



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

嵌入式与工业控制技术

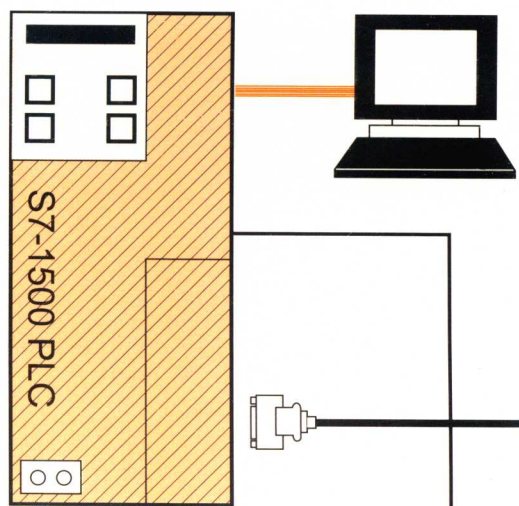
Electrical Control and Programmable Logic Controller

电气控制与可编程逻辑 控制器

——传统低压电器与西门子S7-1500 PLC控制方法

潘欢 薛丽 宋娟 编著

Pan Huan Xue Li Song Juan



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Electrical Control and Programmable
Logic Controller

电气控制与 可编程逻辑控制器

——传统低压电器与西门子S7-1500 PLC控制方法

潘欢 薛丽 宋娟 编著

Pan Huan Xue Li Song Juan

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要从硬件电路、S7-1500 PLC 和软件编程这 3 个方面入手,使初学者能尽快熟悉 S7-1500 PLC,并完成一些简单的编程。

硬件电路部分介绍各类低压控制电器、电气控制线路,重点学习三相异步电动机的起动、正反转、制动和调速控制电路分析。S7-1500 PLC 部分介绍了 PLC 的产生、定义、发展、分类、组成和工作原理等,并详细介绍了 S7-1500 PLC 的硬件组成。软件编程部分是学习的重点,介绍了 Portal 软件、S7-1500 PLC 所处理的数据类型和变量存储地址以及编程所需的基本指令,重点介绍了梯形图的编程规则,最后用实例讲解如何用 Portal 软件进行硬件组态、定义变量、编写程序等。

本书可作为电气工程及其自动化、自动化、机电一体化、机械类专业本科生的教材,参考学时为 64 学时,包括课程理论教学环节(48 学时)和实验教学环节(16 学时)。

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

电气控制与可编程逻辑控制器:传统低压电器与西门子 S7-1500 PLC 控制方法/潘欢,薛丽,宋娟编著. —北京:清华大学出版社,2019

(高等学校电子信息类专业系列教材)

ISBN 978-7-302-51115-1

I. ①电… II. ①潘… ②薛… ③宋… III. ①电气控制—高等学校—教材 ②可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.2 ②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 203103 号

责任编辑:曾 珊 赵晓宁

封面设计:李召霞

责任校对:梁 毅

责任印制:丛怀宇

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 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:19.75

字 数:478 千字

版 次:2019 年 5 月第 1 版

印 次:2019 年 5 月第 1 次印刷

定 价:59.00 元

产品编号:076738-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科技大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中国科学院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团股份有限公司
	蒋晓瑜	陆军装甲兵学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋 峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳 伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

工业制造是国民经济的主体,是立国之本、兴国之器、强国之基,“工业 4.0”和“中国制造 2025”等概念的提出标志着新一轮工业革命的开始。可编程逻辑控制器(PLC)在这次革命中扮演着至关重要的角色,为了顺应工业电气化、自动化、数字化生产的潮流,各大公司的 PLC 也逐渐趋于集成化、灵活化和网络化。

西门子公司作为全球工业自动化的领航者,早在数年前便提出了全集成自动化(Totally Integrated Automation, TIA)的概念,并且将全部自动化组态任务完美地集成在一个单一的开发环境——TIA Portal(Totally Interated Automation Portal)之中。所研发的新一代 SIMATIC 系列控制器是 TIA 全集成自动化架构的核心单元,其中新型的 SIMATIC S7-1500 控制器除了包含多种创新技术之外,还设定了新标准,最大程度地提高生产效率,而且无论是小型设备还是对速度和准确性要求较高的复杂设备装置都适用。SIMATIC S7-1500 无缝集成到 TIA Portal 中,极大提高了工程组态的效率,在工程研发、生产操作与日常维护等各个阶段,在提高工程效率、提升操作体验、增强维护便捷性等各个方面树立了新的标杆。

目前市面上有关 SIMATIC S7-1500 PLC 的书籍还相对较少,大部分教材以 SIMATIC S7-300/400 PLC 为主,缺少有关新型控制器的介绍,使得广大高校学生、电气工作者难以学习到最新知识。另外,尽管西门子工业自动化技术丛书对 SIMATIC 系列控制器有较详细的介绍(如参考文献[8]),但却不适用于初学者或者本科生教学,其中缺少继电器型硬件电路的介绍,割裂了硬件控制电路与 PLC 之间的联系,难以使初学者对梯形图形成快速、直观的认识进而掌握。基于此,本书主要从以下 3 个方面入手,使初学者能尽快熟悉 S7-1500 PLC,并完成一些简单的编程。

- 硬件电路部分。介绍各类低压控制电器,包括接触器、继电器、断路器、熔断器和主令电器等;介绍电气控制线路,包括如何绘制和阅读分析电气控制线路,重点学习三相异步电动机的启动、正反转、制动和调速控制电路分析,为后面的梯形图编程打下基础。
- S7-1500 PLC。介绍了 PLC 的产生、定义、发展、分类、组成和工作原理等,并专门对 S7-1500 PLC 的组成硬件做了详细介绍,以熟悉所使用的对象。
- 软件编程。这一部分是学习重点,首先介绍 Portal 软件的组成、安装、卸载、授权和视图;其次介绍 S7-1500 PLC 所处理的数据类型和变量存储地址,并将编程所需的基本指令一一罗列,介绍它们的功能、示例用法等;再次重点介绍梯形图的编程规则,主要包括经验设计法和顺序控制设计法,以基本数字电路为例,示意如何使用指令编辑程序;最后示例如何用 Portal 软件进行硬件组态、定义变量、编写程序等。

“电气控制与可编程逻辑控制器”是一门应用性很强的课程,学习本课程的主要目的

在于通过课程与实验,培养学生设计电气控制线路、应用西门子 PLC 编程指令控制电动机实际应用能力;通过课堂讲授和实践教学,使学生熟悉电气控制设备的基本构成,掌握电气设备的基本原理和分析方法,学会正确选择和使用电气设备,具有一定的电气控制线路设计能力;通过参观实验室和企业的深入学习,使学生建立感性认识,再通过课程设计对所学内容和所参观的实物作进一步的深入研究。

最后,感谢杨丽、张凯歌、王佳浩、刘智聪、连宏汇等同学对本书的编写做出的贡献。

因作者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2018.2

学习建议

本书的授课对象为电气工程及其自动化、自动化、机电一体化、机械类专业的本科生,课程类别属于电气自动化类。参考学时为 64 学时,包括课程理论教学环节(48 学时)和实验教学环节(16 学时)。

课程理论教学环节主要包括课堂讲授和研究性教学。课程以课堂讲授为主,部分内容可以通过学生自学加以理解和掌握。研究性教学针对课程内容进行扩展和探讨,要求学生根据教师布置的题目编写程序,进行课内讨论讲评或上机完成等。

实验教学环节包括熟悉 S7-1500 PLC 的硬件组成、掌握 S7-1500 PLC 的操作、灵活应用 Portal 采用梯形图进行编程,可根据学时灵活安排,主要通过自学由学生在实验课中完成。

本书的主要知识点、重点、难点及学时分配见下表。

序号	知识单元(章节)	知识点	要求	推荐学时
1	常用低压控制电器	概述	了解	6
		接触器	理解	
		继电器	掌握	
		低压断路器	理解	
		熔断器	理解	
		主令电器	理解	
		其他常用电器	了解	
2	基本电气控制线路	电气控制线路的绘制	理解	8
		三相异步电动机的起动控制线路	掌握	
		三相异步电动机的正反转控制线路	掌握	
		三相异步电动机制动控制线路	掌握	
		三相异步电动机调速控制线路	掌握	
		其他典型控制线路	掌握	
3	PLC 基础知识	PLC 的产生和定义	了解	4
		PLC 的发展	了解	
		PLC 的应用领域	了解	
		PLC 的特点	理解	
		PLC 与其他典型控制系统的区别	理解	
		PLC 的分类	了解	
		PLC 的系统组成	掌握	
		PLC 的工作原理	掌握	

续表

序号	知识单元(章节)	知识点	要求	推荐学时
4	TIA Portal 软件概述	TIA Portal 软件简介	了解	2
		TIA Portal 软件的组成	理解	
		TIA Portal 软件的安装	掌握	
		TIA Portal 软件的卸载	掌握	
		授权管理功能	掌握	
		TIA Portal 中的视图	理解	
		TIA Portal 软件的特性	了解	
5	SIMATIC S7-1500 PLC 硬件组成	S7-1500 电源模块	了解	4
		S7-1500 CPU 模块	理解	
		SIMATIC 存储卡	理解	
		CPU 的显示屏	了解	
		S7-1500 信号模块	了解	
		S7-1500 通信模块	了解	
		S7-1500 接口模块	了解	
		S7-1500 工艺模块	了解	
6	数据类型和地址区	S7-1500 PLC 的数据类型	了解	2
		S7-1500 PLC 的地址区	理解	
7	S7-1500 PLC 基本指令	位逻辑指令	掌握	8
		定时器指令	掌握	
		计数器指令	掌握	
		比较指令	理解	
		转换指令	理解	
		数据块指令	理解	
		逻辑控制指令	理解	
		整型数学运算指令	掌握	
		浮点型数学运算指令	掌握	
		传送指令	理解	
		移位和循环移位指令	理解	
		状态位指令	理解	
		字逻辑指令	理解	
程序控制指令	理解			
8	PLC 梯形图编程简介	梯形图编程规则	了解	4
		经验设计法	理解	
		顺序控制设计法	掌握	

续表

序号	知识单元(章节)	知识点	要求	推荐学时
9	PLC 基本数字 电路程序	自锁和互锁电路	掌握	6
		起动、保持和停止电路	掌握	
		瞬时接通/延时断开电路	掌握	
		延时接通/延时断开电路	掌握	
		长时间定时电路	掌握	
		振荡电路	理解	
		脉冲发生电路	理解	
		计数器应用电路	理解	
		分频电路	理解	
		比较电路(译码电路)	理解	
		优先电路	理解	
		报警电路	理解	
10	S7-1500 组态控制	PLC 组态	掌握	4
		查看或修改 I/Q 地址	掌握	
		定义变量与编写程序	掌握	
		添加函数 FC、函数块 FB 及数据块 DB	理解	

目录

CONTENTS

绪论	1
第 1 章 常用低压控制电器	4
1.1 概述	4
1.1.1 电磁机构	4
1.1.2 触点系统	6
1.2 接触器	8
1.2.1 交流接触器	8
1.2.2 直流接触器	9
1.2.3 接触器的主要技术参数及型号的含义	10
1.2.4 接触器的选择	11
1.3 继电器	12
1.3.1 电磁式继电器	12
1.3.2 时间继电器	16
1.3.3 热继电器	21
1.3.4 速度继电器	24
1.3.5 温度继电器	25
1.3.6 固态继电器	27
1.3.7 压力继电器	28
1.3.8 液位继电器	28
1.4 低压断路器	29
1.4.1 结构及工作原理	29
1.4.2 低压断路器的主要参数	30
1.4.3 低压断路器的主要类型	30
1.4.4 低压断路器的选择	32
1.4.5 低压断路器型号含义与电路符号	32
1.5 熔断器	33
1.5.1 熔断器的结构与工作原理	33
1.5.2 常用熔断器	33
1.5.3 熔断器技术参数	36
1.5.4 熔断器的选择	37
1.5.5 熔断器的型号意义与电路符号	38
1.6 主令电器	39
1.6.1 控制按钮	39

1.6.2	位置开关	41
1.6.3	万能转换开关	46
1.7	其他常用电器	46
1.7.1	刀开关	46
1.7.2	转换开关	48
	本章小结	50
	习题	50
第2章	基本电气控制线路	51
2.1	电气控制线路的绘制	51
2.1.1	常用电气图形符号和文字符号	51
2.1.2	电气控制线路的绘制原则	62
2.1.3	阅读和分析电气控制路线图的方法	63
2.2	三相异步电动机的起动控制线路	65
2.2.1	笼型异步电动机全压起动控制线路	66
2.2.2	三相笼型异步电动机降压起动线路	68
2.2.3	绕线式异步电动机起动控制线路	74
2.3	三相异步电动机的正反转控制线路	77
2.3.1	电动机可逆运行的手动控制线路	77
2.3.2	电动机可逆运行的自动控制线路	78
2.4	三相异步电动机制动控制线路	80
2.4.1	电磁机械制动控制线路	80
2.4.2	反接制动控制线路	82
2.4.3	能耗制动控制线路	86
2.5	三相异步电动机调速控制线路	89
2.5.1	变更极对数的调速控制线路	89
2.5.2	变更转子外加电阻的调速控制线路	93
2.6	其他典型控制线路	93
2.6.1	多地点控制线路	93
2.6.2	顺序起停控制线路	93
2.6.3	步进控制线路	94
2.6.4	多台电动机同时起停电路	95
	本章小结	96
	习题	96
第3章	PLC 基础知识	98
3.1	PLC 的产生和定义	98
3.1.1	PLC 的产生	98
3.1.2	PLC 的定义	99
3.2	PLC 的发展	99
3.2.1	PLC 的发展历史	99
3.2.2	PLC 的发展趋势	101
3.3	PLC 的应用领域	104
3.4	PLC 的特点	105
3.5	PLC 与其他典型控制系统的区别	106

3.5.1	与继电器控制系统的区别	106
3.5.2	与单片机控制系统的区别	107
3.5.3	与 DCS、FCS 控制系统的区别	109
3.6	PLC 的分类	110
3.6.1	按 I/O 点数容量分类	110
3.6.2	按结构形式分类	110
3.7	PLC 的系统组成	111
3.8	PLC 的工作原理	115
3.8.1	PLC 的工作方式	115
3.8.2	PLC 工作过程的中心内容	116
3.8.3	PLC 对输入输出的处理原则	118
	本章小结	118
	习题	119
第 4 章	TIA Portal 软件概述	120
4.1	TIA Portal 软件简介	120
4.2	TIA Portal 软件的组成	121
4.2.1	TIA Portal STEP7	121
4.2.2	TIA Portal STEP7 工程组态系统的选件	122
4.2.3	TIA Portal WinCC	122
4.2.4	TIA Portal WinCC 工程组态系统和运行系统的选件	122
4.3	TIA Portal 软件的安装	123
4.3.1	安装硬件要求	123
4.3.2	支持的操作系统	123
4.3.3	安装步骤	124
4.4	TIA Portal 软件的卸载	129
4.5	授权管理功能	130
4.5.1	授权的种类	130
4.5.2	授权管理器	131
4.5.3	安装许可证密钥	131
4.6	TIA Portal 中的视图	132
4.6.1	TIA Portal 中的导航	132
4.6.2	Portal 视图	132
4.6.3	项目视图	133
4.7	TIA Portal 软件的特性	134
	本章小结	135
	习题	135
第 5 章	SIMATIC S7-1500 PLC 硬件组成	136
5.1	S7-1500 电源模块	136
5.1.1	PS 电源模块	136
5.1.2	PM 电源模块	137
5.1.3	电源模块技术数据	137
5.2	S7-1500 CPU 模块	138
5.2.1	S7-1500 CPU 模块所具有的功能	139

5.2.2 CPU 模块技术数据	139
5.3 SIMATIC 存储卡	142
5.3.1 SIMATIC 存储卡概述	142
5.3.2 设置卡类型	145
5.3.3 使用 SIMATIC 存储卡进行数据传输	145
5.4 CPU 的显示屏	145
5.4.1 显示屏的优点	145
5.4.2 显示屏的操作温度	146
5.4.3 显示屏	146
5.4.4 菜单图标	147
5.4.5 操作前盖板	147
5.4.6 控制键	148
5.4.7 语言设置	148
5.5 S7-1500 信号模块	148
5.5.1 S7-1500 信号模块的特性	148
5.5.2 S7-1500 信号模块的参数	149
5.6 S7-1500 通信模块	154
5.6.1 S7-1500 通信模块的类型	154
5.6.2 S7-1500 通信模块的技术数据	155
5.7 S7-1500 接口模块	156
5.8 S7-1500 工艺模块	157
本章小结	157
习题	158
第 6 章 数据类型和地址区	159
6.1 S7-1500 PLC 的数据类型	159
6.1.1 基本数据类型	159
6.1.2 复合数据类型	162
6.1.3 参数类型	164
6.1.4 系统数据类型	165
6.1.5 硬件数据类型	166
6.2 S7-1500 PLC 的地址区	166
6.2.1 CPU 的地址区的划分及寻址方法	166
6.2.2 全局变量与局部变量	172
6.2.3 全局常量与局部常量	172
本章小结	172
习题	173
第 7 章 S7-1500 PLC 基本指令	174
7.1 位逻辑指令	174
7.1.1 位逻辑指令概述	174
7.1.2 位逻辑指令组件	175
7.2 定时器指令	182
7.2.1 定时器指令概述	182
7.2.2 存储器中定时器的位置	183

7.2.3	定时器的组件	185
7.3	计数器指令	193
7.3.1	计数器指令概述	193
7.3.2	计数器的组件	194
7.4	比较指令	198
7.4.1	比较指令概述	198
7.4.2	比较指令组件	198
7.5	转换指令	200
7.5.1	转换指令概述	200
7.5.2	转换指令组件	201
7.6	数据块指令	207
7.7	逻辑控制指令	208
7.7.1	逻辑控制指令概述	208
7.7.2	逻辑控制指令组件	208
7.8	整型数学运算指令	210
7.8.1	整型数学运算指令概述	210
7.8.2	使用整数算术指令计算状态字的位	211
7.8.3	整数算术指令组件	212
7.9	浮点型数学运算指令	216
7.9.1	浮点运算指令概述	216
7.9.2	判断浮点运算指令状态字的位	217
7.9.3	基本指令	218
7.9.4	扩展指令	220
7.10	传送指令	223
7.11	移位和循环移位指令	224
7.11.1	移位指令	224
7.11.2	循环移位指令	228
7.12	状态位指令	230
7.12.1	状态位指令概述	230
7.12.2	状态位指令组件	230
7.13	字逻辑指令	235
7.13.1	字逻辑指令概述	235
7.13.2	字逻辑指令组件	236
7.14	程序控制指令	239
	本章小结	248
	习题	248
第 8 章	PLC 梯形图编程简介	249
8.1	梯形图编程规则	249
8.1.1	梯形图编程时应遵守的规则	249
8.1.2	梯形图程序优化	251
8.2	经验设计法	252
8.3	顺序控制设计法	253
8.3.1	顺序控制设计法概述	253

8.3.2	过程与动作	254
8.3.3	有向连线	255
8.3.4	切换和切换条件	256
8.3.5	状态切换图的基本结构	256
8.3.6	切换实现的基本原则	257
8.3.7	顺序控制设计法的本质	258
本章小结	259
习题	259
第9章	PLC基本数字电路程序	260
9.1	自锁和互锁电路	260
9.1.1	自锁电路	260
9.1.2	互锁电路	260
9.2	启动、保持和停止电路	261
9.2.1	复位优先型起保停电路	261
9.2.2	置位优先型起保停电路	262
9.3	瞬时接通/延时断开电路	262
9.4	延时接通/延时断开电路	263
9.5	长时间定时电路	264
9.5.1	多个定时器组合的长时间定时电路	264
9.5.2	定时器和计数器组合的长时间定时电路	264
9.6	振荡电路	265
9.7	脉冲发生电路	266
9.7.1	顺序脉冲发生电路	266
9.7.2	脉冲宽度可控制电路	266
9.7.3	延时脉冲产生电路	267
9.8	计数器应用电路	267
9.8.1	计数器应用电路	267
9.8.2	多个计数器的延时电路	268
9.9	分频电路	270
9.10	比较电路(译码电路)	270
9.11	优先电路	271
9.12	报警电路	271
本章小结	272
习题	273
第10章	S7-1500组态控制	274
10.1	PLC组态	274
10.1.1	创建新项目	274
10.1.2	设备组态	275
10.1.3	编译与下载	279
10.2	查看或修改 I/Q 地址	282
10.3	定义变量与编写程序	282
10.3.1	定义变量	282
10.3.2	编写程序	283