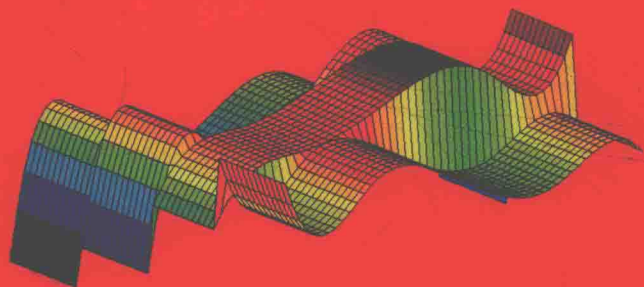




资深作者编写，基于MATLAB R2016a平台的智能计算的权威著作
站在工程与科技的前沿，内容翔实，实用性强，图文并茂
书中提供了25个MATLAB应用典型案例

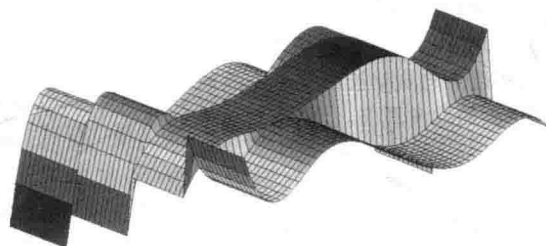
MATLAB R2016a 智能计算25个案例分析



◎ 张德丰 编著

清华大学出版社





MATLAB R2016a 智能计算25个案例分析

© 张德丰 编著



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2016a 为平台,从实用的角度出发,介绍智能计算的方法,并在讲解各实现方法中给出相应的实例,使得本书应用性更强,实用价值更高。

全书共分 25 章,通过对 25 个案例的分析,介绍 MATLAB R2016a 在通信系统、电子信息、自动控制系统、小波分析、神经网络、数值积分、微分方程、数据逼近、数据估计与拟合等方面的应用。编写过程中力求系统性、实用性与先进性相结合,理论与实践相交融,使读者通过阅读本书快速掌握 MATLAB 软件的同时,达到学以致用效果。

本书可作为通信工程、电子信息与自动控制等专业领域的广大科研人员、学者、工程技术人员和高等院校教师以及在读理工科学生的参考用书。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB R2016a 智能计算 25 个案例分析/张德丰编著. —北京:清华大学出版社,2017

(精通 MATLAB)

ISBN 978-7-302-46463-1

I. ①M… II. ①张… III. ①计算机辅助计算—Matlab 软件 IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 024669 号

责任编辑:刘 星 梅栾芳

封面设计:刘 键

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:三河市君旺印务有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:27.75 字 数:658 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版 印 次:2017 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~2500

定 价:79.00 元

产品编号:073302-01

智能计算是一种经验化的计算机思考性程序,是人工智能化体系的一个分支,是辅助人类去处理各种问题的具有独立思考能力的系统。智能计算就是借用自然界、生物界的规律根据其原理模仿设计求解问题的算法。

智能计算包括遗传算法、模拟退火算法、禁忌搜索算法、进化算法、启发式算法、蚁群算法、人工鱼群算法、粒子群算法、混合智能算法、免疫算法、人工智能、神经网络、机器学习、生物计算、DNA 计算、量子计算、智能计算与优化、模糊逻辑、模式识别、知识发现、数据挖掘等。这些方法具有以下共同的要素:自适应的结构、随机产生或指定的初始状态、适应度的评测函数、修改结构的操作、系统状态存储器、终止计算的条件、指示结果的方法、控制过程的参数。智能计算的这些方法具有自学习、自组织、自适应的特征和简单、通用、鲁棒性强、适于并行处理的优点。在并行搜索、联想记忆、模式识别、知识自动获取等方面得到了广泛的应用。人工智能和智能计算完全是两个概念。图灵奖获得者约翰·霍普克罗夫特说,计算和通信两个领域的融合开创了智能计算的新天地。现在计算机已经可以更聪明地帮助人们获得和处理信息,这已经和人工智能的概念大相径庭了。

智能计算技术在自身性能的提高和应用范围的拓展中不断完善。在智能计算的研究、发展与应用上,无论是研究队伍的规模、发表的论文数量,还是网上的信息资源,发展速度都很快,在优化计算、模式识别、图像处理、自动控制、经济管理、机械工程、电气工程、通信网络和生物医学等多个领域取得了成功的应用,应用领域涉及国防、科技、经济、工业和农业等各个方面。

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合。其拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数,可以方便地实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最新研究成果,并且经过了各种优化和容错处理。在通常情况下,可以用它来代替底层编程语言,如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下,使用 MATLAB 的编程工作量会大大减少。MATLAB 的这些函数集涉及最简单最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅立叶变换等复杂函数。函数所能解决的问题大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程的组的求解、符号运算、傅里叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。

Simulink 是 MATLAB 的一个工具包,其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,既支持连续系统仿真,又支持离散系统甚至混合系统仿真。

本书以 MATLAB R2016a 为平台,主要介绍神经网络算法、小波分析算法、PID 控制算法、聚类分析算法、优化设计算法、自适应控制算法、预测控制算法等内容。书中结合各种实际算法的实例,详细介绍通过 MATLAB 进行算法分析、设计的方法与过程。本

书具有以下特点:

(1) 版本新,函数新

MATLAB 每年更新两次,工具箱也随之更新换代,许多旧的函数已经废弃不用,同时又有新的函数补充进来,本书基于 MATLAB R2016a 平台,介绍新版本下工具箱的使用方法。

(2) 由浅入深,层次分明

本书内容以最优化理论为主线,以最优化方法与实际应用相结合的实例为基础,结合编者的多年教学实践经验,由浅入深地介绍各种理论和方法在 MATLAB 中的实现方法。

(3) 内容讲解不枯燥

本书结合相关理论和实践,由实践来支撑理论,通过求解流程以及算法迭代过程,让读者容易理解并且掌握,书中的许多实例是读者经常碰到的,读起来不枯燥。

(4) 应用性强

该书取材先进实用,讲解深入浅出,各章均有大量用 MATLAB/Simulink 实现的仿真实例,便于读者掌握和巩固所学知识。

通过本书的学习,读者不仅可以全面掌握 MATLAB 编程和开发技术,还可以提高快速分析和解决实际问题的能力,从而能够在最短的时间内,以最好的效率解决实际工作中遇到的问题,提升工作效率。

本书主要由张德丰编写,此外参加编写的还有栾颖、周品、曾虹雁、邓俊辉、邓秀乾、邓耀隆、高泳崇、李嘉乐、李旭波、梁朗星、梁志成、刘超、刘泳、杨平和许兴杰。

本书主要是面向通信工程、电子信息与自动控制方面的广大科研人员、学者、工程技术人员参考用书,也可作为高等教育的教师、高等院校在读理工学生及相关领域广大科研人员的用书。

由于时间仓促,加之作者水平有限,错误和疏漏之处在所难免。在此,恳请各领域的专家和广大读者批评指正。

作 者

2017 年 1 月

第 1 章 控制系统案例的 MATLAB 实现	1
1.1 MATLAB/Simulink 在时域分析中的应用	1
1.2 MATLAB 在积分中的应用	5
1.3 MATLAB 在微分方程中的应用	6
1.4 MATLAB/Simulink 在根轨迹分析中的应用	7
1.5 MATLAB 在频域响应中的应用	11
1.6 MATLAB/Simulink 在状态空间中的应用	17
1.7 MATLAB 在 PID 控制器设计中的应用	20
1.8 MATLAB 在导弹系统中的应用	23
第 2 章 通信系统建模与仿真	26
2.1 数字信号的传输	26
2.1.1 数字信号的基带传输	26
2.1.2 数字信号的载波传输	34
2.2 扩频系统的仿真	38
2.2.1 伪随机码产生	39
2.2.2 序列扩频系统	44
第 3 章 通信系统接收机设计	48
3.1 利用直接序列扩频技术设计发射机	48
3.2 利用 IS-95 前向链路技术设计接收机	48
3.3 利用 OFDM 技术设计接收机	49
3.4 通信系统的 MATLAB 实现	49
第 4 章 调制与解调信号的 MATLAB 实现	57
4.1 调制与解调简述	57
4.2 模拟调制与解调	58
4.2.1 模拟线性调制	58
4.2.2 双边带调幅调制	59
4.2.3 单边带调幅调制	63
4.2.4 模拟角度调制	66
4.2.5 脉冲编码调制	70

目录

第 5 章 神经网络的预测控制	79
5.1 系统辨识	79
5.2 自校正控制	80
5.2.1 单步输出预测	80
5.2.2 最小方差控制	81
5.2.3 最小方差间接自校正控制	83
5.2.4 最小方差直接自校正控制	86
5.3 自适应控制	89
5.3.1 MIT 自适应律	90
5.3.2 MIT 归一化算法	93
5.4 预测控制	95
5.4.1 基于 CARIMA 模型的 JGPC	95
5.4.2 基于 CARMA 模型的 JGPC	100
第 6 章 控制系统校正方法的 MATALB 实现	106
6.1 PID 校正	106
6.1.1 PID 调节简介	106
6.1.2 PID 调节规律介绍	106
6.1.3 PID 调节分析介绍	107
6.2 控制系统的根轨迹校正	111
6.2.1 根轨迹的超前校正	111
6.2.2 根轨迹的滞后校正	114
6.2.3 根轨迹的滞后超前校正	117
6.3 控制系统的频率校正	121
6.3.1 频率法的超前校正	121
6.3.2 频率法的滞后校正	125
第 7 章 通信系统的模型分析	129
7.1 滤波器的模型分析	129
7.1.1 滤波器的类型、参数指标分析	129
7.1.2 滤波器相关函数及模拟	130
7.1.3 滤波器的相关实现	134
7.2 通信系统的基本模型分析	137
7.2.1 模拟通信系统的基本模型分析	139
7.2.2 数字通信系统的基本模型分析	139

7.3	模拟通信系统的建模与仿真分析	141
7.3.1	调幅广播系统的仿真分析	141
7.3.2	调频立体声广播的信号结构	143
7.3.3	彩色电视信号的构成和频谱仿真分析	144
第 8 章	挠性结构振动控制的应用	150
8.1	挠性结构的概述	150
8.2	挠性结构的主动振动及仿真	150
8.2.1	前滤波	151
8.2.2	后滤波	152
8.2.3	仿真	155
第 9 章	基于小波的信号突变点检测算法研究	161
9.1	信号的突变性与小波变换	161
9.2	信号的突变点检测原理	162
9.3	实验结果与分析	163
9.3.1	Daubechies 5 小波用于检测含有突变点的信号	164
9.3.2	Daubechies 6 小波用于检测突变点	166
第 10 章	小波变换在信号特征检测中的算法研究	169
10.1	小波信号特征检测的理论分析	169
10.2	实验结果与分析	170
10.2.1	突变性检测	170
10.2.2	自相似性检测	175
10.2.3	趋势检测	177
第 11 章	小波变换图像测试分析	180
11.1	概述	180
11.2	实例说明	181
11.3	输出结果与分析	181
11.4	源程序	187
11.4.1	nstdhaardemo.m	187
11.4.2	thresholdtestdemo.m	189
11.4.3	modetest.m	192
11.4.4	nstdhaardec2.m	193

目录

11.4.5	nstdhaarrec2.m	194
11.4.6	mydwt2.m	195
11.4.7	myidwt2.m	196
第 12 章	基于小波分析的图像多尺度边缘检测算法研究	197
12.1	多尺度边缘检测	197
12.2	快速多尺度边缘检测算法	199
12.3	实验结果与分析	200
第 13 章	基于小波的信号阈值去噪算法研究	203
13.1	阈值去噪方法	203
13.2	阈值风险	204
13.3	实验结果与分析	205
第 14 章	基于 MATLAB 的小波快速算法设计	211
14.1	小波快速算法设计原理与步骤	211
14.2	小波分解算法	211
14.3	对称小波分解算法	212
14.4	小波重构算法	213
14.5	对称小波重构算法	213
14.6	MATLAB 程序设计实现	214
第 15 章	小波变换检测故障信号与小波类型的选择	224
15.1	故障信号检测的理论分析	224
15.2	实验结果与分析	226
15.2.1	利用小波分析检测传感器故障	226
15.2.2	小波类型的选择对于检测突变信号的影响	229
15.3	小波类型选择	233
第 16 章	基于小波图像压缩技术的算法研究	234
16.1	图像的小波分解算法	234
16.2	小波变换系数分析	236
16.3	实验结果与分析	236

第 17 章 数字图像水印技术的实现	246
17.1 数字图像水印技术概述	246
17.1.1 数字水印分类	247
17.1.2 数字图像水印技术应用领域	247
17.1.3 数字水印技术特点	248
17.2 数字图像水印技术的实现	249
第 18 章 计算机硬盘读/写磁头位置控制器设计	253
18.1 硬盘读/写磁头的数学模型	253
18.2 模型离散化及性能分析	254
18.2.1 离散模型的性能分析	254
18.2.2 离散模型的极点	254
18.2.3 离散模型的根轨迹	255
18.3 附加超前校正装置及性能分析	256
18.4 闭环控制系统设计与性能分析	258
第 19 章 径向基函数神经网络模型与学习算法	260
19.1 RBF 神经网络模型	260
19.2 RBF 网络的学习算法	261
19.3 径向基网络的神经网络函数	262
19.3.1 神经网络的创建函数	263
19.3.2 转换函数	264
19.3.3 传递函数	265
19.4 径向基函数的网络应用实例	266
19.4.1 函数逼近	266
19.4.2 散布常数对径向基函数网络设计的影响	269
19.5 应用 PNN 进行变量分类	273
19.5.1 问题的提出	273
19.5.2 网络设计	274
19.5.3 网络测试	274
19.6 应用 GRNN 进行函数逼近	277
19.6.1 问题的提出	277
19.6.2 网络设计	277
19.6.3 网络测试	278

目录

第 20 章 倒立摆控制的设计	280
20.1 倒立摆数学模型	280
20.1.1 微分方程模型	280
20.1.2 传递函数模型	281
20.1.3 状态空间数学模型	281
20.2 开环响应	281
20.2.1 传递函数	281
20.2.2 状态空间法	283
20.3 PID 控制算法的 MATLAB 实现	284
第 21 章 小波在图像压缩、增强、平滑和融合中的应用	286
21.1 小波变换基础	286
21.1.1 连续小波变换	286
21.1.2 离散小波	288
21.1.3 二进小波变换	294
21.1.4 MATLAB 中小波函数工具箱	295
21.2 小波分析在图像增强中应用	296
21.3 基于小波的图像降噪和压缩	297
21.3.1 小波的图像压缩技术	298
21.3.2 小波的图像降噪技术	303
21.4 小波的融合技术	304
21.5 小波包在图像边缘检测中应用	307
21.6 小波包与图像消噪	308
第 22 章 数据分析的 MATLAB 实现	312
22.1 多元方差分析	312
22.1.1 理论介绍	312
22.1.2 函数介绍	312
22.1.3 应用示例的分析	315
22.2 判别分析	316
22.2.1 概述	316
22.2.2 马氏距离	318
22.2.3 多图像平均法	320
22.3 实验设计分析	321
22.3.1 基本理论	321

22.3.2	函数介绍	322
22.3.3	应用示例的分析	323
22.4	聚类分析	327
22.4.1	理论介绍	327
22.4.2	函数介绍	328
22.4.3	应用示例分析	333
第 23 章	多元统计分析 MATLAB 实现	336
23.1	因素分析	336
23.1.1	理论介绍	336
23.1.2	函数介绍	337
23.1.3	应用示例分析	339
23.2	正交实验设计分析	341
23.2.1	正交表分析	341
23.2.2	不考虑交互作用正交实验设计的基本程序分析	346
23.2.3	应用示例的分析	355
23.3	示范程序	360
23.3.1	aoctool 函数演示程序	360
23.3.2	disttool 函数演示程序	364
23.3.3	polytool 函数演示程序	365
23.3.4	randtool 函数演示程序	368
23.3.5	robustdemo 函数演示程序	368
23.3.6	rsmdemo 函数演示程序	369
第 24 章	数值计算的 MATLAB 实现	373
24.1	矩阵代数的应用	373
24.2	数学建模的应用	375
24.3	优化设计的应用	378
24.4	拟合分析的应用	379
24.5	非线性方程的应用	380
24.6	数值模型的应用	382
24.7	美丽的分形图	385
24.8	共线平动点	386

目录

第 25 章 提升小波及其应用	392
25.1 提升小波算法	392
25.2 MATLAB 提升小波变换函数	393
25.2.1 提升方案函数	393
25.2.2 双正交四联滤波器	394
25.2.3 正交及懒小波	398
25.2.4 提升小波变换和反变换	399
25.2.5 劳伦多项式和矩阵	407
25.3 提升小波的应用	408
25.3.1 提升小波在信号处理中的应用	408
25.3.2 提升小波在图像中的应用	414
附录 MATLAB R2016a 安装说明	423
参考文献	430

控制系统是指由控制主体、控制客体和控制媒体组成的具有自身目标和功能的管理系统。控制系统意味着通过它可以按照所希望的方式保持和改变机器、机构或其他设备内任何感兴趣或可变的量。控制系统同时也是为了使被控制对象达到预定的理想状态而实施的。控制系统使被控制对象趋于某种需要的稳定状态。

作为控制理论与控制工程及其计算机仿真的强有力工具，MATLAB/Simulink 得到了业界的一致认可，在控制系统仿真、分析与设计方面得到了广泛应用，其自身也因此得到了迅速发展，功能不断扩充。本章主要介绍 MATLAB 及 MATLAB 控制系统在各领域中的应用。

1.1 MATLAB/Simulink 在时域分析中的应用

本节主要以一个例子来说明 MATLAB/Simulink 在时域分析中的应用。

【例 1-1】 某随动系统结构图如图 1-1 所示。利用 MATLAB 实现如下操作：

- ① 对给定的随动系统建立数学模型；
- ② 分析系统的稳定性，并且绘制阶跃响应曲线；
- ③ 计算系统的稳态误差；
- ④ 大致分析系统的总体性能，并给出理论上的解释。

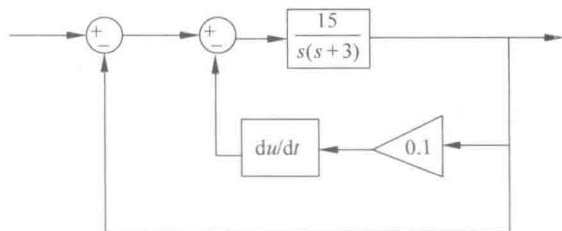


图 1-1 随动系统结构图

解：利用 MATLAB 求解的实现步骤如下：

① 由图 1-1 可看出，系统外环是单位负反馈，内环则为二阶系统与微分环节构成的负反馈。利用 feedback 函数求取系统传递函数的代码为

```
>> clear all;
num1 = [15];           % 传递函数的分子
den1 = [1 2 0];        % 传递函数的分母
sys1 = tf(num1,den1);   % 二阶系统的传递函数
num2 = [0.1,0]; den2 = [0 1]; % 微分环节传递函数的分子、分母多项式系数
sys2 = tf(num2,den2);   % 微分环节的传递函数
sys_in = feedback(sys1,sys2) % 内环反馈的传递函数
sys_out = feedback(sys_in,1) % 外环反馈的传递函数
```

运行程序，输出如下：

```
sys_in =                % 内环反馈传递函数
    15
-----
    s^2 + 3.5 s
Continuous-time transfer function.
sys_out =                % 系统的总体传统函数
    15
-----
    s^2 + 3.5 s + 15
Continuous-time transfer function.
```

② 根据求得的传递函数，对系统进行稳定性分析，代码为

```
>>                % 根据求得的系统传递函数，利用 roots 函数判断系统的稳定性
den = [1 3.5 15]; % 闭环传递函数分母多项式系数
roots(den)        % 求闭环系统特征多项式的根
pzmap(sys_out);    % 利用 pzmap 函数绘制系统的零极点图
grid on;
xlabel('实部');ylabel('虚部');title('零极点图');
```

运行程序，输出如下，效果如图 1-2 所示。

```
ans =
    -1.7500 + 3.4551i
    -1.7500 - 3.4551i
```

可见，系统特征根均具有正实根，因此闭环系统是稳定的。

③ 利用 Simulink 对系统进行建模，直接观察响应曲线，代码为

```
>> % 计算系统的阶跃响应
num = [15];
den = [1 3.5 15]; % 闭环系统传递函数分子、分母多项式系数
[y,t,x] = step(num,den); % 计算闭环系统的阶跃响应
plot(x,y); % 绘制阶跃响应曲线
grid on;
xlabel('时间');ylabel('振幅');title('阶跃响应');
```

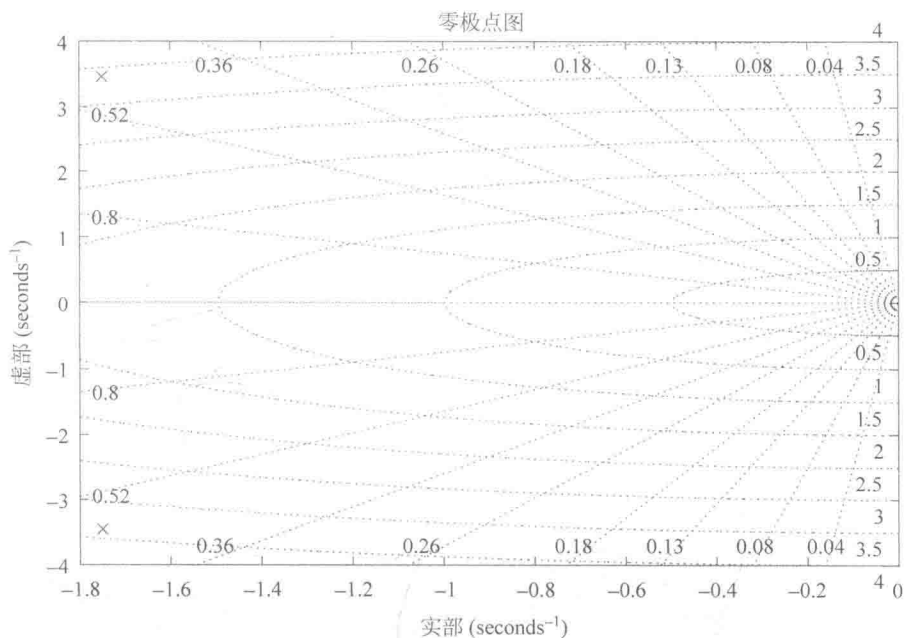


图 1-2 闭环零极点图

运行程序,效果如图 1-3 所示。

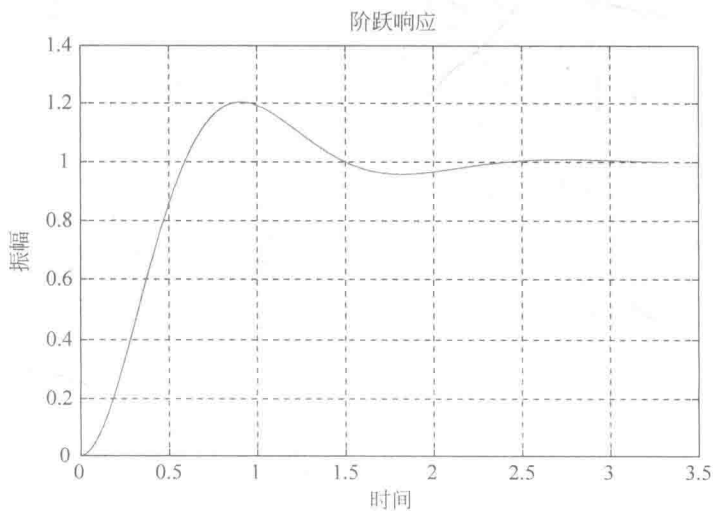


图 1-3 系统阶跃响应曲线图

采用 Simulink 对系统进行建模,如图 1-4 所示。其中,示波器 Scope 用来观察系统的响应曲线;示波器 error 用来观察系统的误差曲线。在此放置了 3 个信号源:阶跃信号、速度信号及加速度信号。选择不同的信号源,可以从 Scope 中得到系统的不同响应曲线。

用 step 信号激励系统,得到输出如图 1-5 所示。

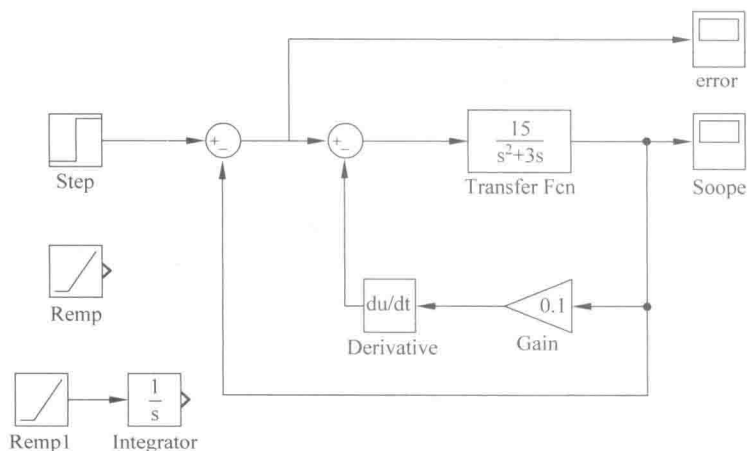


图 1-4 利用 Simulink 对系统建模

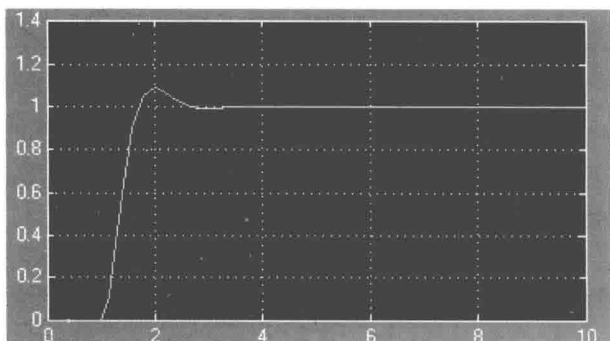


图 1-5 系统阶跃响应曲线图

④ 分析系统的响应特性,代码为

```
>> % 计算系统的超调量
y_stable = 1; % 阶跃响应的稳态值
max_response = max(y); % 闭环系统阶跃响应的最大值
sigma = (max_response - y_stable) / y_stable % 阶跃响应的超调量
```

运行程序,输出如下:

```
sigma =
    0.2035
```

同时可看出,系统的稳态误差为 0,示波器 error 的波形显示如图 1-6 所示。

可见,当阶跃输入作用系统 2s 后,输出就基本为 1 了。

还可精确计算出系统的上升时间、峰值时间及调整时间。如上所述,y 中存储了系统阶跃响应的数据;同时,x 中存放了其中每个数据对应的时间,代码为

```
>> % 计算系统的上升时间
for i = 1:length(y) % 遍历响应曲线
    if y(i) > y_stable % 如果某个时刻系统的输出值大于稳态值
        break;
    end
```