



高等院校电子信息与电气学科特色教材

可编程控制器原理及应用

肖军 孟令军 编著



清华大学出版社

内容简介

本书共分10章，主要介绍PLC的组成、工作原理、指令系统、应用系统及设计方法。全书共分10章，主要介绍PLC的组成、工作原理、指令系统、应用系统及设计方法。全书共分10章，主要介绍PLC的组成、工作原理、指令系统、应用系统及设计方法。



高等院校电子信息与电气学科特色教材

清华大学出版社 北京 010-82525882

清华大学出版社

可编程控制器原理及应用

肖军 孟令军 编著

清华大学出版社

清华大学出版社

北京

清华大学出版社

内 容 简 介

本书从非电专业教学需要出发,主要以德国西门子公司 S7-200 系列 PLC 为背景,介绍了可编程控制器的结构、工作原理、系统配置、指令系统和应用系统设计。为了配合实验教学,本书基于东北大学自行设计的可编程控制器实验台,按照验证性实验内容、综合性实验内容和课程设计内容,分别设计了大量相应的实验项目并提供了参考程序,方便教师教学与学生实践。本书还系统介绍了 S7-200 编程软件的使用方法和调试技巧,通过学习,读者能够很快掌握 PLC 的基本原理和应用方法。

本书通俗易懂,内容简洁明了,注重理论与实践环节的紧密结合,可作为高等院校非电类专业学生教材或电类专业学生参考书,也可供相关工程技术人员参考。

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

可编程控制器原理及应用/肖军,孟令军编著. —北京:清华大学出版社,2008.10
(高等院校电子信息与电气学科特色教材)

ISBN 978-7-302-17824-8

I. 可… II. ①肖… ②孟… III. 可编程控制器—高等学校—教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 081415 号

责任编辑:王敏稚

责任校对:时翠兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:15.5 字 数:376 千字

版 次:2008 年 10 月第 1 版 印 次:2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:24.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:029632-01

出版说明

随着我国高等教育逐步实现大众化以及产业结构的进一步调整,社会对人才的需求出现了层次化和多样化的变化,这反映到高等学校的定位与教学要求中,必然带来教学内容的差异化和教学方式的多样性。而电子信息与电气学科作为当今发展最快的学科之一,突出办学特色,培养有竞争力、有适应性的人才很多是高等院校的迫切任务。高等教育如何不断适应现代电子信息与电气技术的发展,培养合格的电子信息与电气学科人才,已成为教育改革中的热点问题之一。

目前我国电类学科高等教育的教学中仍然存在很多问题,例如在课程设置和教学实践中,学科分立,缺乏和谐与连通;局部知识过深、过细、过难,缺乏整体性、前沿性和发展性;教学内容与学生的背景知识相比显得过于陈旧;教学与实践环节脱节,知识型教学多于研究型教学,所培养的电子信息与电气学科人才还不能很好地满足社会的需求等等。为了适应 21 世纪人才培养的需要,很多高校在电子信息与电气学科专业建设和课程建设方面都做了大量工作,包括国家级、省级、校级精品课的建设等,充分体现了各个高校重点专业的特色,也同时体现了地域差异对人才培养所产生的影响,从而形成各校自身的特色。许多一线教师在多年教学与科研方面已经积累了大量的经验,将他们的成果转化为教材的形式,向全国其他院校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件非常有意义的事。

为了配合全国高校培育有特色的精品课程和教材,清华大学出版社在大量调查研究的基础之上,在教育部相关教学指导委员会的指导下,决定规划、出版一套“高等院校电子信息与电气学科特色教材”,系列教材将涵盖通信工程、电子信息工程、电子科学与技术、自动化、电气工程、光电信息工程、微电子学、信息安全等电子信息与电气学科,包括基础课程、专业主干课程、专业课程、实验实践类课程等多个方面。本套教材注重立体化配套,除主教材之外,还将配套教师用 CAI 课件、习题及习题解答、实验指导等辅助教学资源。

由于各地区、各学校的办学特色、培养目标和教学要求均有不同,所以对特色教材的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用本套教材的过程中,及时给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成

为特色鲜明、质量上乘的优秀教材,同时,我们也欢迎有丰富教学和创新实践经验的优秀教师能够加入到本丛书的编写工作中来!

清华大学出版社

高等院校电子信息与电气学科特色教材编委会

联系人:王敏稚 wangmz@tup.tsinghua.edu.cn

前言

可编程控制器(简称 PLC)是一种应用于工业生产过程控制,具有实时数字化处理能力的硬件设备,通过编制软件来改变控制过程,是微机技术与常规的继电器接触控制技术的有机结合。它为工业自动化提供高可靠性的自动控制装置,已成为继电器接触控制更新换代的主导产品。

作为电工学继电器接触控制系统的后续独立课,本书以德国西门子公司的 S7-200 系列产品为例,全面介绍了 PLC 的基本结构、工作原理和应用技术,用较短的篇幅阐述了 S7-200 的软、硬件功能,并给出了大量实例,所有内容都是为了便于实际应用和教学。鉴于 PLC 教学实践性极强的特点,书中的实验篇提供了大量的基础实验题、综合实验题及参考程序,其中包括从简单的继电器接触控制到复杂的 4 层电梯全功能控制。为配合各个环节的教学,书中还给出了课程设计和生产实习题目,这些既可帮助初学者尽快地掌握 PLC 应用方法,又能调动其学习的兴趣,同时,方便了教师对不同学时的 PLC 教学内容进行恰当的取舍。

全书分为教学篇、实验篇两个部分,共 12 章。

教学篇包括第 1 章~第 5 章。第 1 章介绍可编程控制器的基本工作原理、输入输出接口技术,并通过实例详细叙述了 PLC 工作过程各单元的功能。第 2 章介绍了可编程控制器的系统构成、配置及所属存储器区域。第 3 章讲述了 S7-200 的基本指令、梯形图的功能和编程规则,并通过继电器接触控制电路与梯形图的对照,详细讲解了梯形图的编程方法和技巧。第 4 章简单介绍了传送、算术运算、逻辑运算等部分功能指令。第 5 章通过一个实际 PLC 应用系统,详细地介绍了一个完整的 PLC 应用系统的设计内容及设计步骤。

实验篇包括第 6 章~第 12 章。第 6 章介绍实验台的总体结构、各模块的功能及使用方法。第 7 章介绍编程软件的快速入门方法,让读者迅速熟悉实验环境。第 8 章为基本实验内容,通过电机的可逆控制,定时器/计数器的简单使用,微分指令、位移指令、中断指令的基本编程实验,使读者全面了解 PLC 的指令系统和编程方法。第 9 章为综合性实验内容,包括交通信号灯控制实验、混料罐控制实验、传输线控制实验、小车自动选向、定位控制实验、简易电梯控制实验、刀具库管理控制实验、顺序控制电路实验。读者可以参考示例程序,按照控制要求,自行编制梯形图或语句表,以全面掌握 PLC 的应用技能,提高分析问题和解决问题的能力。第 9 章为课程设计或生产实习实验提供了部分题目。第 10 章介绍 4 层电梯控制要求和设计实验参考程序。第 11 章为 STEP 7-Micro/WIN 32 简介,使读者了解编程软件的使用方法。第 12 章为 TD 200 操作简介。

全书由肖军、孟令军主编，余黎煌、陈静维也参与了编写工作。

本书可作为高等院校非电类专业学生教材或电类专业学生参考书，也可供相关工程技术人员参考。

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，欢迎读者批评指正。

编者

2008年6月

教师反馈表

感谢您购买本书！清华大学出版社计算机与信息分社专心致力于为广大院校电子信息类及相关专业师生提供优质的教学用书及辅助教学资源。

我们十分重视对广大教师的服务，如果您确认将本书作为指定教材，请您务必填好以下表格并经系主任签字盖章后寄回我们的联系地址，我们将免费向您提供有关本书的其他教学资源。

您需要教辅的教材：	可编程控制器原理及应用(肖军)		
您的姓名：			
院系：			
院/校：			
您所教的课程名称：			
学生人数/所在年级：	_____人/ 1 2 3 4 硕士 博士		
学时/学期	_____学时/_____学期		
您目前采用的教材：	作者： _____ 书名： _____ 出版社： _____		
您准备何时用此书授课：			
通信地址：			
邮政编码：		联系电话	
E-mail：			
您对本书的意见/建议：		系主任签字	
		盖章	

我们的联系地址：

清华大学出版社 学研大厦 A602, A604 室

邮编：100084

Tel: 010-62770175-4409, 3208

Fax: 010-62770278

E-mail: liuli@tup.tsinghua.edu.cn; hanbh@tup.tsinghua.edu.cn

目 录

教学篇

第 1 章 可编程控制器的组成及工作原理	3
1.1 概述	3
1.1.1 可编程控制器的的发展	3
1.1.2 可编程控制器的主要特点	5
1.1.3 PLC 的分类	6
1.2 可编程控制器的内部结构及功能	7
1.2.1 可编程控制器的系统组成	7
1.2.2 可编程控制器的内部结构及功能	8
1.3 可编程控制器的工作原理	11
1.3.1 可编程控制系统的硬件组成	11
1.3.2 可编程控制器的编程语言	12
1.3.3 可编程控制器的工作过程	14
1.4 PLC 与其他控制系统的比较	16
习题	17
第 2 章 S7-200 可编程控制器及配置	18
2.1 S7-200 PLC 系统的基本构成	18
2.2 S7-200 PLC 的系统配置	22
2.3 S7-200 系列 PLC 的存储器区域	25
2.3.1 数据区空间存储器的地址表示格式	25
2.3.2 数据区空间存储器区域	26
习题	32
第 3 章 S7-200 系列的基本指令及编程	33
3.1 S7-200 编程的基本概念	33
3.1.1 编程语言	33
3.1.2 用户程序的结构	34
3.1.3 编程的一般约定	35
3.2 基本逻辑指令	36
3.2.1 位逻辑指令	36
3.2.2 定时器和计数器指令	40
3.2.3 比较操作指令	49

3.3	梯形图编程规则及方法	49
3.3.1	梯形图设计规则	50
3.3.2	梯形图编程方法	50
3.4	编程举例	52
3.4.1	限位控制电路	52
3.4.2	自动往返行程控制电路	53
3.4.3	主机冷却系统控制	54
3.4.4	异步机 Y/ Δ 启动控制	55
3.4.5	按时间顺序工作的控制电路	56
3.4.6	限位、定时往返控制电路	57
	习题	60

第4章 S7-200 的部分功能指令

4.1	传送指令	61
4.2	数学运算指令	62
4.2.1	四则运算指令	62
4.2.2	数学功能指令	65
4.3	逻辑运算指令	66
4.4	移位和循环移位指令	68
4.5	数据转换指令	69
4.6	程序控制指令	72

第5章 可编程控制器的应用系统设计

5.1	PLC 应用系统设计的内容和步骤	74
5.1.1	PLC 应用系统设计的主要内容	74
5.1.2	PLC 控制系统设计的步骤	74
5.2	PLC 控制系统设计举例	78

实验篇

第6章 可编程控制器实验台

6.1	实验台结构	93
6.2	电源模板	94
6.3	应用基础实验板 TS1	94
6.4	应用基础实验板 TS2	95
6.5	可编程控制器板	96
6.6	应用基础实验板 TS3	97

第 7 章 实验操作快速入门	99
7.1 硬件连接	99
7.2 启动编程软件	99
7.3 选择 CPU 类型	100
7.4 检查通讯	101
7.5 编辑程序	102
7.6 程序编译与下载	103
7.7 程序运行与调试	104
第 8 章 基本实验	106
8.1 继电器类指令实验	106
8.1.1 实验目的	106
8.1.2 实验任务	106
8.1.3 实验步骤	106
8.2 计时器类指令实验	108
8.2.1 实验目的	108
8.2.2 实验任务	108
8.2.3 实验步骤	108
8.3 计数器指令实验	111
8.3.1 实验目的	111
8.3.2 实验任务	111
8.3.3 实验步骤	111
8.4 微分指令、锁存器指令实验	113
8.4.1 实验目的	113
8.4.2 实验任务	113
8.4.3 实验步骤	114
8.5 移位指令实验	117
8.5.1 实验目的	117
8.5.2 实验任务	117
8.5.3 实验步骤	117
8.6 算术指令和模拟量输入指令实验	121
8.6.1 实验目的	121
8.6.2 实验任务	121
8.6.3 实验步骤	121
8.7 特殊功能指令实验	123
8.7.1 实验目的	123
8.7.2 实验任务	124
8.7.3 实验步骤	124

8.8	子程序和中断指令实验	126
8.8.1	实验目的	126
8.8.2	实验任务	126
8.8.3	实验步骤	126
第9章	综合性实验	131
9.1	交通灯控制电路实验	131
9.1.1	实验目的	131
9.1.2	实验任务	131
9.1.3	实验步骤	131
9.1.4	选作项目	135
9.2	运料车控制电路实验	136
9.2.1	实验目的	136
9.2.2	实验任务	136
9.2.3	实验步骤	136
9.2.4	选作项目	141
9.3	刀具库管理控制实验	142
9.3.1	实验目的	142
9.3.2	实验任务	142
9.3.3	实验步骤	142
9.3.4	选作项目	142
9.4	传输线控制实验	144
9.4.1	实验目的	144
9.4.2	实验任务	145
9.4.3	实验步骤	145
9.5	混料罐控制实验	147
9.5.1	实验目的	147
9.5.2	实验任务	147
9.5.3	实验步骤	148
9.5.4	选作项目	150
9.6	小车自动选向、定位控制实验	150
9.6.1	实验目的	150
9.6.2	实验任务	150
9.6.3	实验步骤	150
9.7	简易电梯控制实验	156
9.7.1	实验目的	156
9.7.2	实验任务	156
9.7.3	实验步骤	156
9.8	顺序控制指令实验	163

9.8.1	实验目的	163
9.8.2	实验任务	163
9.8.3	实验步骤	163
9.9	课程设计或生产实习参考题目	166
9.9.1	直线控制实验区参考题目	166
9.9.2	旋转控制实验区参考题目	168
9.9.3	乒乓球比赛	168
9.9.4	霓虹彩灯控制	168
第 10 章	电梯模型控制实验	170
10.1	前言	170
10.2	电梯模型结构简介	170
10.2.1	轿箱升降拖动系统	170
10.2.2	门拖动系统	171
10.2.3	电梯前面板	171
10.2.4	实验接线	172
10.3	电梯控制要求	172
10.3.1	司机方式	172
10.3.2	自动方式	172
10.4	输入/输出电缆信号与 I/O 分配	173
10.5	电梯控制实验	174
第 11 章	STEP 7-Micro/WIN 32 的编程和调试	192
11.1	STEP 7-Micro/WIN 32 窗口组件	192
11.2	STEP 7-Micro/WIN 32 编程的概念和规则	194
11.3	输入梯形逻辑程序	195
11.3.1	新建项目	195
11.3.2	利用梯形逻辑编辑器输入指令	196
11.3.3	编辑和修改	198
11.4	下载和上装程序	198
11.5	对程序进行调试和监控	199
11.5.1	用“程序状态”方式观察 CPU 的运行状态	199
11.5.2	用“图状态”方式观察 CPU 的运行状态	200
第 12 章	TD 200 操作简介	201
12.1	TD 200 概述和安装	201
12.2	TD 200 的组态	203
12.3	TD 200 的操作	215
12.4	应用 TD 200 向导为 TD 200 组态的例子	224
12.5	参考资料	228

教学篇

第 1 章 可编程控制器的组成及工作原理

第 2 章 S7-200 可编程控制器及配置

第 3 章 S7-200 系列的基本指令及编程

第 4 章 S7-200 的部分功能指令

第 5 章 可编程控制器的应用系统设计

第1章

可编程控制器的组成及工作原理

1.1 概 述

1.1.1

可编程控制器的的发展

在现代化生产过程中,许多机械设备、冶金设备、自动生产线均需要配备电气控制装置。例如,电动机的可逆控制、液压系统的电磁阀控制、大容量异步电机的 Y/ Δ 启动控制、皮带运输机的连锁控制、组合机床的协调控制以及机器人的自动控制,等等。控制设备的输入信号以按钮开关、主令开关、行程开关、时间继电器、压力继电器、温度继电器或过流过压继电器为主,输出信号以接触器、中间继电器或电磁阀为主。这些信号只有两种工作状态,即闭合与断开,称为开关量信号,也可以用数字 0 或 1 表示元件的工作状态,称为数字信号或逻辑信号。

以往的电气控制装置主要采用继电器、接触器或分离的电子元件来实现,叫做继电接触控制电路。这种电气装置体积大,生产周期长,费工费时,接线复杂,焊点多,故障率高,可靠性差。其控制功能略加变动,就需要重新进行硬件组合、改变接线或增加元件。由于生产的飞速发展,人们对这些自控装置提出了更通用、更灵活、更经济和更可靠的要求,采用固定接线完成固定控制功能的装置显然不能适应这种要求。

随着电子工业的发展,一些可编程序的控制设备相继问世,如可编程序顺序控制器(Programmable Sequence Controller, PSC)或可编程序矩阵控制器(Programmable Matrix Controller, PMC)。它们均可以通过改变控制板接线或二极管的物理位置来修改系统的控制功能,同继电接触控制电路相比,虽然其进步较大,但由于编程繁琐,对操作人员的技术水平要求较高以及控制功能比较弱等原因,应用场合受到限制。当时计算机控制技术已开始应用到工业控制领域,但由于计算机技术复杂、编程很不方便、价格较昂贵等原因,未得到广泛应用。

1968年,美国通用汽车(GM)公司为了适应汽车型号不断翻新的要求,想寻找一种方法,以尽可能地减少重新设计继电接触控制系统和接线,降低成本,缩短生产周期。设想把计算机功能完善、灵活、通用等优点与继电接触控制系统的简单易懂、操作方便、价格便宜的优点结合起来,制成一种通用控制装置,并把计算机的编程方法和程序输入方式加以简化,用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程,使得不熟悉计算机的人也能方便地使用,为此他们提出了 10 点招标指标。

1969年,美国 DEC 公司研制出第一台可编程控制器,用在 GM 公司的生产线上,并获得成功。该设备主要用于顺序控制,只能进行逻辑运算,故称为可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。

从此,这项新技术迅速发展起来,世界各国相继引进、研制、开发,使其功能更加完善,应用更加广泛。我国从1974年开始试制可编程逻辑控制器,1977年投入工业运行。进入20世纪80年代,随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展,可编程控制器逐步形成了具有特色的系列产品,其功能远远超出逻辑控制、顺序控制的应用范围,故称之为可编程控制器(Programmable Controller, PC)。由于PC容易和个人计算机(Personal Computer)混淆,所以我们沿用PLC作为可编程控制器的英文缩写。

可编程控制器出现后,其名称很不一致,为此国际电工委员会(IEC)于1982年11月颁布了可编程控制器标准的草案第一稿,1985年1月发布了第二稿,对可编程控制器作了如下规定:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令,并通过数字式、模拟式的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关设备,都应按易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”

同计算机的发展类似,目前PLC正朝着两个方向发展。

1. 小型化

发展简易、经济、超小型机型,以适应单机控制和“机电一体化”。

发展小型PLC,其目的是为了占领广大的、分散的、中小型的工业控制场合,使PLC不仅成为继电器控制柜的替代物,而且超过继电器控制系统的功能。小型、超小型、微小型PLC不仅便于机电一体化,也是实现家庭自动化的理想控制器。小型PLC向着简易化、体积小、功能强、价格低的方向发展。随着PLC技术提高,目前已将原有大、中型PLC的功能移植到小型机上,使之具有灵活的组态特性。例如西门子公司公司的LOGO!通用逻辑模块就是一种微小型的PLC。它采用整体式结构,集成有控制功能、操作和显示单元、电源、I/O接口、扩展接口、通信接口等,可用于小型工业控制领域。配置AS-i现场总线通信模块后,还可实现对现场控制设备和控制过程。LOGO!以其通用性好、可靠性高、功能多、体积小、使用方便、价格便宜而受到用户的青睐。

2. 大型化

PLC为适应大规模控制系统的需求,朝着大型化、复杂化、高性能化、多层分布式工厂全自动网络化方向发展。大型PLC自身向着大存储容量、高速度、高性能、增加I/O点数的方向发展,主要表现在以下几个方面。

(1) 增强网络通信功能

PLC将具有计算机集散控制系统(DCS)的功能。网络化和强化通信能力是PLC的一个重要发展趋势。PLC构成的网络将有多个PLC、多个I/O模块相连,并可与工业计算机、以太网等结合,构成整个工厂的自动控制系统。现场总线(field bus)技术在工业控制中将会得到越来越广泛的应用。现场总线及智能化仪表的控制系统(Field bus Control System, FCS)将逐步取代DCS。PLC采用了计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术,使得PLC系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体,满足现代化大生产的控制与管理的需要。

(2) 发展智能模块

为了满足特殊功能的需要,各种智能模块层出不穷。例如,通信模块、位置控制模块、闭