

电 气 信 息 工 程 丛 书

西门子 S7-300/400 PLC 工程应用技术

姜建芳 主编



STEP7 V5.4 SP3 CH + PLCSIM V5.4 SP3 + WinCC
flexible2008C + 用户手册 + 应用文档 + 随书程序



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气信息工程丛书

西门子 S7 - 300/400 PLC

工程应用技术

姜建芳 主编



机械工业出版社

本书以西门子 S7-300/400 PLC 为教学目标机,在讲解 PLC 理论的基础上,注重理论与工程实践相结合,把 PLC 控制系统工程设计思想和方法及其工程实例融合到其中,便于读者在学习过程中理论联系实际,较好地掌握 PLC 理论基础知识和工程应用技术。

本书内容包括基础理论与工程设计及应用两部分。基础理论部分包括 PLC 基本结构及基本原理、S7-300/400 硬件结构、网络通信、SIMATIC 管理器、程序结构、指令系统、编程语言及程序设计方法,使读者较好地掌握 PLC 理论基础知识;工程设计及应用部分包括故障诊断与排除、闭环控制的实现、PLC 控制工程实例等,能使读者结合基础理论知识,联系工程实际恰当地应用 PLC 技术设计和维护控制系统。

本书可作为高等院校电气工程、机电工程、自动化相关专业教学用书,也可作为工程技术人员的培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

西门子 S7-300/400 PLC 工程应用技术/姜建芳主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 10

(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-39420-4

I. ① 西… II. ① 姜… III. ① plc 技术 IV. ① TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 188507 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:时 静

责任印制:乔 宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2012 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·63.75 印张·1582 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39420-4

ISBN 978-7-89433-553-1(光盘)

定价:159.00 元(含 1DVD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (Programmable logic Controller, PLC) 是集计算机技术、电子技术、通信技术和精良工艺制造技术为一体的先进工业控制装置。它具有可靠性高、稳定性高、实时处理快、联网功能强等特点, 被广泛地应用于工业控制系统中, 与工业自动化管理系统相融合。PLC 工程应用技术成为重要的工业自动化应用技术之一。

本书是《西门子 S7-200 PLC 工程应用技术教程》的姊妹篇, 以西门子 S7-300/400 PLC 为教学目标机, 在讨论 PLC 基本结构、基本原理及指令系统及 PLC 应用技术的同时, 注重把 PLC 控制系统工程设计思想和方法及其工程实例融合到本书的讨论内容中。本书在讨论 PLC 理论基础的前提下, 注重与工程实践相结合, 使本书具有了工程性与系统性等特点, 便于读者在学习过程中理论联系实际, 较好地掌握 PLC 理论基础知识和工程应用技术。

全书共分 19 章, 第 1~4 章为 PLC 基础知识部分: 第 1 章绪论, 第 2 章 PLC 控制系统基础知识, 第 3 章 PLC 的组成和工作原理, 第 4 章 S7-300/400 PLC 硬件系统; 第 5 章~9 章为 PLC 理论知识部分: 第 5 章 S7-300/400 PLC 网络通信, 第 6 章 S7-300/400 PLC 软件基础, 第 7 章 SIMATIC 管理器, 第 8 章 S7-300/400 PLC 指令系统, 第 9 章 S7-300/400 PLC 程序结构; 第 11~14 章为 S7-300/400 PLC 高级编程语言: 第 11 章 S7-300/400 PLC SCL 编程, 第 12 章 S7-300/400 PLC GRAPH 编程, 第 13 章 S7-300/400 PLC HIGRAPH 编程, 第 14 章 S7-300/400 PLC CFC 编程; 第 10 章及第 15~19 章为工程实践和工程设计部分: 第 10 章 PLC 应用程序设计, 第 15 章 S7-300/400 PLC 工程应用技术, 第 16 章故障诊断, 第 17 章 S7-300/400 PLC 模拟量闭环控制的实现, 第 18 章 PLC 控制系统设计, 第 19 章 PLC 控制系统工程实例。

为了便于读者学习和查阅相关技术参数和内容, 书后附有 5 个附录, 附录 A 实验指导书, 附录 B S7-300/400 硬件选型、附录 C S7-300/400 IO 模块接线、附录 D S7-300/400 STL 指令速查, 附录 E 软件标准库速查。本书附有配套光盘, 含有电子教案等。

本书由姜建芳主编, 孙立平、张延顺、陈培国、刘林、戴刚、蔡洋、翟磊、张建龙、黄峰、缪锐、吴婷婷、吴梅君、石春虎、靳捷参加了编写和校对工作。

由于编者水平有限, 书中存在缺点、错误在所难免, 恳请广大读者批评指正。

作者 E-mail: jiangjianfang@mail.njust.edu.cn。

编 者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 工业自动化及全集成自动化	1
1.2 工业自动化与 PLC	2
1.2.1 PLC 产生及定义	2
1.2.2 PLC 特点	3
1.2.3 PLC 控制系统的组成	5
1.2.4 PLC 的发展趋势	7
1.2.5 PLC 在工业自动化中的地位	9
1.3 西门子 PLC 产品发展历程	9
1.4 获取资料、软件和帮助	10
1.5 习题	10
第2章 PLC 控制系统基础知识	11
2.1 自动控制系统	11
2.1.1 控制系统分类	11
2.1.2 自动控制系统性能要求	12
2.1.3 自动控制系统举例	13
2.2 常用低压电器	13
2.3 传感器	15
2.3.1 传感器的分类	15
2.3.2 常用传感器简介	15
2.3.3 传感器应用举例	16
2.4 隔离栅和浪涌保护器	17
2.4.1 隔离栅的应用	17
2.4.2 浪涌保护器的应用	21
2.5 执行装置	23
2.5.1 执行器分类	23
2.5.2 常用的执行器简介	23
2.5.3 执行器应用举例	25
2.6 系统输入/输出接口	25
2.6.1 PLC 控制系统输入接口	26
2.6.2 PLC 控制系统输出接口	32
2.7 PLC 控制系统电源与接地	35
2.7.1 PLC 控制系统的电源	35

2.7.2 PLC 控制系统的接地	36
2.8 习题	39
第3章 PLC 的组成和工作原理	40
3.1 PLC 的组成	40
3.1.1 中央处理单元	41
3.1.2 存储器	41
3.1.3 输入/输出部件	42
3.1.4 通信接口	42
3.1.5 电源	42
3.1.6 编程器	42
3.2 PLC 的工作原理	43
3.2.1 PLC 的等效电路	43
3.2.2 PLC 的工作模式	44
3.2.3 PLC 的工作过程	45
3.2.4 PLC 对输入输出的处理规则	47
3.2.5 PLC 输入/输出时间滞后	47
3.2.6 PLC 输入信号频率	48
3.3 PLC 的分类	48
3.4 习题	50
第4章 S7-300/400 PLC 硬件系统	51
4.1 S7-300/400 概况	51
4.2 机架	52
4.2.1 S7-300 机架	52
4.2.2 S7-400 机架	52
4.3 电源模块	54
4.3.1 S7-300 电源模块	54
4.3.2 S7-400 电源模块	56
4.4 CPU 模块	57
4.4.1 S7-300 CPU 模块	57
4.4.2 S7-400 CPU 模块	72
4.5 信号模块	75
4.5.1 数字量输入模块	76
4.5.2 数字量输出模块	78
4.5.3 数字量输入/输出模块	80
4.5.4 模拟量输入模块	81
4.5.5 模拟量输出模块	92
4.5.6 模拟量输入/输出模块	95
4.5.7 Ex 系列输入/输出模块和 F 系列输入/输出模块	96
4.5.8 特殊信号模块	97

4.6	功能模块	99
4.7	通信模块	101
4.8	接口模块	103
4.8.1	S7-300 接口模块	103
4.8.2	S7-400 接口模块	104
4.8.3	PROFIBUS-DP 主站接口模块	104
4.9	宽温产品选型	105
4.10	模块安装和扩展	106
4.10.1	S7-300 模块安装和扩展	106
4.10.2	S7-400 模块安装和扩展	108
4.11	ET 200 分布式 I/O	110
4.11.1	ET 200 分布式 I/O 简介	110
4.11.2	ET 200 分类	111
4.12	习题	114
第5章	S7-300/400 PLC 网络通信	115
5.1	网络通信基础知识	115
5.1.1	单工通信、半双工通信及全双工通信	115
5.1.2	串行传输和并行传输	116
5.1.3	异步传输和同步传输	116
5.1.4	串行通信接口	116
5.1.5	传输速率	117
5.1.6	OSI 参考模型	117
5.2	SIMATIC 通信基础	117
5.2.1	SIMATIC NET	117
5.2.2	SIMATIC 通信基本概念	119
5.3	MPI 网络通信	122
5.3.1	基本概述	122
5.3.2	全局数据包通信	123
5.3.3	S7 基本通信	125
5.3.4	S7 通信	127
5.4	PROFIBUS 网络通信	132
5.4.1	PROFIBUS 协议	132
5.4.2	PROFIBUS 设备分类	134
5.4.3	DP 主站系统中的地址	135
5.4.4	PROFIBUS 网络连接设备	136
5.4.5	PROFIBUS 通信处理器	136
5.5	工业以太网通信	138
5.5.1	工业以太网概述	138
5.5.2	工业以太网的特点及优势	138

5.5.3	S7-300/S7-400 工业以太网通信处理器	138
5.5.4	带 PN 接口的 CPU	139
5.5.5	PROFINET 概述	140
5.5.6	PROFINET 的主要应用	140
5.6	AS-I 网络通信	142
5.7	串行网络通信	143
5.7.1	基本概述	143
5.7.2	ASCII 通信协议	143
5.7.3	PLC 与驱动装置串行通信 (USS 协议)	144
5.8	习题	147
第 6 章	S7-300/400 PLC 软件基础	148
6.1	IEC61131-3 国际标准简介	148
6.2	S7-300/400 编程语言简介	150
6.2.1	梯形图 LAD	151
6.2.2	语句表 STL	152
6.2.3	功能块图 FBD	153
6.2.4	结构控制语言 SCL	153
6.2.5	顺序功能图 SFC	153
6.2.6	S7 HIGRAPH 编程语言	154
6.2.7	S7 CFC 编程语言	154
6.3	S7-300/400 编程资源及其编址	155
6.3.1	S7-300/400 编程资源	155
6.3.2	PLC 存储区的划分	158
6.3.3	S7-300/400 模块的编址	159
6.4	变量、常量和数据类型	161
6.4.1	变量和常量	161
6.4.2	基本数据类型	164
6.4.3	复合数据类型	165
6.4.4	参数数据类型	168
6.4.5	用户自定义数据类型	169
6.5	S7-300/400 寻址方式	170
6.5.1	寻址方式简介	170
6.5.2	立即寻址	171
6.5.3	直接寻址	171
6.5.4	存储器间接寻址	172
6.5.5	寄存器间接寻址	173
6.6	习题	175
第 7 章	SIMATIC 管理器	176
7.1	SIMATIC 管理器简介	176

7.1.1	SIMATIC 管理器概述	176
7.1.2	STEP 7 的订货版本	177
7.1.3	STEP 7 与硬件的接口	177
7.1.4	STEP 7 的安装	178
7.1.5	STEP 7 标准软件包	182
7.1.6	STEP 7 扩展软件包	183
7.2	创建和管理项目	185
7.2.1	启动 SIMATIC Manager	185
7.2.2	创建与编辑项目	186
7.2.3	创建一个 STEP 7 项目	188
7.3	硬件组态	191
7.3.1	硬件组态的任务	191
7.3.2	硬件组态的步骤	192
7.3.3	硬件组态举例	193
7.3.4	CPU 模块的参数设置	194
7.3.5	数字量 I/O 模块的参数设置	201
7.3.6	模拟量 I/O 模块的参数设置	203
7.4	网络组态	205
7.4.1	网络组态工具 NetPro	205
7.4.2	连接表	206
7.5	符号表创建与逻辑块编辑	207
7.5.1	符号表	207
7.5.2	逻辑块	210
7.6	应用 PLCSIM 软 PLC 调试用户程序	214
7.6.1	PLCSIM 的主要功能	214
7.6.2	PLCSIM 快速入门	215
7.6.3	视图对象	217
7.6.4	仿真软件的设置与存档	218
7.6.5	软 PLC 与真实 PLC 比较	219
7.6.6	PLCSIM 通信仿真	220
7.7	下载与上载程序	221
7.8	调试程序	226
7.8.1	PLC 应用系统调试的基本步骤	226
7.8.2	用程序状态功能调试程序	227
7.8.3	用变量表调试程序	230
7.8.4	使用单步与断点功能调试程序	234
7.9	故障诊断	236
7.10	参考数据及其应用	236
7.10.1	参考数据的作用	236

7.10.2	参考数据的生成与显示	237
7.10.3	程序结构	239
7.10.4	赋值表	241
7.10.5	未使用的符号	242
7.10.6	没有在符号表中定义的地址	242
7.10.7	在程序中快速查找地址的位置	242
7.11	被控对象仿真软件 SIMIT 简介	246
7.11.1	被控对象的仿真方法	246
7.11.2	SIMIT 仿真软件的安装与项目管理	247
7.11.3	组态操作窗口	248
7.11.4	SIMIT 的控制程序设计	250
7.11.5	仿真的操作	252
7.12	习题	252
第8章	S7-300/400 PLC 指令系统	253
8.1	位逻辑指令	253
8.1.1	触点与线圈	254
8.1.2	基本逻辑指令	255
8.1.3	取反指令	256
8.1.4	SAVE 指令	258
8.1.5	置位与复位指令	258
8.1.6	RS 和 SR 触发器指令	261
8.1.7	边沿检测指令	262
8.2	定时器指令	264
8.2.1	S7-300/400 定时器简介	264
8.2.2	定时器功能指令	267
8.2.3	定时器位指令	277
8.2.4	IEC 定时器	280
8.3	计数器指令	283
8.3.1	计数器简介	283
8.3.2	计数器功能指令	284
8.3.3	计数器线圈指令	289
8.3.4	IEC 计数器	289
8.4	数据处理指令	294
8.4.1	装入 L 和传送 T 指令	294
8.4.2	比较指令	296
8.4.3	移位和循环指令	299
8.4.4	字逻辑运算指令	302
8.5	运算指令	304
8.5.1	转换指令	304

8.5.2 数学运算指令	311
8.6 程序控制指令	315
8.6.1 跳转指令	315
8.6.2 状态位指令	318
8.6.3 主控继电器指令	320
8.6.4 数据块指令	322
8.7 库分类及应用	325
8.7.1 库的分类	325
8.7.2 库的应用	325
8.7.3 库的生成	326
8.7.4 库中 FC、FB、SFC 及 SFB 的使用	327
8.8 习题	327
第9章 S7-300/400 PLC 程序结构	329
9.1 系统程序和用户程序	329
9.1.1 操作系统程序	329
9.1.2 用户程序	330
9.2 用户程序结构	330
9.2.1 用户程序编程方法	330
9.2.2 用户程序分层调用	331
9.2.3 用户程序使用的堆栈	332
9.3 用户程序块	334
9.4 组织块 OB	334
9.4.1 OB 组织块的分类及优先级	335
9.4.2 组织块的变量声明表	337
9.4.3 启动组织块	337
9.4.4 循环执行组织块	341
9.4.5 时间中断组织块	344
9.4.6 事件驱动组织块	357
9.4.7 背景组织块	367
9.4.8 其他组织块	367
9.5 功能 FC 和功能块 FB	369
9.5.1 发动机控制系统的程序结构	369
9.5.2 符号表与变量声明表	370
9.5.3 功能与功能块的生成	371
9.5.4 功能 FC 与功能块 FB 的调用	374
9.5.5 时间标记冲突与一致性检查	376
9.6 数据块 DB	378
9.6.1 数据块的生成	378
9.6.2 数据块的访问	380

9.7 多重背景	381
9.7.1 生成多重背景功能块	381
9.7.2 生成多重背景数据块	385
9.7.3 在 OBI 中调用多重背景	385
9.7.4 FC、FB 与 OB 的区别	385
9.8 系统块	386
9.8.1 系统功能 (SFC) 和功能块 (SFB)	386
9.8.2 系统数据块 (SDB)	388
9.9 标准库中的 FC、FB	388
9.10 习题	388
第 10 章 PLC 应用程序设计	389
10.1 PLC 典型常用程序	389
10.1.1 位逻辑指令应用例	389
10.1.2 定时器/计数器指令应用例	393
10.1.3 移位指令应用例	401
10.1.4 跳转指令应用例	403
10.1.5 运算指令应用例	404
10.1.6 模拟量采集滤波例	406
10.2 PLC 程序设计方法	408
10.2.1 图解法	408
10.2.2 经验设计法	409
10.2.3 状态表程序设计法	410
10.2.4 顺序功能图设计方法	413
10.3 PLC 顺序逻辑控制程序设计	416
10.3.1 平台介绍	417
10.3.2 硬件设计	419
10.3.3 软件设计	420
10.3.4 仿真调试	424
10.4 PLC 过程控制程序设计	425
10.4.1 平台介绍	425
10.4.2 硬件设计	426
10.4.3 软件设计	427
10.4.4 仿真调试	432
10.5 PLC 脉冲量控制程序设计	432
10.5.1 平台介绍	433
10.5.2 硬件设计	433
10.5.3 软件设计	437
10.6 习题	442
第 11 章 S7-300/400 PLC SCL 编程	444

11.1	SCL 语言简介	444
11.2	S7 SCL 软件包安装	444
11.2.1	SCL 的安装	444
11.2.2	S7 SCL 软件兼容性	444
11.3	SCL 源文件编译器	445
11.4	SCL 编程语言	446
11.4.1	基本 S7 SCL 术语	446
11.4.2	变量和参数声明	450
11.4.3	常量声明	451
11.4.4	运算符	452
11.4.5	表达式	453
11.4.6	赋值	455
11.4.7	控制语句	455
11.4.8	SCL 块	458
11.5	SCL 编程应用实例	461
11.5.1	单神经元 PID 算法原理	461
11.5.2	单神经元 PID 算法 SCL 编程	462
11.6	习题	464
第 12 章	S7 -300/400 PLC GRAPH 编程	465
12.1	顺序逻辑控制及顺序功能图	465
12.2	S7 - GRAPH 简介	465
12.2.1	顺序控制程序的结构	465
12.2.2	S7 - GRAPH 编译器	466
12.2.3	步及相关动作命令	467
12.2.4	转换条件	469
12.2.5	S7 - GRAPH 的功能参数集	470
12.3	S7 - GRAPH 程序设计流程	473
12.4	S7 - GRAPH 编程举例	473
12.4.1	被控对象分析	473
12.4.2	系统总体设计	475
12.4.3	系统硬件设计	475
12.4.4	系统软件设计	479
12.4.5	系统调试	482
12.5	习题	486
第 13 章	S7 -300/400 PLC HIGRAPH 编程	488
13.1	S7 - HIGRAPH 简介	488
13.1.1	S7 - HIGRAPH 发展背景及应用	488
13.1.2	S7 - HIGRAPH 特点	488
13.1.3	S7 - HIGRAPH 与 S7 - GRAPH 比较	488

13.1.4	S7 – HIGRAPH 优点	488
13.2	S7 – HIGRAPH 软件包安装	489
13.2.1	S7 – HIGRAPH 安装与使用	489
13.2.2	S7 – HIGRAPH 软件兼容性	489
13.3	S7 – HIGRAPH 基本概念	489
13.3.1	S7 – HIGRAPH 程序构成	489
13.3.2	S7 – HIGRAPH 程序结构	490
13.3.3	S7 – HIGRAPH 项目流程	490
13.4	S7 – HIGRAPH 基础与编程	491
13.4.1	用户界面	491
13.4.2	状态图编程	492
13.4.3	指令编程	495
13.4.4	等待/监控/延迟时间编程	497
13.4.5	操作模式编程	497
13.4.6	图表组编程	498
13.4.7	状态图消息交换编程	498
13.4.8	程序编译	499
13.4.9	程序的调用/下载/调试	500
13.5	S7 – HIGRAPH 应用实例	500
13.5.1	被控对象分析与描述	500
13.5.2	S7 – HIGRAPH 编程	501
13.5.3	编译及调试	506
13.6	习题	510
第 14 章	S7 – 300/400 PLC CFC 编程	511
14.1	S7 – CFC 简介	511
14.1.1	S7 – CFC 发展背景及应用	511
14.1.2	S7 – CFC 特点	511
14.2	S7 – CFC 软件包安装	511
14.2.1	S7 – CFC 安装与使用	511
14.2.2	S7 – CFC 软件兼容性	511
14.3	S7 – CFC 程序构成元素	512
14.3.1	Charts (图表)	512
14.3.2	Chart Partitions (图表分区)	512
14.3.3	Sheet (页) 及 Sheet Bars (页边条)	513
14.3.4	Overflow Page (溢出页)	513
14.3.5	Nested Charts (嵌套图表)	513
14.4	S7 – CFC 功能块操作	514
14.4.1	功能块导入	514
14.4.2	功能块清除与更新	514

14.4.3	功能块编辑	515
14.5	S7 - CFC 程序编程及运行操作	516
14.5.1	连接关系	516
14.5.2	运行时间设置	518
14.5.3	数据归档	518
14.5.4	编译	519
14.5.5	下载	520
14.5.6	回读	520
14.5.7	测试	521
14.6	S7 - CFC 编程应用实例	522
14.6.1	被控对象分析与描述	522
14.6.2	系统总体方案设计	523
14.6.3	控制算法设计与实现	524
14.7	习题	526
第 15 章	S7 - 300/400 PLC 工程应用技术	527
15.1	S7 - 300/400 人机界面与组态应用技术	527
15.1.1	S7 - 300/400 人机界面应用技术	527
15.1.2	S7 - 300/400 WinCC 应用技术	546
15.2	S7 - 300/400 与变频器应用技术	564
15.2.1	MM4 系列变频器概述	564
15.2.2	MM440 变频器的调试	569
15.2.3	S7 - 300/400 与 MM440 应用实例	578
15.3	S7 - 300/400 网络通信应用技术	596
15.3.1	MPI 通信应用技术	596
15.3.2	PROFIBUS 通信应用技术	636
15.3.3	工业以太网通信应用技术	678
15.3.4	PLC 与驱动装置串行通信应用技术	712
15.4	习题	715
第 16 章	故障诊断	716
16.1	故障诊断基础知识	716
16.1.1	故障分类	716
16.1.2	故障诊断机理	717
16.1.3	故障诊断方法	718
16.2	LED 灯故障诊断	718
16.3	SIMATIC 诊断软件	723
16.4	STEP 7 故障诊断	724
16.4.1	诊断符号	724
16.4.2	故障诊断过程	725
16.4.3	模块信息	726

16.4.4	硬件诊断	732
16.4.5	Monitor/Modify Variables	735
16.4.6	参考数据	737
16.4.7	其他诊断功能	739
16.5	OB 和 SFC 故障诊断	740
16.5.1	错误处理组织块	740
16.5.2	同步错误处理组织块	741
16.5.3	异步错误处理组织块	748
16.6	重新接线功能的应用	764
16.6.1	重新接线功能	764
16.6.2	SIMATIC Manager 重新接线	765
16.6.3	地址与符号优先重新接线	766
16.6.4	源程序优先程序接线	769
16.7	习题	771
第 17 章	S7-300/400 PLC 模拟量闭环控制的实现	772
17.1	模拟量闭环控制基础	772
17.1.1	模拟量闭环控制系统组成	772
17.1.2	闭环控制主要性能指标	773
17.1.3	闭环控制反馈极性的确定	774
17.2	数字 PID 控制器	774
17.2.1	PID 控制器优点	774
17.2.2	PID 控制器数字化	775
17.3	S7-300/400 模拟量闭环控制功能	775
17.3.1	S7-300/400 实现闭环控制方法	775
17.3.2	使用闭环控制软件包中的功能块实现闭环控制	776
17.3.3	模拟量输入及数值整定	777
17.3.4	输入量软件滤波	777
17.3.5	模拟量输出及整定	780
17.4	连续 PID 控制器 FB 41	780
17.4.1	设定值和过程变量的处理	780
17.4.2	PID 控制算法	782
17.4.3	控制器输出值的处理	782
17.4.4	FB 41 的参数	783
17.5	步进 PI 控制器 FB 42	784
17.5.1	步进控制器的结构	785
17.5.2	PI 控制算法	786
17.5.3	FB 42 的参数	787
17.6	脉冲发生器 FB 43	788
17.6.1	脉冲发生器工作原理	789
17.6.2	三级控制器	791

17.6.3	二级控制器	793
17.6.4	FB 43 的参数	793
17.7	连续温度控制器 FB 58	794
17.7.1	设定值和过程变量的处理	795
17.7.2	PID 控制算法	797
17.7.3	控制器输出值的处理	799
17.7.4	保存和重新装载控制器参数	800
17.7.5	脉冲输出方式	801
17.7.6	脉冲输出和 PID 运算	802
17.7.7	参数设置的经验法则	803
17.7.8	自整定功能	804
17.7.9	FB 58 的参数	805
17.8	步进温度控制器 FB 59	809
17.8.1	PI 控制算法	810
17.8.2	FB 59 的参数	811
17.9	编写模块实现闭环控制	812
17.10	PID 控制器工程实例程序	813
17.11	PID 参数自整定	829
17.12	习题	830
第 18 章	PLC 控制系统设计	831
18.1	PLC 控制系统设计原则与流程	831
18.1.1	PLC 控制系统设计原则	831
18.1.2	PLC 控制系统设计流程	832
18.2	PLC 控制系统被控对象的分析与描述	832
18.3	PLC 控制系统总体设计	833
18.4	PLC 控制系统硬件设计	835
18.4.1	传感器与执行器的确定	835
18.4.2	PLC 控制系统模块的选择	835
18.4.3	控制柜设计	837
18.4.4	I/O 模块原理图设计	837
18.5	PLC 控制系统软件设计	837
18.5.1	控制软件设计	837
18.5.2	监控软件设计	838
18.6	PLC 控制系统的可靠性设计	838
18.6.1	环境技术条件设计	838
18.6.2	控制系统的冗余设计	840
18.6.3	控制系统供电系统设计	842
18.7	PLC 控制系统的调试	843
18.7.1	模拟调试	843
18.7.2	现场调试	844
18.8	习题	844