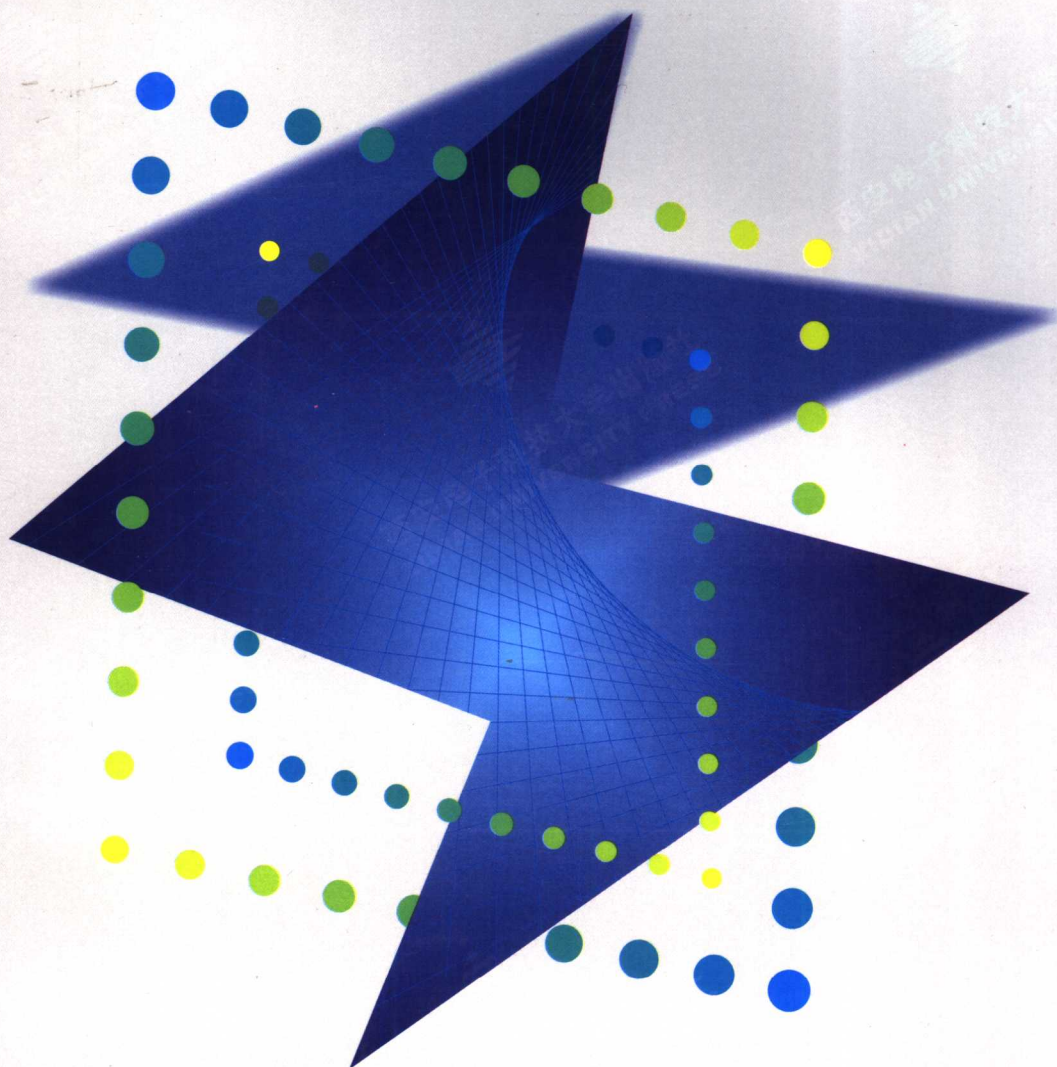


MATLAB

在自动控制中的应用

吴晓燕 张双选 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

MATLAB

在自动控制中的应用

第二版 孙洪波 编



MATLAB 7.0 版本
MATLAB 7.0 版本

MATLAB 在自动控制中的应用

吴晓燕 张双选 编著

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书以 MATLAB 在自动控制中的应用为主线,全面、系统地介绍了应用 MATLAB 7.1 进行控制系统建模、仿真、分析与设计的原理和方法。本书主要内容包括 MATLAB 入门及常用功能,控制系统数学模型的建立及转换,控制系统分析与设计,基于 Simulink 6.3 的控制系统建模与仿真,反馈控制系统分析与设计工具等。在这些内容的基础上,本书还给出了许多精心设计的实例以及 MATLAB 的典型应用案例。

本书可作为高等院校自动化专业本科生的教材或参考书,还可作为研究生、教师和科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 在自动控制中的应用/吴晓燕等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2006.9

ISBN 7-5606-1695-X

I. M… II. 吴… III. 自动控制系统—计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 066503 号

策 划 臧延新 陈宇光

责任编辑 阎 彬 臧延新 陈宇光

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com

E-mail: xdupfxb@pub. xaonline. com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 22.625

字 数 538 千字

印 数 1~4000 册

定 价 34.00 元

ISBN 7-5606-1695-X/TP·0418

XDUP 1987001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

MATLAB 最初主要用于矩阵数值的计算,随着它的版本的不断升级,其功能越来越强大,应用范围也越来越广阔。如今, MATLAB 已经发展成为国际上非常流行的科学与工程计算语言之一,它使用方便、输入简捷、运算高效、内容丰富,是高等院校理工科教学和科研中常用且必不可少的工具之一,掌握 MATLAB 已经成为相关专业大学生、研究生和教师的必备技能。

MATLAB 在我国的应用已有十多年的历史,而自动控制则是其最重要的应用领域之一,自动控制系统的建模、分析、设计及应用等都离不开 MATLAB 的支持。本书作者长期从事自动控制理论课程的教学,从 MATLAB 4.0 开始,就一直将其应用于教学和科研工作中。在多年的教学与科研实践中,作者深深感到,对于自动化专业的本科生来说, MATLAB 是一种必须掌握的现代计算工具,由此萌发了编写本书的想法。

本书内容取自作者多年来为本科生讲授“控制系统 CAD”、“控制系统数字仿真”等课程的讲义以及本科生的课程设计和毕业设计,并经过作者进一步的充实与提炼,在 MATLAB 7.1/Simulink 6.3 的基础上编写而成。本书具有以下特点:

- (1) 与自动控制理论课程衔接紧密,内容全面广泛,例题丰富,实用性强。
- (2) 突出了应用 Simulink 进行控制系统建模、仿真与分析的内容。
- (3) 系统地介绍了基于 MATLAB 的反馈控制系统分析与设计实用工具。
- (4) 提供了 MATLAB 应用的典型案例。

全书共分为 7 章。第 1 章是 MATLAB 简介,介绍 MATLAB 的特点及概况,使读者对 MATLAB 有一个概略的了解;第 2 章介绍 MATLAB 的基本使用方法及常用功能,如 MATLAB 的基本操作、数值运算与符号运算、图形表达功能以及程序设计基础等,本章内容是后续章节的基础;第 3 章介绍应用 MATLAB 建立和转换控制系统数学模型的方法,涉及的数学模型包括线性定常系统的传递函数(或传递函数矩阵)、脉冲传递函数以及状态空间表达式,本章内容为控制系统的分析与设计打下基础;第 4 章介绍应用 MATLAB 进行控制系统分析与设计的方法;第 5 章介绍基于 Simulink 的控制系统建模与仿真,读者可以在本章领略 Simulink 的强大功能;第 6 章介绍 MATLAB 的反馈控制

系统分析与设计工具；第 7 章介绍 MATLAB 应用案例。本书附录 A 介绍 MATLAB Notebook 与 Microsoft Word 的连接方法，附录 B 为缩略词表。

本书第 1、2、5 章和 6.3、7.4 节由吴晓燕编写，第 3、4 章和 6.1、6.2、7.1~7.3 节及附录由张双选编写，周延延为本书的编写做了许多工作。本书由吕辉教授主审，他仔细阅读了书稿，并提出了许多有益的建议，在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中参考了大量的资料和文献，由于篇幅所限，没有全部列入参考文献，我们对这些资料的作者深表谢意。

由于作者水平有限，难免有错漏之处，敬请读者批评指正。欢迎读者通过作者的电子信箱 x-ywu@126.com 和 sx-zh@126.com 与作者联系。

作 者
2006 年 5 月

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~国家级、部级重点教材~~~~~

计算机系统结构(第四版)(统编)	25.00
离散数学(第三版)(统编)(乔维声)	16.00
雷达对抗原理(统编)	15.00
雷达原理(第三版)	23.00
通信网的安全——理论与技术	42.00
模拟电子线路基础(傅丰林)	16.00
移动通信(第三版)(统编)(郭梯云)	26.00
智能控制理论和方法	18.00

~~~全国信息技术水平考试指定教材~~~

计算机网络信息安全理论与实践教程	32.00
网页设计与网站开发基础教程	54.00
中小校园网络管理基础教程	19.00
中小校园网络管理实验教程	25.00

~~~~~计算机提高普及类~~~~~

计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)	19.00
计算机组装与维护(高职)(杜飞明)	22.00
计算机组装与维护实用教程(第二版)(高职)	29.00
计算机应用基础(Windows 2000 &Office 2002)(教育部高职)	23.00
《计算机应用基础》实践技能训练 与案例分析(教育部高职)	11.00
计算机综合能力实训教程(高职)	10.00
办公自动化技术及应用教程	22.00
办公自动化设备的使用和维护 (第二版)(高职)	18.00
网络办公自动化技术及应用(高职)	21.00

~~~~~计算机网络类~~~~~

Internet基础与使用(第二版)(高职)	13.00
计算机网络安全(高职)	15.00
计算机网络管理	20.00
网络安全技术(高职)	17.00
网络安全与保密	24.00
网络信息安全技术	17.00

网络信息安全	11.00
网站建设与维护(崔良海)	18.00
网站建设与维护(廖常武)	19.00
Internet技术及其应用教程	15.00
Windows网络程序设计	26.00
嵌入式系统原理与开发	21.00
通信网理论与技术	25.00
计算机图形图像与网页制作(高职)	19.00
互联网实用技术与网页制作(高职)	14.00
局域网组建、管理与维护(高职)	20.00
综合布线技术(高职)	18.00
计算机网络技术导论	16.00
计算机网络(第二版)(袁家政)	26.00
计算机网络技术(刘敏涵)	20.00
计算机网络(第二版)(蔡皖东)	18.00
计算机网络(第二版)(雷振甲)	21.00
计算机网络工程	20.00
计算机网络实验教程	14.00
计算机组网实验教程	23.00
计算机网络学习辅导及习题详解	23.00
网络工程设计与实践	29.00
网络应用程序设计	21.00
现代网络技术	24.00
网络计算	19.00

~~~~~计算机技术类~~~~~

计算机系统结构(陈智勇)	22.00
计算机系统设计——概念与技术(洪龙)	18.00
计算机组成原理 与系统结构实验教程(杨小龙)	12.00
计算机系统安全	22.00
实用计算机类毕业设计指导	18.00
计算机原理课程设计	10.00
电子政务理论与实务	20.00
电子商务概论(李晓燕)	17.00
电子商务概论(宋沛军)	20.00

电子商务基础与应用(第四版)(含盘)	34.00	~~~~~操作系统类~~~~~	
电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00	计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	17.00
数据结构(C)(第二版)(杨秀金)	20.00	计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00
《数据结构》算法实现及解析		《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00
——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版)		计算机操作系统(王津)	16.00
(含光盘)(第二版)	35.00	计算机操作系统(孙雅如)	15.00
数据结构——使用C++语言(第二版)	23.00	计算机操作系统(方敏)	28.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00	计算机操作实训教程(张晓云)(高职)	18.00
计算方法与实习(高职)	11.00	操作系统教程——Linux实例分析(孟)	21.00
算法设计与分析	15.00	Linux操作系统实用教程(高职)	20.00
编译原理教程(第二版)	18.00	Linux实训指导教程(高职)	13.00
《编译原理教程(第二版)》		~~~~~图形处理类~~~~~	
习题解析与上机指导	18.00	多媒体技术及应用(王坤)	21.00
离散数学(蔡英)	21.00	多媒体软件设计技术(第二版)	20.00
《离散数学》学习指导书	16.00	多媒体技术与应用(第二版)(傅献祯)	16.00
离散数学(马光思)	22.00	多媒体技术教程(杨安琪)	20.00
离散数学——精讲·精解·精练	24.00	计算机图形学(张义宽)	20.00
软件工程(第二版)	22.00	计算机图形学(丁爱玲)	14.00
软件工程与数据库概论	14.00	计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)	26.00
信息系统分析与设计(卫红春)	19.00	计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00
信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	18.00	数字图像处理	20.00
信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	14.00	3DS MAX 6.0实用教程(高职)	23.00
人工智能技术导论(第二版)	18.00	~~~~~微机与控制类~~~~~	
~~~~~计算机辅助技术类~~~~~		微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
电子工程制图(含习题集)(高职)	25.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00
工程制图(含习题集)(高职)	22.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)	24.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
计算机绘图(第二版)	25.00	《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00
DSP应用技术(高职)	25.00	微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00
现代DSP技术	22.00	80X86微机原理与接口技术	26.00
电子电路CAD程序及其应用(高职)	16.00	单片机原理及接口技术(喻宗泉)	15.00
电子线路CAD实用教程(第二版)	22.00	单片机应用实训教程(高职)	22.00
电子工艺与电子CAD(高职)	14.00	单片机原理与应用技术	19.00
电子电路EDA技术	15.00	新编单片机原理与应用(第二版)	22.00
EDA技术及应用(第二版)	24.00	可编程序控制器原理及应用(第二版)	22.00
EDA技术综合应用实例与分析	22.00	计算机控制技术(高职)(温希东)	12.00
EDA技术与数字系统设计(高职)	14.00	计算机外部设备(第二版)	17.00
数字电路EDA设计(高职)	19.00		

微机外围设备的使用与维护 (高职)	19.00	模拟电子技术 (第二版) (江晓安)	18.00
微机结构组成与外部设备 (第二版) (高职)	17.00	《模拟电子技术》学习指导与题解	12.00
~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~			
数据库原理 (第二版) (郭盈发)	16.00	模拟电子技术实验 (高职)	9.00
数据库原理 (高荣芳)	18.00	模拟电子技术实训 (高职)	9.00
Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用 (高职)	21.00	《模拟电子技术 (修订版)》	
基于VFP和SQL的数据库技术及应用	16.00	目标测试及习题全解	11.00
SQL Server 2000应用基础与实训教程 (高职)	19.00	《电路分析 (修订版)》	
Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程 (高职)	17.00	学习指导及习题全解 (高职)	19.00
数据库技术及应用 (高职)	14.00	电子产品工艺实训 (高职)	15.00
网络数据库技术及应用 (高职)	20.00	电子工艺实训教程	19.00
C++程序设计语言	20.00	电工技能实训基础 (高职)	14.00
《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00	电工中级技能实训 (高职)	15.00
新编 C 语言程序设计教程 (第二版)	22.00	流行PLC实用程序及设计	32.00
《新编 C 语言程序设计教程 (第二版)》		多媒体通信技术 (王汝言)	23.00
习题解答与实验指导	15.00	现代通信系统	24.00
C++Builder 6.0 程序设计 (高职)	19.00	现代通信系统导论 (高职)	18.00
Visual Basic 程序设计 (第二版)	20.00	通信电路 (沈伟慈)	18.00
Visual Basic.NET 程序设计教程 (高职)	18.00	通信电源 (高职)	14.00
汇编语言程序设计 (第二版) (韩海)	18.00	通信系统 (修订版) (王秉钧)	22.00
汇编语言程序设计 (李强)	23.00	现代通信网概论	25.00
汇编语言程序设计 (李革新)	19.00	现代通信理论与技术导论	25.00
微型计算机汇编语言程序设计 (龚)	23.00	现代通信技术与网络应用	23.00
面向对象程序设计与VC++实践	22.00	现代通信新技术	20.00
面向对象程序设计与C++语言 (第二版)	18.00	数字移动通信技术	15.00
面向对象程序设计教程	19.00	通信工程专业英语	12.00
面向对象程序设计——JAVA (第二版)	32.00	微波技术与天线	17.00
跨平台程序设计语言——JAVA	24.00	微波技术及应用	20.00
JAVA语言程序设计教程	18.00	电磁波——传输·辐射·传播	26.00
JAVA程序设计 (高职)	18.00	锁相技术	14.80
~~~~~电子技术类~~~~~			
测试与计量技术基础	19.00	计算机通信网 (沈金龙)	24.00
测试技术基础	15.00	计算机通信网 (修订版) (刘后铭)	18.00
现代测控技术	20.00	计算机数据通信教程 (张燕)	15.00
传感器原理及工程应用 (第二版)	20.00	纠错码——原理与方法 (王新梅)	35.00
模拟电子技术 (第二版) (教育部高职)	17.00	编码理论	19.00
模拟电子电路基础 (王卫东)	23.00	现代交换技术	20.00
		程控交换技术实用教程 (李正吉) (高职)	11.00
		程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
		数字视觉视频技术 (研究生)	26.00

数据融合理论与应用 (第二版)	20.00	机械加工技术 (高职) (魏康民)	24.00
自动控制原理 (赵四化)	16.00	计算机辅助机械设计 (秦汝明)	19.00
自动控制原理 (薛安克)	19.00	数控机床原理与编程 (高职) (陈富安)	20.00
《自动控制原理》学习指导与题解 (方斌)	22.00	数控加工与编程 (高职)	19.00
自动控制原理及其应用 (高职)	15.00	数控加工工艺 (高职) (赵长旭)	22.00
智能化仪器原理及应用 (曹建平)	16.00	数控编程与操作 (高职) (秦启书)	16.00
楼宇自动化 (高职)	14.00	数控技术及应用 (高职) (马一民)	17.00
电梯原理及逻辑排故 (高职)	22.00	数控机床故障分析与维修 (高职) (潘海丽)	19.00
~~~~~家用电器与机电类~~~~~		数控机床电气控制 (高职) (姚勇刚)	21.00
电视原理与系统 (赵坚勇)	16.00	机电一体化技术 (高职)	17.00
电视原理与电视机检修 (高职)	16.00	机床电器 PLC (高职) (李伟)	14.00
数字电视技术	20.00	机床电气与 PLC (高职)	16.00
电器原理与技术 (裴昌幸)	24.00	电机及拖动基础 (高职) (孟宪芳)	17.00
调音技术 (高职)	16.00	电机拖动与控制 (高职) (刘保录)	25.00
音响技术	13.00	电机与电气控制 (高职) (冉文)	23.00
现代音响与调音技术	19.00	电切削加工技术 (高职) (詹华西)	13.00
电气控制与 PLC 原理及应用 (常文平)	17.00	金属切削与机床 (高职) (聂建武)	22.00
工程力学 (皮智谋) (高职)	12.00	模具制造技术 (高职) (刘航)	22.00
工程力学 (史艺农) (高职)	23.00	液压与气动技术 (朱梅)	19.00
工程材料与热加工技术 (高职) (程晓宇)	20.00	特种加工技术 (周旭光)	10.00
机械工程基础 (李茹) (高职)	26.00	汽车电工电子技术 (高职) (袁建华)	20.00
机械设计基础 (赵冬梅) (高职)	21.00	工业机器人技术 (高职) (郭洪红)	16.00
机械设计基础 (张京辉) (高职)	24.00	互换性与技术测量 (高职) (杨好学)	16.00
机械设计基础 (郭红星) (高职)	20.00	车工基本技能训练 (高职) (武建荣)	6.00
机械基础 (周家泽)	17.00	钳工基本技能训练 (高职) (彭彦)	5.00
机械 CAD/CAM 技术 (方新)	20.00	焊接基本技能训练 (高职) (王红英)	6.00
机械制图 (刘家平) (高职)	32.00	建筑管道工基本技能训练 (高职) (陈斐明)	8.00
机械制造工艺装备 (高职) (吴秀佳)	19.00	铣工基本技能训练 (高职) (韩振武)	4.00
机械制造技术 (高职) (邵堃)	24.00	高等教育管理导论 (研究生)	36.00

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮寄费 (一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

目 录

第 1 章 MATLAB 简介	1	2.4.3 符号表达式的操作	44
1.1 概述	1	2.4.4 符号积分变换	47
1.2 桌面启动	3	2.5 图形表达功能	52
1.3 通用操作界面简介	4	2.5.1 二维绘图	52
1.4 运行方式	5	2.5.2 图形注释	57
1.5 图形窗口	6	2.5.3 特殊坐标绘图	60
1.6 帮助系统	6	2.5.4 三维绘图	63
1.7 工具箱	9	2.5.5 句柄图形简介	66
1.7.1 控制系统工具箱	10	2.6 程序设计基础	68
1.7.2 Simulink	10	2.6.1 M 文件	68
1.7.3 其他解决控制领域问题的 工具箱	11	2.6.2 M 文件编辑/调试器	72
1.8 安装和内容选择	11	2.6.3 程序设计基础	73
第 2 章 MATLAB 基本使用方法及常用 功能介绍	13	第 3 章 数学模型的 MATLAB 描述	81
2.1 应用基础	13	3.1 控制系统的数学模型	81
2.1.1 最简单的计算器使用方法	13	3.1.1 线性定常连续系统	81
2.1.2 矩阵	14	3.1.2 线性定常离散系统	83
2.1.3 MATLAB 的基本要素	17	3.2 数学模型的建立	83
2.2 基本操作	21	3.2.1 传递函数模型	84
2.2.1 命令窗口	21	3.2.2 状态空间模型	88
2.2.2 命令历史窗口	24	3.2.3 零点增益模型	92
2.2.3 当前目录浏览器	25	3.2.4 频率响应数据模型	95
2.2.4 工作空间浏览器	25	3.3 数学模型参数的获取	98
2.2.5 数组编辑器	26	3.4 数学模型的转换	100
2.2.6 数据文件的存取	27	3.4.1 连续时间模型转换为离散 时间模型	100
2.3 数值运算	28	3.4.2 离散时间模型转换为连续 时间模型	101
2.3.1 向量及其运算	28	3.4.3 离散时间系统重新采样	102
2.3.2 数组及其运算	30	3.4.4 传递函数模型转换为状态 空间模型	103
2.3.3 基本数学函数运算	33	3.4.5 传递函数模型转换为零极点 增益模型	104
2.3.4 矩阵的函数运算	34	3.4.6 状态空间模型转换为传递函数 模型	104
2.3.5 多项式及其运算	37	3.4.7 状态空间模型转换为零极点 增益模型	105
2.4 符号运算	41		
2.4.1 符号对象的创建和使用	41		
2.4.2 符号运算中的运算符和基本 函数	42		

3.4.8 零极点增益模型转换为传递函数模型	106	5.1.3 Simulink 模型窗口的组成	203
3.4.9 零极点增益模型转换为状态空间模型	107	5.2 Simulink 模块库模块功能介绍	204
3.5 数学模型的连接	108	5.2.1 常用模块组	204
3.5.1 优先原则	108	5.2.2 连续模块组	205
3.5.2 串联连接	109	5.2.3 非连续模块组	206
3.5.3 并联连接	110	5.2.4 离散模块组	207
3.5.4 反馈连接	112	5.2.5 数学运算模块组	209
3.5.5 添加连接	115	5.2.6 信源模块组	211
3.5.6 复杂模型的连接	116	5.2.7 信宿模块组	213
第4章 控制系统分析与设计	120	5.3 Simulink 基本建模方法	216
4.1 控制系统的时域分析	120	5.3.1 Simulink 模型概念	216
4.1.1 基本概念	120	5.3.2 Simulink 模型窗口的操作	216
4.1.2 时域分析方法	122	5.3.3 模块操作	217
4.2 控制系统的频域分析	144	5.3.4 信号线的操作	220
4.2.1 基本概念	144	5.3.5 模型的注释	222
4.2.2 频域分析方法	146	5.4 Simulink 模型的仿真运行	223
4.3 控制系统根轨迹法	160	5.4.1 仿真运行	223
4.3.1 基本概念	160	5.4.2 仿真参数的配置	223
4.3.2 根轨迹分析方法	161	5.5 连续时间系统建模与仿真	228
4.4 状态空间模型的线性变换及简化	165	5.5.1 线性连续时间系统	228
4.4.1 基本概念	165	5.5.2 非线性连续时间系统	237
4.4.2 线性变换及简化	168	5.6 离散时间系统建模与仿真	246
4.5 状态空间法分析	173	5.6.1 离散时间系统建模概述	246
4.5.1 基本概念	173	5.6.2 线性定常离散时间系统建模与仿真	247
4.5.2 可控性与可观性分析	176	5.6.3 非线性离散时间系统建模与仿真	249
4.5.3 稳定性分析	182	5.7 非线性系统的线性化	250
4.6 状态空间法设计	184	5.7.1 非线性系统的工作点	250
4.6.1 基本概念	184	5.7.2 非线性系统的线性化	250
4.6.2 极点配置问题求解	185	5.7.3 应用线性化方法求系统的数学模型	253
4.7 线性二次型问题的最优控制	187	5.8 子系统创建及封装技术	255
4.7.1 最优控制的基本概念	187	5.8.1 Simulink 子系统及创建	255
4.7.2 线性二次型最优控制问题及求解	188	5.8.2 封装子系统	259
4.7.3 最优观测器问题及求解	193	5.8.3 创建模块库	266
4.7.4 LQR/LQG 设计	196	5.9 S 函数及其应用	267
第5章 基于 Simulink 的控制系统建模与仿真	201	5.9.1 S 函数的概念	267
5.1 Simulink 基本操作及模块库	201	5.9.2 Simulink 的仿真机理	268
5.1.1 运行 Simulink	201	5.9.3 S 函数的基本结构	269
5.1.2 Simulink 模块库	202	5.9.4 S 函数设计举例	272
第6章 反馈控制系统分析与设计工具	278		

6.1 LTI Viewer 及使用	278	7.1.5 反馈校正设计	321
6.1.1 LTI Viewer 显示窗口	279	7.1.6 LQR 校正设计	322
6.1.2 模型数据的导入	280	7.2 计算机硬盘读/写磁头位置控制器 设计	323
6.1.3 图形窗口中显示曲线的设置	280	7.2.1 硬盘读/写磁头的数学模型及 MATLAB 描述	324
6.1.4 多种响应形式的配置	282	7.2.2 模型离散化及性能分析	324
6.1.5 多个模型曲线的显示	282	7.2.3 附加超前校正装置及性能分析	326
6.1.6 模型显示的选择	284	7.2.4 闭环控制系统设计与性能分析	327
6.2 SISO 设计工具及使用	284	7.3 飞机偏航阻尼器设计	329
6.2.1 SISO 设计工具窗口	286	7.3.1 数学模型及 MATLAB 描述	329
6.2.2 系统数据的导入	287	7.3.2 校正前系统性能分析	331
6.2.3 响应曲线的设定	287	7.3.3 校正装置设计	334
6.2.4 右击菜单的使用	288	7.3.4 校正后系统性能分析	337
6.2.5 Bode 图设计方法	288	7.4 飞行器控制系统综合与分析	339
6.2.6 根轨迹设计方法	296	7.4.1 飞行器控制系统数学模型	339
6.2.7 校正装置及模型参数的导出	301	7.4.2 飞行器控制系统综合与分析的 内容	340
6.2.8 将模型参数导出至 Simulink 仿真模型	302	7.4.3 校正装置参数优化设计	341
6.3 Simulink 响应最优化软件包	303	7.4.4 时域性能分析	343
6.3.1 控制系统优化设计概述	303	7.4.5 频域性能分析	345
6.3.2 SRO 功能及模块库	304	附录 A MATLAB Notebook 与 Microsoft Word 的连接	348
6.3.3 给定性能指标的优化设计	307	A.1 Notebook 的安装与启动	348
6.3.4 跟踪参考信号的优化设计	311	A.2 Notebook 的使用	349
6.3.5 模型参数不确定的优化设计	315	A.3 使用 Notebook 的注意事项	352
第 7 章 MATLAB 应用案例	318	附录 B 缩略词表	353
7.1 直流电动机速度控制	318	参考文献	354
7.1.1 直流电动机的数学模型	318		
7.1.2 数学模型的 MATLAB 描述	319		
7.1.3 电枢电压 $u_a(t)$ 作用下的单位 阶跃响应	320		
7.1.4 前馈校正设计	320		

第 1 章 MATLAB 简介

1.1 概 述

MATLAB 是 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写,是由美国 The MathWorks 公司于 1984 年推出的一种科学与工程计算语言。20 世纪 80 年代初, MATLAB 的创始人 Cleve Moler 博士在美国 New Mexico 大学讲授线性代数课程时,构思并开发了 MATLAB。该软件一经推出,就备受青睐和瞩目,其应用范围也越来越广阔。后来, Moler 博士等一批数学家与软件专家组建了 The MathWorks 软件开发公司,专门扩展并改进 MATLAB。这样, MATLAB 就于 1984 年推出了正式版本,到 2005 年, MATLAB 已经发展到了 7.1 版。

与其他计算机语言相比较, MATLAB 具有其独树一帜的特点:

(1) 简单易学。尽管 MATLAB 是一门编程语言,但与其他语言(如 C 语言)相比,它不需要定义变量和数组,使用更加方便,并具有灵活性和智能化特色。用户只要具有一般的计算机语言基础,很快就可以掌握它。

(2) 代码短小高效。MATLAB 程序设计语言集成度高,语句简洁,往往用 C/C++ 等程序设计语言编写的数百条语句,若使用 MATLAB 编写,几条或十几条语句就能解决问题,而且程序可靠性高,易于维护,可以大大提高解决问题的效率和水平。

(3) 功能丰富,可扩展性强。MATLAB 软件包括基本部分和专业扩展部分。基本部分包括矩阵的运算和各种变换、代数与超越方程的求解、数据处理及数值积分等,可以满足一般科学计算的需要。专业扩展部分称为工具箱(Toolbox),用于解决某一方面和某一领域的专门问题。MATLAB 的强大功能在很大程度上都来源于它所包含的众多工具箱。大量实用的辅助工具箱适合具有不同专业研究方向及工程应用需求的用户使用。

(4) 强大的图形表达功能。MATLAB 提供了丰富的图形表达函数,可以用最直观的语句将实验数据或计算结果用图形的方式显示出来,并可以将一些难以表示出来的隐函数直接用曲线绘制出来,不仅可以方便、灵活地绘制一般的二维、三维图形,还可以绘制工程特性较强的特殊图形。MATLAB 还允许用户用可视化的方式编写图形用户界面(Graphical User Interface, GUI),其难易程度与 Visual Basic 相仿,从而使用户可以容易地应用 MATLAB 编写通用程序。

(5) 强有力的系统仿真功能。应用 MATLAB 最重要的软件包之一——Simulink 提供的面向框图的建模与仿真功能,可以很容易地构建动态系统的仿真模型,准确地进行仿真分析。Simulink 模块库的模块集允许用户在一个 GUI 框架下对含有控制环节、机械环节和电子/电机环节的系统进行建模与仿真,这是目前其他计算机语言无法做到的。

正是因为 MATLAB 具有这些特点，因而风靡全球，不仅成为国际上最受欢迎的科学与工程计算软件之一，而且成为国际上最流行的控制系统计算机辅助设计的工具。很多国际控制界的名流以及相应领域的著名专家都将自己擅长的控制理论及计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 方法用 MATLAB 加以实现，编写了大量的控制理论及 CAD 应用工具箱 (即控制理论与 CAD 应用程序集)，这不仅大大提高了 MATLAB 的声誉与可信度，而且也进一步促进了 MATLAB 的普及与应用。

现在的 MATLAB 已经不仅仅是一个“矩阵实验室”了，它已经成为一种具有广阔应用前景的全新的计算机高级编程语言。特别是图形交互式仿真环境——Simulink 的出现，为 MATLAB 的应用拓展了更加广阔的空间。目前，MATLAB 不仅流行于控制界，而且在系统仿真、信号分析与处理、通信与电子工程、雷达工程、虚拟制造、生物医学工程、语音处理、图像信号处理、计算机技术以及财政金融等领域中也都有着极其广泛的应用。可以毫不夸张地说，掌握了 MATLAB 就好比拥有了开启这些专业领域大门的钥匙。

图 1.1 为 MATLAB 及其产品系列示意图。

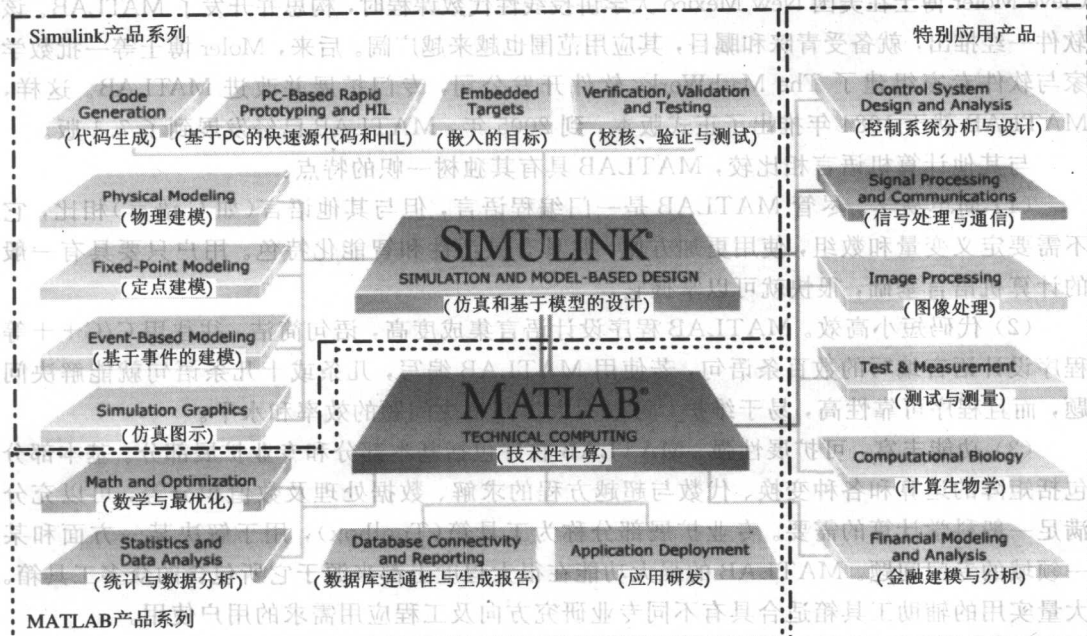


图 1.1 MATLAB 及其产品系列示意图

MATLAB 是美国和其他发达国家大学教学和科学研究中最常用且必不可少的工具。同时，在国外的大学工科院校中，尤其是在数值计算应用最为频繁的电子信息技术类学科中，它已成为每个学生都应掌握的工具之一。使用 MATLAB 后，大大提高了课程教学、作业解题和分析研究的效率。近年来，MATLAB 在国内的知名度也越来越高，已被广泛地应用于教学和科研的许多领域，并逐渐成为国内一些高校的本科生必须学习和掌握的工具之一。

本章基于 MATLAB 7.1 版，对 MATLAB 作以简要介绍，希望能为读者学习和掌握 MATLAB 起到引导作用。

1.2 桌面启动

MATLAB 7.1 版含有大量的交互工作界面,包括通用操作界面、工具包专用界面、帮助界面及演示界面等。所有这些交互工作界面按一定的次序和关系被链接在称为“MATLAB 桌面(Desktop)”的一个高度集成的工作界面中。图 1.2 为缺省的 MATLAB 7.1 桌面。桌面的上层铺放着三个最常用的界面(或窗口),即:命令窗口(Command Window)、命令历史(Command History)窗口及当前目录(Current Directory)浏览器。缺省情况下,还有一个只能看到窗口名称的工作空间(Workspace)浏览器,它被铺放在桌面下层。

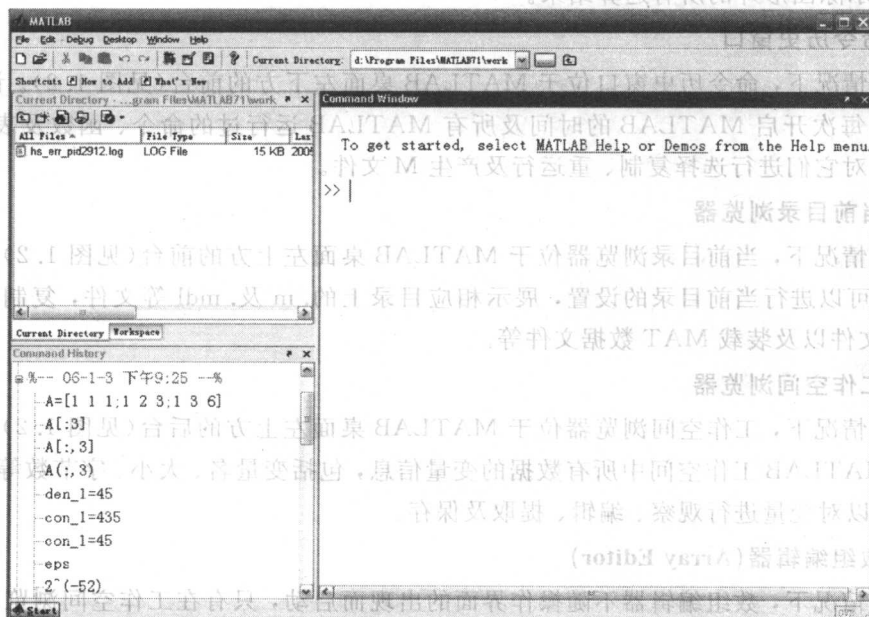


图 1.2 缺省的 MATLAB 7.1 桌面

通常,启动 MATLAB 桌面主要采用以下两种方法。

方法一:在 Windows 桌面上,用鼠标左键双击 MATLAB 的快捷方式图标,系统就会进入 MATLAB 的工作环境,首先出现 MATLAB 的标志图形,接着打开 MATLAB 桌面,如图 1.2 所示。采用这种方式打开的 MATLAB 桌面以 matlab71\work 为当前目录。

注意,在 MATLAB 成功安装后,会在 Windows 桌面上自动生成 MATLAB 的快捷方式图标。而且, MATLAB 桌面上窗口的多少与设置有关,图 1.2 所示的桌面为缺省情况,前台有三个窗口。

方法二:用鼠标左键双击 matlab71\bin\win32 文件夹中的 MATLAB.exe(其图标是 ) ,也会打开类似于图 1.2 所示的 MATLAB 桌面。方法二与方法一的惟一区别是,采用这种方式打开的 MATLAB 桌面以 matlab71 文件夹为当前目录。

建议读者优先采用“方法一”启动 MATLAB。

1.3 通用操作界面简介

MATLAB 通用操作界面是 MATLAB 交互工作界面的重要组成部分, 涉及内容很多, 本节仅简要介绍最基本和最常用的八个交互工作界面, 其中一些交互工作界面的基本操作方法将在 2.2 节详细介绍。

1. 命令窗口

缺省情况下, 命令窗口位于 MATLAB 桌面的右侧(见图 1.2), 是用户与 MATLAB 进行人机对话的最主要环境。在该窗口内, 可输入各种由 MATLAB 运行的命令、函数、表达式, 显示除图形外的所有运算结果。

2. 命令历史窗口

缺省情况下, 命令历史窗口位于 MATLAB 桌面左下方的前台(见图 1.2)。该窗口记录并显示每次开启 MATLAB 的时间及所有 MATLAB 运行过的命令、函数及表达式等, 允许用户对它们进行选择复制、重运行及产生 M 文件。

3. 当前目录浏览器

缺省情况下, 当前目录浏览器位于 MATLAB 桌面左上方的前台(见图 1.2)。在该浏览器中, 可以进行当前目录的设置, 展示相应目录上的 .m 及 .mdl 等文件, 复制、编辑和运行 M 文件以及装载 MAT 数据文件等。

4. 工作空间浏览器

缺省情况下, 工作空间浏览器位于 MATLAB 桌面左上方的后台(见图 1.2)。该窗口列出了 MATLAB 工作空间中所有数据的变量信息, 包括变量名、大小、字节数等。在该窗口中, 可以对变量进行观察、编辑、提取及保存。

5. 数组编辑器(Array Editor)

缺省情况下, 数组编辑器不随操作界面的出现而启动, 只有在工作空间浏览器中对变量进行操作时才启动。

6. 开始(Start)按钮

启动 MATLAB 后, 在 MATLAB 桌面的左下角可以看到一个图标  (见图 1.2), 这是在 MATLAB 6.5 及以后版本中新增加的开始按钮。用鼠标左键单击该按钮之后会出现 MATLAB 的现场菜单, 见图 1.3。该菜单的菜单子项列出了已安装的各类 MATLAB 组件和桌面工具。

7. M 文件编辑/调试器(Editor/Debugger)

缺省情况下, 该编辑/调试器不随操作界面的出现而启动, 只有当进行“打开文件”等操作时, 该编辑/调试器才启动。详细介绍见 2.2 节。

8. 帮助导航/浏览器(Help Navigator/Browser)

缺省情况下, 该浏览器并不随操作桌面的出现而启动, 只有在特意选择或设置的情况下, 才以独立交互界面的形式出现。该浏览器详尽展示了由超文本写成的在线帮助。