

可编程控制器原理及应用 简明教程

王洪辉 孟令宇 虞先国 编著

高等教育出版社

目 录

第一章 绪论

1.1 可编程控制器的产生和发展

1.2 可编程控制器的组成

1.3 可编程控制器的应用

1.4 可编程控制器的分类

1.5 可编程控制器的主要性能指标

1.6 可编程控制器的选型

1.7 可编程控制器的安装与调试

1.8 可编程控制器的维护与故障排除

1.9 可编程控制器的应用案例

1.10 本章小结

习题一

习题二

习题三

习题四

习题五

习题六

习题七

习题八

习题九

习题十

习题十一

习题十二

习题十三

习题十四

习题十五

习题十六

习题十七

习题十八

习题十九

习题二十

习题二十一

习题二十二

习题二十三

习题二十四

习题二十五

习题二十六

习题二十七

习题二十八

习题二十九

习题三十

习题三十一

习题三十二

习题三十三

习题三十四

习题三十五

习题三十六

习题三十七

习题三十八

习题三十九

习题四十

习题四十一

习题四十二

习题四十三

习题四十四

习题四十五

习题四十六

习题四十七

习题四十八

习题四十九

习题五十

习题五十一

习题五十二

习题五十三

习题五十四

习题五十五

习题五十六

习题五十七

习题五十八

习题五十九

习题六十

习题六十一

习题六十二

习题六十三

习题六十四

习题六十五

习题六十六

习题六十七

习题六十八

习题六十九

习题七十

习题七十一

习题七十二

习题七十三

习题七十四

习题七十五

习题七十六

习题七十七

习题七十八

习题七十九

习题八十

习题八十一

习题八十二

习题八十三

习题八十四

习题八十五

习题八十六

习题八十七

习题八十八

习题八十九

习题九十

习题九十一

习题九十二

习题九十三

习题九十四

习题九十五

习题九十六

习题九十七

习题九十八

习题九十九

习题一百

可编程控制器原理及应用 简明教程

王洪辉 孟令宇 庾先国 编著

高等教育出版社·北京

内容简介

本书以可编程控制器的原理及应用为主线,从理论和实践两方面出发,分为基础篇和实验篇。基础篇简要介绍了可编程控制器的产生与发展、工作原理和硬件结构,重点介绍了西门子 S7-200 系列 PLC 的指令系统、可编程控制器系统的设计和组态监控方法。实验篇设计了基本触点指令、基本逻辑、程序结构及工程控制系统相关环节实验,并设计了考核实验供参考。

本书从教学与工程应用的角度出发,强调理论与实践相结合,突出了实验在教学中的重要性。本书可作为高等院校自动化、电气工程、机械电子、电子信息工程等专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理及应用简明教程 / 王洪辉, 孟令宇, 庾先国编著. -- 北京: 高等教育出版社, 2018.11

ISBN 978-7-04-050936-6

I. ①可… II. ①王… ②孟… ③庾… III. ①可编程控制器 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM571.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 257658 号

策划编辑 张江漫 责任编辑 张江漫 特约编辑 李葛平 封面设计 张志
版式设计 马敬茹 插图绘制 于博 责任校对 高歌 责任印制 田甜

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 三河市吉祥印务有限公司

开 本 787mm × 960mm 1/16
印 张 11.25
字 数 190 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2018 年 11 月第 1 版
印 次 2018 年 11 月第 1 次印刷
定 价 22.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物料号 50936-00

前 言

可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC) 是以微处理器为基础,综合了计算机技术、自动控制技术和网络通信技术 etc 发展起来的一种工业自动化装置。近几十年来,PLC 技术已经发展成在电气、石油、化工、机械、采矿、冶金等行业被广泛应用的产品。

本书以 PLC 的原理及应用为主线,从理论和实践两方面出发,分为基础篇和实验篇,强调本课程中工程应用与实践动手能力的重要性。因此,本书在编写过程中力求做到:

1. 从工业角度出发,系统、全面地介绍 PLC 基础知识,以保证体系完整,并以西门子 S7-200 系列 PLC 为例,着重讲解操作指令与系统程序的编写。

2. 由浅入深,采用引导式教学,旨在引导学生转变为自我学习的观念,培养学生工程师型解决问题的能力。在指令讲解中,以小程序的形式引入,加深对指令功能的理解。

3. 编写中做到理论与实践相结合,基础篇讲指令的原理及使用方法,实验篇以工程实验为载体讲如何使用,培养学生从实践中发现问题并解决问题的能力。

4. 以 S7-200 系列 PLC 手册为第一手资料,结合国家标准和行业规范,尽可能还原工业现场环境,训练学生的工程思维,实现与工程无缝对接。

本书可作为高等院校自动化、电气工程、机械电子、电子信息工程等专业的教材,也可作为电气工程、自动化工程等方面相关工程技术人员的参考书。

本书由王洪辉主编并统稿,王洪辉编写了第 1、2、4、5、15 章,孟令宇编写了第 3、7~13 章,庾先国编写了第 6、14 章。

本书出版得到了“成都理工大学‘十三五’本科规划教材”出版基金和“四川省卓越工程师教育培养计划”项目的资助,在此表示感谢。

在本书的编写过程中,编者参考了西门子公司相关资料和其他同行编写的教材,本书由方方教授审稿,并得到了成都理工大学奚大顺教授、刘明哲教授、任

II 前 言

家富教授的指导,研究生王翔、聂东林、卓天祥、傅志彤、孙超参与了实验验证,在此一并表示感谢。

因编者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者予以谅解,并批评指正,也可与本书编者进行讨论交流(王洪辉邮箱 wanghh@cdut.edu.cn)。

编 者

2018年6月

于成都理工大学

目 录

基 础 篇

第 1 章 可编程控制器概述	3
1.1 可编程控制器的由来	3
1.2 可编程控制器的特点	4
1.3 可编程控制器的分类与应用	5
1.3.1 PLC 的分类	5
1.3.2 PLC 的应用领域	8
1.4 可编程控制器的性能指标	9
1.5 可编程控制器的发展	10
思考题	11
第 2 章 可编程控制器硬件结构基础	12
2.1 可编程控制器的基本组成	12
2.1.1 中央处理器 (CPU)	12
2.1.2 存储器单元	13
2.1.3 电源单元	13
2.1.4 输入 / 输出单元	14
2.1.5 接口单元	16
2.2 可编程控制器 I/O 模块	17
2.3 可编程控制器的安装	21
2.4 可编程控制器的工作原理	22
2.4.1 PLC 的等效电路	22
2.4.2 S7-200 系列 PLC 的工作模式	24
思考题	24
第 3 章 可编程控制器程序设计基础	25
3.1 可编程控制器的工作过程	25
3.1.1 循环扫描工作过程	25
3.1.2 系统监控程序	27

3.1.3	用户应用程序	27
3.2	编程语言	28
3.2.1	梯形图语言	29
3.2.2	指令表语言	29
3.2.3	功能模块图语言	30
3.2.4	其他编程语言	30
3.3	S7-200 系列 PLC 存储器的数据类型与寻址方式	31
3.3.1	S7-200 系列 PLC 的数据类型	31
3.3.2	S7-200 系列 PLC 存储器数据区划分	32
3.3.3	S7-200 系列 PLC 的寻址方式	37
3.4	西门子 PLC 的开发环境	40
3.4.1	硬件系统组成	40
3.4.2	集成开发环境简介	41
3.4.3	仿真软件简介	48
	思考题	50
第 4 章	西门子 S7-200 系列 PLC 的基本指令	51
4.1	位逻辑指令	51
4.2	定时器指令	58
4.2.1	定时器指令简介	58
4.2.2	定时器的工作原理	59
4.3	计数器指令	63
4.3.1	增计数器	64
4.3.2	减计数器	65
4.3.3	增减计数器	66
4.4	程序案例	67
4.4.1	长延时电路	67
4.4.2	货品出入库控制	69
4.4.3	声控照明程序	70
4.4.4	运行时间统计	71
	思考题	72
第 5 章	西门子 S7-200 系列 PLC 的功能指令	73
5.1	程序控制指令	73
5.1.1	程序结构和流程	73
5.1.2	子程序指令	74

5.1.3	循环指令	76
5.1.4	跳转指令	76
5.2	顺序控制继电器指令	77
5.2.1	顺序功能图简介	77
5.2.2	绘制顺序功能图注意事项	79
5.2.3	顺序控制指令	80
5.2.4	顺序功能图的编程	81
5.3	中断指令	84
5.3.1	中断服务	84
5.3.2	S7-200 系列 PLC 支持的中断类型	85
5.3.3	中断指令	86
5.3.4	理解中断连接和中断分离指令	87
5.3.5	中断优先级和中断队列	88
5.4	比较与数据传送类指令	91
5.4.1	数据比较指令	91
5.4.2	数据传送类指令	95
5.5	数学运算指令	97
5.6	数据类型转换指令	100
	思考题	104
第 6 章	可编程控制器系统设计方法	105
6.1	PLC 控制系统设计	105
6.1.1	基本原则和一般步骤	105
6.1.2	基本设计方法	106
6.2	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	109
6.2.1	电源抗干扰设计	109
6.2.2	硬件抗干扰措施	112
6.2.3	软件抗干扰措施	114
6.2.4	工作环境处理	115
6.3	PLC 应用程序设计的典型环节	116
	思考题	119
第 7 章	组态工具在 PLC 系统中的应用	120
7.1	组态工具简介	120
7.1.1	文本显示器	121
7.1.2	触摸屏	123

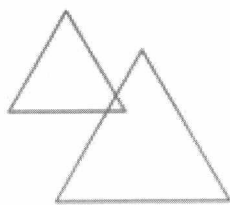
7.1.3 组态软件	123
7.2 WinCC 在 PLC 控制系统中的应用	125
思考题	128

实 验 篇

第 8 章 实验基础知识	131
8.1 基础知识	131
8.1.1 自锁电路与互锁电路	131
8.1.2 STEP 7-Micro/WIN 开发环境	132
8.1.3 符号表的使用	133
8.2 编程方法简介	134
8.2.1 启保停电路的编程方法	134
8.2.2 置位复位指令的编程方法	134
8.2.3 顺序控制继电器指令的编程方法	134
8.2.4 数据区存储器的地址格式	135
第 9 章 基本触点指令实验	137
9.1 实验目的	137
9.2 实验步骤	137
9.2.1 控制要求	137
9.2.2 程序设计	137
第 10 章 表决器系统实验	139
10.1 实验目的	139
10.2 实验步骤	139
10.2.1 控制要求	139
10.2.2 程序设计	140
第 11 章 运料小车控制系统实验	141
11.1 实验目的	141
11.2 基础知识——接近开关	141
11.3 实验步骤	142
11.3.1 控制要求	142
11.3.2 程序设计	142
第 12 章 模拟量采集实验	144
12.1 实验目的	144

12.2	基础知识——模拟量采集原理	144
12.3	实验步骤	145
12.3.1	控制要求	145
12.3.2	程序设计	145
第 13 章	电动机顺序启停实验	148
13.1	实验目的	148
13.2	实验步骤	148
13.2.1	控制要求	148
13.2.2	程序设计	148
第 14 章	中断程序的编程实验	150
14.1	实验目的	150
14.2	实验步骤	150
14.2.1	控制要求	150
14.2.2	程序设计	150
第 15 章	考核实验	152
15.1	基本指令和彩灯控制实验	152
15.1.1	实验目的	152
15.1.2	实验步骤	152
15.2	流水灯控制实验	153
15.2.1	实验目的	153
15.2.2	实验步骤	153
15.3	输入中断应用于 4 人抢答器	154
15.3.1	实验目的	154
15.3.2	实验步骤	154
15.4	温度采集系统	155
15.4.1	实验目的	155
15.4.2	实验步骤	155
附录一	S7-200 系列 PLC 特殊存储器标志位	157
附录二	S7-200 系列 PLC 及其扩展模块示意图	162
	参考文献	165

基础篇



第 1 章 可编程控制器概述

国际电工委员会(international electrotechnical commission, IEC)(1985年1月)制定了可编程控制器(programmable logic controller, PLC)的标准,并给出定义:

可编程序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。它采用可编程序的存储器,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命令,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。可编程序控制器及其有关的设备,都应按易于工业系统连成一个整体,易于扩充功能的原则而设计。

1.1 可编程控制器的由来

美国通用汽车公司(general motors corporation, GM)在对工厂生产线调整时,发现继电器、接触器控制系统存在修改难、体积大、噪声大、维护不方便以及可靠性差等问题。于是,在1968年,GM公司提出了一种工业控制器设想,并面向全球招标,具体包括10条要求:

- (1) 编程简单,可在现场修改和调试程序;
- (2) 维护方便,采用插入式模块结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制系统;
- (4) 体积小于继电器控制装置;
- (5) 数据可直接送入管理计算机;
- (6) 成本可与继电器控制系统竞争;
- (7) 可直接用115V交流电压输入;
- (8) 输出量为115V、2A以上,能直接驱动电磁阀、接触器等;
- (9) 通用性强,易于扩展;
- (10) 用户程序存储器容量至少4KB。

通过提出该种工业控制器,希望其能取代传统继电器控制系统,从而达到汽车型号不断更新的要求。

美国数字设备公司(digital equipment corporation, DEC)根据上述10项招标指标(业内称为“通用十条”),于1969年研制出第一台控制器,型号为PDP-14,它的开创性意义在于引入了程序控制功能,为计算机技术在工业控制领域的应用开辟了空间。1971年,日本研制出第一台可编程控制器(DCS-8);1973年,德国研制出第一台可编程控制器;1974年,我国开始研制可编程控制器;1977年,我国在工业应用领域推广PLC。

如今,继电器控制系统已经逐步被PLC所取代,与PLC相比,其可靠性和成本等均处于劣势,PLC与继电器控制系统性能对比如表1-1所示。

表 1-1 PLC 与继电器控制系统性能对比

名称	PLC	继电器控制系统
控制功能实现	通过编程实现控制要求	通过对继电器进行硬件接线完成功能
生产工艺的柔性度	修改程序并简单修改外围电路	需要重新设计并接线,适应性差
可靠性	采用大规模集成电路和软元件,具有完备的抗干扰措施	元器件多、触点多、接线繁杂,易发生故障
控制的实时性	采用CPU(central processing unit)进行控制,实时性较高	靠触点的机械动作完成功能,实时性较差
体积	体积小、重量轻、接线简单	体积较大、接线繁杂
使用寿命	长	短
价格	高	低
维护成本	低	高

1.2 可编程控制器的特点

对现代工业生产来说,其控制要求和生产环境情况各不相同,PLC作为一款工业控制器,可以满足在不同工况和环境下的应用。

作为一款工业控制器,PLC主要具有以下特点:

(1) 抗干扰能力强。PLC 使用程序来实现逻辑功能,最大限度取代传统继电器的硬件线路,减少连线的数量,提高硬件可靠性。同时,PLC 的生产厂家在硬件方面,还采用了抑制感应电动势的措施,使得其可以直接被安装在工业现场,并且稳定可靠地工作。为了适应特殊场合的需要,大型 PLC 还采用了冗余设计,以进一步提高系统的可靠性。目前,市场上的 PLC 平均无故障时间(mean time between failure, MTBF)一般都超过了 IEC 规定的 10 万小时。

(2) 适应性强、应用灵活。PLC 多采用模块式的硬件结构,组合和扩展方便,使得控制系统具有良好的柔性。也就是说,当生产工艺或生产流程有局部变动时,只需要对 PLC 程序进行小部分改动,同时对外围电路进行局部调整,就可实现控制系统的改造目标。

(3) 编程简单、易于使用。梯形图语言是 PLC 最重要也是最普遍应用的一门语言,该编程语言和继电器电路极为相似,直观、易懂。近些年还发展了面向对象的顺序流程图语言(sequential function chart, SFC),使编程变得更加简单、方便。

(4) 维修方便、功能完善。PLC 具有完善的自诊断、数据存储和监视功能,可以实时显示 PLC 内部工作状态、通信状态、异常状态和 I/O 状态等。工程师可以通过状态信息方便地查明故障情况,并迅速处理。

(5) 体积小、能耗低。PLC 采用了微电子技术,使用软件编程实现逻辑控制,相比传统继电器控制电路,大大减少了继电器、定时器的使用数量。因此,采用 PLC 控制的电气控制柜体积小、结构紧凑、能耗低。

(6) 功能强、性价比高。一台小型 PLC 所具备的软元件(如辅助继电器、定时器、计数器等功能元件)可达成百上千个,相当于一台大规模的继电器控制系统,并且,其软元件可无限次使用,以实现复杂的控制功能。现阶段的 PLC 还具备了联网通信功能,可以轻松地实现远程控制。

1.3 可编程控制器的分类与应用

1.3.1 PLC 的分类

PLC 产品的种类很多,不同种类的 PLC 所实现的功能、内存容量、控制规模、外形等存在较大的差异。根据其控制领域和规模的不同,各厂家生产出了多样化的产品。图 1-1 所示为西门子公司生产的西门子系列可编程控制器外形图,其他品牌产品请读者自行查阅相关资料。

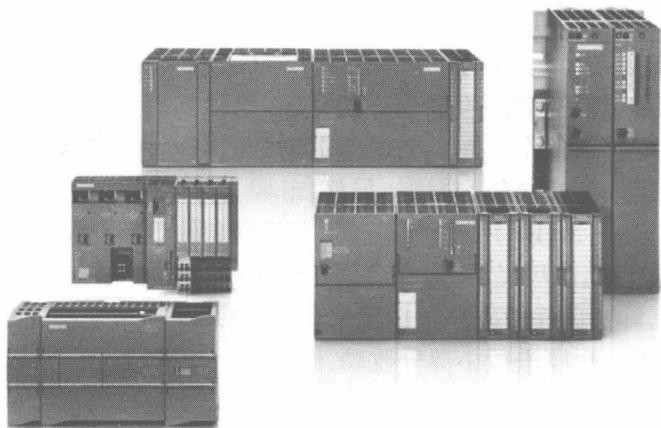


图 1-1 西门子系列可编程控制器外形图

我们可以按照结构形式、控制规模和功能对 PLC 进行分类。

1. 按控制规模与 I/O 总点数分类

PLC 的控制规模主要指数字量 I/O 点数及模拟量 I/O 点数。为了适应不同生产过程的要求, PLC 能够处理的 I/O 点数也不同。按 I/O 点数, PLC 通常可分为小型、中型、大型三种。

(1) 小型 PLC。I/O 总点数为 128 点及以下, 用户存储器小于 4KB 的 PLC。可以连接数字量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块以及各种特殊功能模块, 能执行基本逻辑运算、计数、数据处理和传送等指令。特点是体积小、结构紧凑。

(2) 中型 PLC。I/O 总点数超过 128 点且在 2 048 点以下, 用户存储器为 4 ~ 8 KB 的 PLC。除小型 PLC 的功能外, 还具有更强大的通信联网功能和更加丰富的指令系统, 扫描速度也高于小型 PLC。

(3) 大型 PLC。I/O 总点数为 2 048 点及以上, 用户存储器为 8 ~ 16 KB 的 PLC。它具有极强的软硬件功能、自诊断功能, 可以构建冗余控制系统, 还可以构成三级通信网, 实现工厂生产管理自动化。

此外, 有时也把 I/O 总点数少于 32 点的 PLC 称为微型或超小型 PLC, 而把 I/O 总点数超过万点的 PLC 称为超大型 PLC。

2. 按组成结构分类

PLC 按组成结构形式可分为整体式、模块式和叠装式三种。

(1) 整体式 PLC。整体式 PLC 是将中央处理器、存储器、I/O 接口、电源等硬件都装在一个机壳内的 PLC, 它也可由包含一定 I/O 点数的基本单元(也称主机)和含有不同功能的扩展单元构成。这种 PLC 具有结构紧凑、体积小、价格低等优点, 适用于单体设备的开关量自动控制和机电一体化产品开发应用等场合。

图 1-2 所示为西门子 S7-200 系列整体式 PLC,具体型号为 CPU221 AC/DC/RLY。

(2) 模块式 PLC。模块式 PLC 是将 PLC 的各部分分成若干个独立的模块,如将 CPU、存储器组成主控模块,将电源组成电源模块,将若干输入点组成输入(I)模块,若干输出点组成输出(O)模块,将某项特定功能专门制作成功能模块等。用户可根据需要自行配置 I/O 点数和所需模块等,直接安装在机架或导轨上。这种 PLC 具有配置灵活、装配方便、便于扩展及维修等优点,较多用于中、大型 PLC。例如,西门子 S7-400 系列模块式 PLC,如图 1-3 所示。

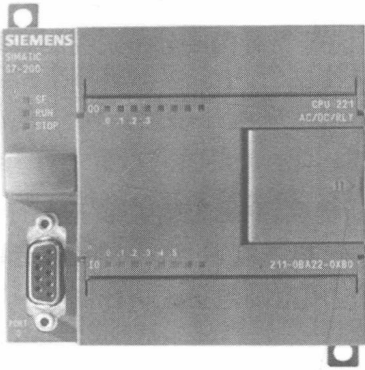


图 1-2 西门子 S7-200 系列整体式 PLC

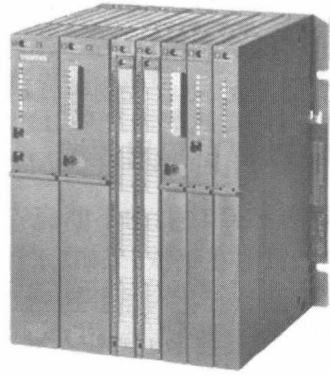


图 1-3 西门子 S7-400 系列模块式 PLC

(3) 叠装式 PLC。叠装式 PLC 是把整体式、模块式两者的长处结合为一种 PLC 结构,其 CPU、存储器、电源、I/O 等单元依然是各自独立的模块,但它们之间通过电缆进行连接,可一层层地叠装,既保留了模块式可灵活配置的特点,又体现了整体式体积小巧的优点。例如,台达叠装式 PLC,如图 1-4 所示。

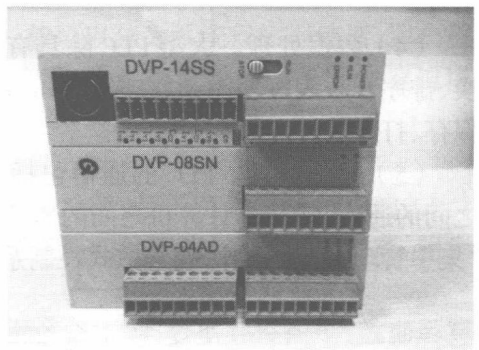
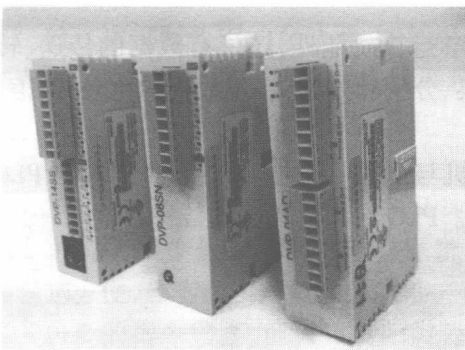


图 1-4 台达叠装式 PLC