

高等学校规划教材

MATLAB与控制系统的 数字仿真及CAD

黄道平 编著



化学工业出版社
教材出版中心

TP273
256

高等学校规划教材

MATLAB 与控制系统的 数字仿真及 CAD

黄道平 编著

/ 0



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 与控制系统的数字仿真及 CAD/黄道平编
著. 北京: 化学工业出版社, 2004. 8
高等学校规划教材
ISBN 7-5025-5031-3

I. M… II. 黄… III. ①控制系统-数字仿真-软件包, MATLAB-高等学校-教材②控制系统-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 090896 号

高等学校规划教材
MATLAB 与控制系统的数字仿真及 CAD

黄道平 编著

责任编辑: 唐旭华

文字编辑: 麻雪丽

责任校对: 顾淑云 于志岩

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 366 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5031-3/G · 1340

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

全书共分为 10 章。第 2 章、第 3 章介绍了 Matlab 语言程序设计的基本内容(主要依据 Matlab6.5 版本),以此作为计算机语言基础。第 4 章、第 5 章介绍了连续控制系统和采样控制系统数字仿真的基本原理和方法。第 6 章、第 7 章介绍了基于计算机辅助的过程辨识及建模、过程控制系统参数最优化方法。第 8 章较详细地介绍了 Matlab 中重要的图形化系统建模与仿真工具 Simulink。第 9 章简介了 Matlab 中有关控制的工具箱以及基于 Matlab/Toolbox 的控制系统分析与设计的一些方法和例子。第 10 章简单介绍了基于 Matlab 的实时仿真与实时控制的方法。并根据多年教学和实践经验,书中结合介绍了许多实用的例子。书中部分章节亦可作为 Matlab 语言的入门,通俗易懂,内容安排深浅合适。

本书可作为自动化及相关专业的本科生教材,亦可作为相关专业研究生或工程技术人员的自学参考书。特别适合于没有单独开设 Matlab 语言而直接学习控制系统数字仿真和计算机辅助设计的读者。

前 言

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 是近几十年发展起来的一门新兴技术, 目前正成为工程设计及科学研究不可缺少的组成部分。数字仿真是计算机辅助设计的重要基础。作为自动化专业及相关专业的学生, 或从事自动控制系统研究、设计、分析及维护的工程技术人员, 掌握控制系统的数字仿真及计算机辅助设计知识是非常必要的, 它将给你的研究工作带来事半功倍的效果。

Matlab 语言作为科学计算语言, 其功能越来越强大, 特别是其中众多且完善的“工具箱”(Toolbox) 将使数字仿真和控制系统的计算机辅助设计获得许多便利。

本书在编著过程中还特别注意以下几点。

① 充分利用 Matlab 软件的功能, 将 Matlab 及其主要的相关“工具箱” Simulink 的知识与数字仿真和控制系统的计算机辅助设计的基本原理和方法有机地相结合。

② 整合传统教材中的数字仿真等内容, 删除部分过时的内容及方法。

③ 既介绍数字仿真和控制系统计算机辅助设计的基本原理和方法, 又介绍 Matlab 6.5 语言的基础知识及其主要相关的 Simulink 5.0 等“工具箱”, 以及它们在控制系统的数字仿真和计算机辅助设计方面的应用, 适合于没有单独开设 Matlab 语言而直接学习控制系统数字仿真和计算机辅助设计的读者。书中部分章节内容亦可作为 Matlab 语言的入门知识。

④ 引导性地介绍了基于 Matlab/Simulink 的实时仿真与实时控制的实现方法。

本书由华南理工大学黄道平教授编著。书中部分章节 (主要是数字仿真原理部分) 参照了本书作者与符永法教授早期所编的相应讲义, 在编写过程中还得到罗坤明等研究生的大力支持, 在此一并表示衷心的感谢。还感谢朱学峰老师、肖迺老师、姚楠老师等多年来的鼓励和支持。

本书力求通俗易懂, 内容安排深浅合适。它可作为自动化及相关专业的本科教材, 亦可作为相关专业研究生或工程技术人员的自学参考书。

由于作者水平所限, 在取材及编著过程中可能存在许多不当之处, 敬请读者批评指正。

若因制作电子课件等教学工作需要, 作者可免费提供相应章节的电子原稿。作者的联系方式: audhuang@scut.edu.cn

编著者

2004 年 6 月于华南理工大学

目 录

1 绪论	1
1.1 概述	1
1.2 计算机仿真技术的发展概况	2
1.3 计算机辅助设计控制系统的形成与发展	2
1.4 Matlab 语言与数字仿真及计算机辅助设计	3
习题与思考题 1	3
2 Matlab 语言简介	4
2.1 Matlab 概述	4
2.1.1 Matlab 语言的产生与发展	4
2.1.2 Matlab 语言的特点	5
2.1.3 Matlab 6.5 的新特点	7
2.2 Matlab 语言的基本使用环境	8
2.3 Matlab 6.5 的安装与启动	8
2.3.1 Matlab 的安装和内容选择	8
2.3.2 Matlab 的启动	9
2.3.3 Matlab 的联机帮助与电子版手册	10
2.4 Matlab 语言与工具箱 Toolbox	12
习题与思考题 2	13
3 Matlab 语言程序设计基础	14
3.1 Matlab 语言的数据结构	14
3.1.1 Matlab 的变量类型与基本表达式	14
3.1.2 Matlab 中的矩阵	15
3.1.3 多维数组的定义	17
3.1.4 Matlab 的结构数组	19
3.1.5 Matlab 单元数组	20
3.2 矩阵函数与矩阵运算	22
3.2.1 矩阵的代数运算	22
3.2.2 矩阵的逻辑运算	25
3.2.3 矩阵的比较关系	27
3.2.4 矩阵元素的数据变换	28
3.3 数组函数与数组运算	30
3.3.1 数组和矩阵的区别	30
3.3.2 数组加、减、乘、除和乘方	30

3.3.3	数组函数.....	32
3.4	Matlab 程序结构	34
3.4.1	循环结构.....	34
3.4.2	条件转移结构.....	36
3.4.3	开关结构.....	38
3.4.4	试探式语句结构.....	38
3.5	Matlab 语言的 M 函数	39
3.5.1	M 函数的基本结构	39
3.5.2	可变输入输出个数的处理.....	42
3.5.3	M 函数的跟踪调试	42
3.6	Matlab 语言下多维图形绘制方法	44
3.6.1	二维图形绘制方法.....	44
3.6.2	Matlab 图形的标注与编辑	46
3.6.3	特殊曲线及图形的绘制方法.....	52
3.6.4	三维图形的绘制方法.....	54
3.6.5	图形与图像的编辑与处理.....	58
3.7	Matlab 图形用户界面设计简介	59
3.7.1	图形界面设计工具 Guide 介绍.....	60
3.7.2	Matlab 图形界面设计举例	65
	习题与思考题 3	72
4	连续系统的数字仿真.....	75
4.1	连续系统的数学模型.....	75
4.1.1	微分方程.....	75
4.1.2	传递函数.....	75
4.1.3	状态空间描述.....	76
4.2	数值积分法.....	80
4.2.1	欧拉法 (折线法)	80
4.2.2	梯形法.....	81
4.2.3	龙格-库塔法	82
4.3	过程控制系统的数值积分法直接仿真.....	84
4.3.1	基本方法.....	84
4.3.2	纯滞后环节的数字仿真.....	88
4.3.3	数字仿真程序举例.....	90
4.4	基于微分方程求解的连续系统仿真.....	90
4.4.1	模型以一阶微分方程组形式给出的系统仿真.....	90
4.4.2	模型以传递函数形式给出的系统仿真.....	92
4.4.3	标准单输入、单输出线性状态方程仿真程序块.....	93
4.4.4	传递函数形式表示的闭环系统仿真.....	94
4.5	面向结构图的线性系统仿真.....	96

4.5.1	面向结构图的数字仿真的优点	96
4.5.2	如何实现面向结构图的数字仿真	96
4.5.3	面向结构图的线性系统数字仿真程序	97
4.6	关于计算步距的选择	101
4.7	连续系统的离散化	103
4.8	信号重构器的特性及传递函数	104
4.8.1	零阶信号重构器	104
4.8.2	一阶信号重构器	105
4.8.3	三角形信号重构器	105
4.9	常用环节的离散相似模型	106
4.9.1	积分环节	106
4.9.2	惯性环节	107
4.10	连续系统按结构图的离散相似法仿真	107
	习题与思考题 4	109
5	采样控制系统的数字仿真	110
5.1	数字式 PID 控制算式	110
5.1.1	PID 控制器的理想算式	110
5.1.2	PID 控制器的实用算式	111
5.2	采样控制系统的数值积分法仿真	113
5.3	采样控制系统的离散法仿真	114
5.3.1	只要求计算系统输出 $y(t)$ 时的情形	114
5.3.2	要求计算被控制对象中的状态量时的情形	115
	习题与思考题 5	116
6	计算机辅助过程辨识及建模	117
6.1	概述	117
6.2	时域法过程辨识与建模	118
6.2.1	由飞升曲线确定一阶环节的参数	118
6.2.2	由飞升曲线确定二阶非振荡环节的参数	120
6.2.3	由飞升曲线确定二阶振荡环节的参数	122
6.3	频域法过程辨识与建模	124
6.3.1	由系统脉冲过渡函数 $g(t)$ 计算频率特性	124
6.3.2	由系统的频率特性拟合传递函数	126
6.4	最小二乘估计过程辨识与建模	132
6.4.1	最小二乘估计的批处理算法	133
6.4.2	最小二乘估计的递推算法	134
6.4.3	广义最小二乘估计算法	137
	习题与思考题 6	140

7 过程控制系统参数最优化的计算机辅助设计	141
7.1 参数最优化	141
7.2 单变量寻优技术	142
7.2.1 黄金分割法 (0.618 法)	142
7.2.2 进退法	144
7.3 多变量寻优技术	144
7.3.1 最速下降法	144
7.3.2 共轭梯度法	147
7.3.3 坐标轮换法	150
7.4 计算机辅助调节器参数优化设计	150
7.4.1 控制系统的品质指标 (目标函数)	150
7.4.2 数字 PI 调节器参数最优化设计与仿真寻优程序	151
习题与思考题 7	153
8 图形化系统建模与仿真工具 Simulink	154
8.1 图形化建模与仿真	154
8.2 Simulink 5.0 基本模块库	154
8.2.1 Simulink 5.0 常用模块组	156
8.2.2 其他模块组	163
8.3 基于 Simulink 的控制系统框图模型建立方法	165
8.3.1 模型窗口建立	165
8.3.2 模块的连接与简单处理	165
8.3.3 模块参数的设置与修正	168
8.3.4 Simulink 模块的联机帮助与模型的输出打印	170
8.4 Simulink 仿真环境的设置与仿真系统的启动	172
8.5 基于 Simulink 的控制系统仿真举例	175
8.6 S-函数模块与 S-函数的编写	181
8.6.1 用 Matlab 语言编写 S-函数的方法	182
8.6.2 用 C 语言编写 S-函数的方法	183
习题与思考题 8	183
9 基于 Matlab/Toolbox 的控制系统分析与设计	185
9.1 Matlab 有关控制的工具箱	185
9.2 基于 Matlab 的线性系统的仿真与设计	188
9.2.1 关于线性系统的数学模型	188
9.2.2 关于线性连续系统的解析解	189
9.2.3 关于线性系统频域分析	190
9.3 基于 Matlab 的倒摆系统设计	191
9.4 基于人工神经网络的非线性系统建模	195
9.4.1 部分神经网络工具箱函数	195

9.4.2 Matlab 在神经网络建模中的应用举例	197
习题与思考题 9	200
10 基于 Matlab 的实时仿真与实时控制	201
10.1 Matlab 程序接口	201
10.1.1 MEX 文件	201
10.1.2 MAT 文件	202
10.1.3 Matlab 计算引擎	202
10.1.4 编译器简介	202
10.2 Simulink 环境下的实时仿真与实时控制	203
10.2.1 Simulink 仿真的实时工具 RTW	203
10.2.2 实时开发工具 xPC Target	205
10.2.3 基于 Matlab/Simulink 的实时控制举例	207
习题与思考题 10	208
附录 A Matlab 的函数及命令	209
附录 B Matlab 工具箱 (Toolbox) 函数	220
参考文献	228

1 绪 论

1.1 概述

计算机辅助设计 (Computer Aided Design) 简称为 CAD, 它是近几十年发展起来的一门新兴技术, 这种新技术已成为工程设计及科学研究不可缺少的组成部分。对于不同的工程领域, CAD 技术的具体内容有很大不同。例如, 电子电路主要用节点网络表示拓扑结构; 微波电路较多地研究其数学模型及矩阵方程; 机械和建筑设计的关键在于图形技术; 控制系统则主要利用计算机进行动态系统的建模、分析、设计和仿真等。

数字仿真是控制系统计算机辅助设计的重要基础和手段, 而 Matlab 语言除了是目前最为流行的科学工程计算语言外, 也是进行数字仿真较为方便的计算机语言工具。因此, 在自动化及相关专业设置本课程的目的, 就是让学生先掌握 Matlab 语言和数字仿真的基本知识, 然后了解如何利用计算机辅助技术去分析、研究和设计过程控制系统以及建立被控对象的数学模型。众所周知, 过程控制系统是由被控对象 (或过程) 和控制器等所组成的。对过程控制系统进行设计和分析研究也就是对被控对象的动态特性进行分析和研究; 然后, 根据被控对象的动态特性进行控制器的设计, 以求获得能满足性能指标要求的最优控制系统。在控制器已经制造成通用的装置后, 例如化工、热工、轻工和冶金等过程控制中广泛采用单元组合式仪表、PLC 甚至 DCS 系统后, 则分析和研究控制系统的主要目的之一是获得控制仪表的最佳整定参数。

利用计算机辅助技术进行动态系统的建模、分析、设计和参数优化等, 其基本方法概括起来有三个步骤: 第一步, 首先采用测试方法求出被控对象各个环节的数学模型, 例如传递函数, 称为一次模型化; 第二步, 将被控对象的传递函数离散化, 得到离散化仿真模型, 称为二次模型化; 第三步, 采用计算机仿真手段在计算机上对过程控制系统进行分析、研究和设计。

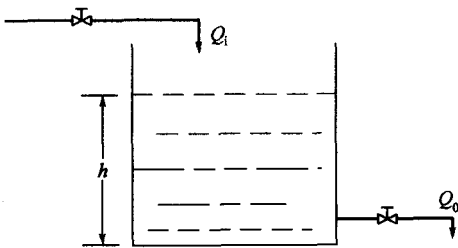


图 1-1 单容水槽

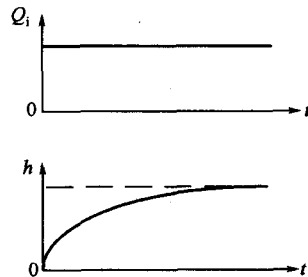


图 1-2 单容水槽阶跃响应特性

例如, 如图 1-1 所示单容水槽, 假设以水槽流入量 Q_i 作为控制量, 水槽的水位高度 h 作为被控量。通过阶跃测试得阶跃响应特性, 如图 1-2 所示。从阶跃响应曲线可得到单容水槽的传递函数为:

$$\frac{H(s)}{Q_i(s)} = \frac{K}{Ts + 1} \quad (1-1)$$

式中 K ——水槽的放大系数；
 T ——水槽的时间常数。

与单容水槽相对应的一次模型化和二次模型化分别如图 1-3 和图 1-4 所示。

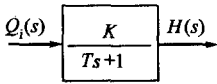


图 1-3 一次模型化

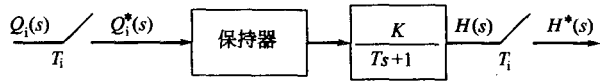


图 1-4 二次模型化

1.2 计算机仿真技术的发展概况

从前一节的分析可以看到，计算机（数字）仿真是将近似描述实际被控对象的数学模型（一次模型）进行二次模型化，变成一个仿真模型，然后将它放到计算机上进行运行的过程。用模拟计算机进行仿真，早在 20 世纪 50 年代初期就比较普遍了。随着数字计算机的发展，从 1955 年开始，美国首先在 IBM-701 机上进行数字仿真工作，取得了很好的效果。以后一段时间内，数字仿真得到迅速的发展，出现了许多专用数字仿真语言。例如，20 世纪 60 年代国外广泛应用的 DSL/90 (Digital Simulation Language / 90) 和 CSSL (Continuous System Simulation Language) 等仿真语言，面向结构图的 CSMP/30 和 CSMP-III 等仿真语言。

20 世纪 50 年代末，美国为了研制洲际导弹，第一次使用了仿真用的混合计算机。到了 60 年代，由于导弹技术和航天技术的需要，混合仿真得到了更大的发展。20 世纪 60 年代到 70 年代，数字仿真技术和混合仿真技术在互相竞争中都得到了迅速发展，几乎所有的先进国家都建立了混合仿真实验基地。到了 20 世纪 70 年代末后半期，由于微型计算机的发展，用许多台微型计算机组成一个阵列式的全数字仿真系统得到了实现。我国在 1966 年以前主要是模拟仿真，70 年代开始，逐步发展数字仿真及混合仿真。1979 年中国自动化学会成立了仿真技术委员会，国内许多高等院校和研究所都开展了数字仿真和混合仿真研究，20 世纪 80 年代在广东珠海市建立了亚洲最大的仿真公司，对我国的“四化”建设起到了应有的作用。

1.3 计算机辅助设计控制系统的形成与发展

自动控制作为一门独立的学科出现在 20 世纪 40 年代，开始采用的数学工具主要是传递函数和频率特性。在 20 世纪 60 年代以前，控制系统的分析和设计主要依靠手工计算和一些图表的帮助。因而在经典控制理论中，人们引入各种各样的图表和曲线，如 Bode (伯德) 图、Nyquist (奈魁斯特) 图、M 圆图等。

到 20 世纪 60 年代，计算机逐渐引入工程设计领域，其中也包括自动控制系统的设计。开始，计算机主要用于控制系统的单个题目的数值计算，采用的是批处理作业方式，即将所要解决的问题和原始数据编成程序一起送入计算机，由计算机对它进行运算，最后输出计算结果。而在整个计算过程无人机对话的功能，这种方法就是控制系统的数字仿真。纯粹的数字仿真不能很好地将计算机和工程技术人员两者的特长结合起来。许多控制系统的设计，比

如控制系统结构的选择、控制算法的选择、最优目标的选择，加权矩阵 R 、 Q 的选择等都离不开人的经验知识。而优化计算则可以充分利用计算机极强的计算及数据处理能力。两者的结合将能对控制系统的设计发挥更大的作用，控制系统仿真发展到 CACSD (Computer Aided Control System Design) 主要是在人机交互、图形显示、系统品质的定量表示、修改系统结构、参数等方面的进一步强化。

计算机辅助控制系统设计反过来又促进了控制理论及控制系统设计方法的发展。在经典的设计方法中，之所以主要采用传递函数和频率特性的方法，是由于它比较直观，适合于用手工计算和图表分析。现在，由于计算机可以用来辅助控制系统的设计，这样才有可能使基于状态空间表示的时域分析方法应用于像线性二次型最优控制、最优估计、系统辨识的参数估计方法等，也使多变量系统的现代频域设计方法获得了广泛的发展，并真正在实际中得到应用。

1.4 Matlab 语言与数字仿真及计算机辅助设计

Matlab 是一套功能十分强大的工程计算及数值分析软件。目前，它已经成为世界上应用量广泛的工程计算软件之一。在美国等发达国家的理工类大学里，Matlab 是大学生必须掌握的一种基本工具，而在国外的研究设计单位和工业部门，它更是研究和解决工程计算问题的一种标准软件，并被誉为工程技术人员必备软件。因为其简单易用，人机界面良好，又有着演算纸式的科学计算语言的美称。Matlab 除了其主程序外，还含有 Simulink 动态系统仿真软件和 Matlab 工具箱 (Toolbox)，这使其成为工程教学中目前最流行的计算机辅助设计和辅助教学软件之一，越来越多的理工科大学生、研究生和科学技术工作者正在学习和使用 Matlab 语言。值得提出的是，Matlab 不但功能强大而且易学易用，只要掌握一些使用 Windows 操作系统的经验，就可以在较短的时间内掌握其主要内容和基本操作，并运用到工作和学习中去。

因此，将 Matlab 语言作为实现计算机数字仿真的计算机语言工具，有许多优越性，也是目前流行的方法。而数字仿真是计算机辅助设计的重要基础。因此借助 Matlab 实现计算机数字仿真，进而实现控制系统的计算机辅助设计。

习题与思考题 1

- 1-1 为什么要对控制系统进行计算机仿真？
- 1-2 简述仿真过程。
- 1-3 简述计算机语言、计算机数字仿真及计算机辅助设计三者的关系。

2 Matlab 语言简介

本章主要对 Matlab 语言及其工具箱 Toolbox 作一概貌性的介绍,使读者对 Matlab 语言有一个初步的了解。

Matlab 是一套功能十分强大的工程计算及数值分析软件。目前,它已经成为世界上应用量广泛的工程计算软件之一。在美国等发达国家的理工类大学里,Matlab 是大学生必须掌握的一种基本工具,而在研究设计单位和工业部门,它更是研究和解决工程计算问题的一种标准软件,并被誉为工程技术人员必备软件。因为其简单易用,人机界面良好,又有着演算纸式的科学计算语言的美称。Matlab 除了其主程序外,还含有 Simulink 动态系统仿真软件和 Matlab 工具箱 (Toolbox),这使其成为目前工程教学中最流行的计算机辅助设计和辅助教学软件之一,越来越多的理工科大学学生、研究生和科学技术工作者正在学习和使用 Matlab 语言。值得提出的是,Matlab 不但功能强大而且易学易用,只要掌握一些使用 Windows 操作系统的经验,就可以在较短的时间内掌握其主要内容和基本操作,并运用到工作和学习中。

2.1 Matlab 概述

2.1.1 Matlab 语言的产生与发展

Matlab 诞生在 20 世纪 70 年代,它的编写者是 Cleve Moler 博士和他的同事。当时,Cleve Moler 博士和他的同事开发了 EISPACK 和 LINPACK 的 FORTRAN 子程序库,它们主要是求解线性方程的程序库。但是,Cleve Moler 发现学生使用这两个程序库时有困难,主要是接口程序不好写,很费时间。于是 Cleve Moler 编写了 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序,并给这个接口程序取名为 Matlab,意为矩阵 (Matrix) 和实验室 (Laboratory) 的组合。以后几年,Matlab 作为免费软件在大学里使用,深受大学生的喜爱。

1984 年,Cleve Moler 和 John Little 成立了 MathWorks 公司,正式把 Matlab 推向市场,并继续进行 Matlab 的开发。1993 年,Math Works 公司推出了 Matlab 4.0;1995 年,MathWorks 公司推出了 Matlab 4.2C 版 (For Windows 3. x);1997 年推出 Matlab5.0;2000 年 10 月,MathWorks 公司推出了 Matlab 6.0;2002 年 8 月,新版本的 Matlab 6.5 开始发布。每一次版本的推出都使 Matlab 有了长足的进步,界面越来越友好,内容越来越丰富,功能越来越强大。它的帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式,可以很方便地阅读。

Matlab 擅长于数值计算,能处理大量的数据,而且效率比较高。MathWorks 公司在此基础上开拓了符号计算、文字处理、可视化建模和实时控制能力,增强了 Matlab 的市场竞争力,使 Matlab 成为了市场主流的数值计算软件。

Matlab 是支持从概念设计、算法开发、建模仿真和实时实现的理想的集成环境。无论是进行科学研究还是产品开发,Matlab 都是必不可少的工具。

Matlab 可用来进行如下操作:

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

Matlab 被广泛地应用于包括系统仿真、控制系统设计、信号与图像处理、通信等诸多领域。开放式的结构使 Matlab 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 的一大特性是有众多的面向具体应用的工具箱 (Toolbox) 和仿真块,它们可以用来对信号图像进行处理、控制系统设计以及神经网络等特殊应用进行分析和设计。其他的产品延伸了 Matlab 的能力,包括数据采集、报告生成和依靠 Matlab 语言编程产生独立的 C/C++ 代码等。

Matlab 的主要产品构成如下。

① Matlab 它是所有 MathWorks 公司产品的数值分析和图形基础环境。Matlab 将 2D 和 3D 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 它是一系列专用的 Matlab 函数库,用以解决特定领域的问题。工具箱是开放的和可扩展的,可以查看其中的算法,或开发自己的算法。

③ Matlab Compiler 它是将 Matlab 语言编写的 m 文件自动转换成 C 或 C++ 文件,以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的软件。

④ Simulink 它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 它与 Simulink 框图模型相结合,描述了复杂事件驱动系统的逻辑行为,使驱动系统在不同的模式之间进行切换。

⑥ Real-Time Workshop 它直接从 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 它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编写的 C 语言程序和 Matlab 程序建立自己的块。

2.1.2 Matlab 语言的特点

Matlab 语言有不同于其他高级语言的特点,它被称为第四代计算机语言。正如第三代计算机语言像 FORTRAN 语言与 C 语言等使人们摆脱了对计算机硬件的操作一样,Matlab 语言使人们从繁琐的程序代码中解放出来。它丰富的函数使开发者无需重复编程,只要简单地调用和使用。Matlab 语言最大的特点是简单和直接,它主要有如下特点。

(1) 编程效率高

Matlab 是一种面向科学与工程计算的高级语言,允许用数学形式的语言编写程序,且比 BASIC、FORTRAN 和 C 语言等更加接近书写计算公式的思维方式。用 Matlab 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题。因此,Matlab 语言也可通俗地称为演算纸式科学算法语言。由于它编写简单,所以编程效率高,易学易懂。

(2) 用户使用方便

Matlab 语言是一种解释执行的语言（在没被专门的工具编译之前），它灵活、方便，其调试程序手段丰富，调试速度快，需要学习的时间少。人们用任何一种语言编写程序和调试程序一般都要经过以下步骤：编辑、编译、链接以及执行和调试。各个步骤之间是顺序关系，编程的过程就是在它们之间做瀑布型的循环。Matlab 语言与其他语言相比，较好地解决了上述问题，把编辑、编译、链接和执行融为一体。它能在同一画面上进行灵活操作，快速排除输入程序中的书写错误、语法错误以至语意错误，从而加快了用户编写、修改和调试程序的速度。可以说在编程和调试过程中它是一种比 VB 还要简单的语言。

Matlab 运行时，如直接在命令行中输入 Matlab 语句（命令），包括调用 M 文件的语句，每输入一条语句，就立即对其进行处理，完成编译、链接和运行的全过程。又如，将 Matlab 源程序编辑为 M 文件，由于 Matlab 磁盘文件也是 M 文件，所以编辑后的源文件就可直接运行，而不需进行编译和链接。在运行 M 文件时，如果有错，计算机屏幕上会给出详细的出错信息。用户经修改后再执行，直到正确为止。可以说，Matlab 语言不仅是一种语言，广义上讲是一种该语言的开发系统，即语言调试系统。

(3) 扩充能力强，交互性好

高版本的 Matlab 语言有丰富的库函数，在进行复杂的数学运算时可以直接调用，而且 Matlab 的库函数同用户文件在形成上一样，所以用户文件也可作为 Matlab 的库函数来调用。因而，用户可以根据自己的需要方便地建立和扩充新的库函数，以便提高 Matlab 的使用效率和扩充它的功能。另外，为了充分利用 FORTRAN、C 等语言的资源，包括用户已编好的 FORTRAN、C 语言程序，通过建立 Mex 调用文件的形式，混合编程，方便地调用有关的 FORTRAN、C 语言的子程序，还可以在 C 语言和 FORTRAN 语言中方便地使用 Matlab 的数值计算功能。这样良好的交互性使程序员可以使用以前编写过的程序，减少重复性工作，也使现在编写的程序具有重复利用的价值。

(4) 移植性和开放性很好

Matlab 是用 C 语言编写的，而 C 语言的可移植性很好。于是 Matlab 可以很方便地移植到能运行 C 语言的操作平台上。Matlab 适合的工作平台有：Windows 系列、UNIX、Linux、VMS 6.1 和 PowerMac。除了内部函数外，Matlab 所有的核心文件和工具箱文件都是公开的，都是可读可写的源文件，用户可以通过对源文件的修改和自己编程构成新的工具箱。

(5) 语句简单，内涵丰富

Matlab 语言中最基本最重要的成分是函数，其一般形式为 $[a, b, c, \dots] = \text{fun}(d, e, f, \dots)$ ，即一个函数由函数名、输入变量 d, e, f, \dots 和输出变量 a, b, c, \dots 组成，同一函数名 F ，不同数目的输入变量（包括无输入变量）及不同数目的输出变量代表着不同的含义（有点像面向对象中的多态性）。这不仅使 Matlab 的库函数功能更丰富，而且大大减少了需要的磁盘空间，使得 Matlab 编写的 M 文件简单、短小而高效。

(6) 高效方便的矩阵和数组运算

Matlab 语言像 BASIC、FORTRAN 和 C 语言一样规定了矩阵的算术运算符、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符及赋值运算符，而且这些运算符大部分可以毫无改变地照搬到数组间的运算，有些如算术运算符只要增加“.”就可用于数组间的运算。所以，

有的教材将数组运算形象地称之为点运算。另外，它不需定义数组的维数，并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数，使之在求解诸如信号处理、建模、系统识别、控制、优化等领域的问题时，显得大为简捷、高效、方便，这是其他高级语言所不能比拟的。在此基础上，高版本的 Matlab 已逐步扩展到科学及工程计算的其他领域，因此，不久的将来，Matlab 一定能名副其实地成为“万能演算纸”式的科学算法语言。

(7) 方便绘图功能

Matlab 的绘图是十分方便的，它有一系列绘图函数（命令）。例如线性坐标、对数坐标、半对数坐标及极坐标，均只需调用不同的绘图函数（命令），在图上标出图题，XY 轴标注，格（栅）绘制也只需调用相应的命令，简单易行。另外，在调用绘图函数时调整自变量可绘出不变颜色的点、线、复线或多重线。这种为科学研究着想的设计是通用的编程语言所不能及的。

2.1.3 Matlab 6.5 的新特点

2002 年，MathWorks 公司发布了 Matlab 的最新 6.5 版产品。Matlab 6.5 的特点在于全新的桌面及各种不同领域的集成工具，使用户易于使用。多种新工具简化了一般的工作，如资料输入、快速分析等，并创造了高品质且具有实用性的图表分析等。Matlab 6.5 包含了新的 JIT 加速度计，JIT 加速度计有力地增加了 Matlab 中的许多操作和数据类型的计算速度。其他新的特色包括以下几个方面。

(1) 编程和数据类型

- ① 增加了变量名、函数名和文件名的最大长度，变量名、函数名、子函数名、结构域名、M 文件名、MEX 文件名和 MDL 文件名可以达到 63 个字节。
- ② 支持 64 位的文件偏移量，能够为大于 2GB 的数据文件产生低层次的 I/O 函数。
- ③ 支持有符号和无符号的 64 位整数。
- ④ 支持使用动态域名来访问和修改结构数组。
- ⑤ 简化了 AND 和 OR 逻辑运算。
- ⑥ 支持新的 Matlab 定时器，而不是定时执行 Matlab 命令。
- ⑦ 改进了音频支持。
- ⑧ 加强了警告和错误提示功能，新支持格式化的字符串和消息标识符。

(2) 外部接口

- ① 改进了自动化客户接口，新的查看和修改属性用户接口，增强了事件和例外句柄。
- ② 增强了网络集成，读 URL 的内容，在 Matlab 中发送 E-mail 及解压缩文件的功能。

(3) 开发环境

- ① 新的 M-文件接口，能更好地理解 M-代码。
- ② 新的启动按钮，易于执行共同的命令。
- ③ 改进了文件和目录管理工具。
- ④ 增强了数组编辑器与 Excel 之间剪切、复制、删除和交换单元的新功能，支持更大的数组。
- ⑤ 改进了编辑和调试工具。
- ⑥ 改进了与 PC 平台的控制接口。
- ⑦ 支持新的图形用户接口，从 HDF 或 HDF-EOS 文件导入数据。