 图形和 3-D 可视化

(1) 新图形窗口界面;

(2) 直接从图形窗口生成 M 代码, 可以完成用户自定义绘图;

(3) 增强图形窗口注释;

(4) 数据侦测工具 (Data Exploration Tools), 提供丰富的数据观测手段;

(5) 自定义图形对象, 提供丰富的图形显示能力;

(6) GUIDE 新增对用户界面面板和 ActiveX 控件的支持;

(7) 增强句柄图形对象, 支持完整的 TeX 和 LaTeX 字符集。

5. 文件 I/O 和外部接口

(1) 新增文件 I/O 函数, 支持读取任意格式文本数据文件, 并且支持写入 Excel 和 HDF5 格式数据文件;

(2) 具有压缩功能的 MAT 文件格式, 支持快速数据文件 I/O 能力;

(3) javaaddpath 函数, 无需重新启动 MATLAB 完成 Java 类的加载、删除等功能;

(4) 支持 COM、服务器事件及 VBS;

(5) 支持 SOAP, 使用网络服务;

(6) 支持 FTP 对象, 可以直接访问 FTP 服务器;

(7) 支持 Unicode 编码格式, 增强 MAT 文件字符集。

6. 性能与系统平台支持

(1) JIT 加速器支持所有的数值数据类型;

(2) Windows XP 系统下支持 3GB 内存访问。