

西门子



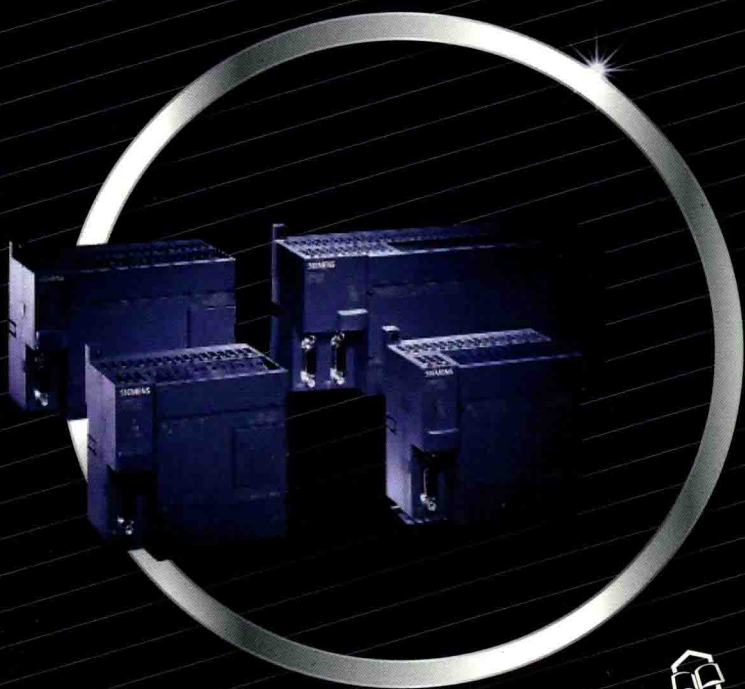
PLC

完全精通教程

向晓汉 黎雪芬 主 编
奚茂龙 副主编

第2版

The Second Edition



SIEMENS



化学工业出版社

西门子

PLC

完全精通教程

向晓汉 黎雪芬 主 编

奚茂龙 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书从基础和实用出发,系统介绍了西门子 S7-200/200SMART/1200/300/400 等系列 PLC 技术。

全书分两个部分:第一部分为入门篇,主要介绍了可编程序控制器(PLC)基础、西门子 PLC 的硬件、西门子 PLC 的软件、西门子 PLC 的指令系统、逻辑控制编程的编写方法与调试;第二部分为精通篇,包括 PLC 在过程控制中的应用、PLC 在运动控制中的应用、PLC 在变频器调速系统中的应用、PLC 的 PPI/MPI/PROFIBUS 和 MODBUS 通信、工业以太网通信、西门子 PLC 其他应用技术、西门子 PLC 工程应用案例等。

本书内容丰富,重点突出,强调知识的实用性,同时配有大量实用的例题,便于读者模仿学习。大部分实例都有详细的软件、硬件配置清单,并配有接线图和程序。本书所配电子资源中有重点内容的程序和操作视频资料。

本书可供从事 PLC 应用的技术人员学习使用,也可以作为大中专院校的机电类、信息类专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

西门子 PLC 完全精通教程 / 向晓汉, 黎雪芬主编.

2 版. —北京: 化学工业出版社, 2017.6

ISBN 978-7-122-29274-2

I. ①西… II. ①向… ②黎… III. ①PLC 技术-教材

IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 048172 号

责任编辑: 李军亮

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 宋 玮

装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 31 字数 776 千字 2017 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究

随着计算机技术的发展,以可编程序控制器、变频器调速和计算机通信等技术为主体的新型电气控制系统已经逐渐取代传统的继电器电气控制系统,并广泛应用于各行业。由于西门子 PLC 具有的卓越的性能,因此在工控市场占有非常大的份额,应用十分广泛。虽然 PLC 入门相对比较容易,但对于那些西门子 PLC 刚入门的读者来说,要系统掌握 PLC 的应用还不太容易(如 PLC 通信、运动控制、PID 控制等技术)。编者曾经编写出版了一系列 PLC 技术图书,读者反映较好。因此,为了使读者能既容易读懂,又更好地掌握综合应用技术,我们总结长期的教学经验和工程实践经验,联合企业相关人员,共同编写了《西门子 PLC 完全精通教程》,本书出版后,深受广大读者的欢迎,有很多读者发来邮件与我们探讨 PLC 技术问题,并对本书的内容提出了宝贵意见。近年来,随着 PLC 技术的进步,我们又对第一版的内容进行了优化、调整,并增加了大量的经典小程序和工程实例,使本书的内容更加全面和实用。

我们在编写过程中,除了全面系统地介绍了西门子 PLC 技术的基础知识外,还结合实际应用,将一些生动的操作实例融入到书中,以提高读者的学习兴趣。本书具有以下特点。

(1) 内容由浅入深、由基础到应用,理论联系实际,既适合初学者学习使用,也可以供有一定基础的人结合书中大量的实例,深入学习西门子 PLC 的工程应用。

(2) 用实例引导读者学习。本书的内容全部用精选的例子来讲解,例如,用例子说明现场总线通信的实现全过程。同时所有的例子都包含软硬件的配置方案图、接线图和程序,而且为确保程序的正确性,程序已经在 PLC 上运行通过。

(3) 对于比较复杂的例子,均配有学习资源,包含视频和程序源代码。如工业以太网通信的硬件组态较复杂,就配有视频和程序源代码,读者可以在出版社的网站<http://download.cip.com.cn/>“配书资源”一栏中下载,便于读者学习。

本书由向晓汉、黎雪芬主编,奚茂龙任副主编,无锡职业技术学院的奚小网教授任主审。全书共分 12 章。第 1 章由无锡小天鹅股份有限公司的苏高峰编写;第 2 章由无锡职业技术学院的奚茂龙博士编写;第 3 章由桂林电子科技大学的向定汉教授编写;第 4、9 和 12 章由无锡职业技术学院的向晓汉编写;第 5 章由无锡雪浪环境科技股份有限公司的刘摇摇编写;第 6 章由无锡雪浪环境科技股份有限公司的王飞飞编写;第 7 章由无锡雷华科技有限公司的欧阳慧彬编写;第 8 章由无锡雷华科技有限公司的陆彬编写;第 10 章由无锡职业技术学院的黎雪芬编写;第 11 章由无锡小天鹅股份有限公司的李润海编写。

由于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

第 1 篇 入门篇

第①章 可编程序控制器 (PLC) 基础.....2

1.1 概述	2
1.1.1 PLC 的发展历史	2
1.1.2 PLC 的主要特点	3
1.1.3 PLC 的应用范围	3
1.1.4 PLC 的分类与性能指标	4
1.1.5 PLC 与继电器系统的比较	5
1.1.6 PLC 与微机的比较	5
1.1.7 PLC 的发展趋势	5
1.1.8 PLC 在我国	6
1.2 可编程序控制器的结构和工作原理	6
1.2.1 可编程序控制器的硬件组成	6
1.2.2 可编程序控制器的工作原理	9
1.2.3 可编程序控制器的立即输入、输出功能	10

第②章 西门子 PLC 的硬件 12

2.1 西门子 PLC 概述	12
2.2 S7-200 系列 PLC	13
2.2.1 S7-200 CPU 模块	13
2.2.2 S7-200 CPU 的接线	14
2.3 S7-200 扩展模块	17
2.3.1 数字量 I/O 扩展模块	17
2.3.2 模拟量 I/O 扩展模块	18
2.3.3 其他扩展模块	20
2.4 S7-200 电源需求计算	23
2.4.1 最大 I/O 配置	23
2.4.2 电源需求计算	23
2.5 S7-300 PLC 常用模块及其接线	24
2.5.1 S7-300 PLC 的基本结构	24
2.5.2 S7-300 PLC 的 CPU 模块	25
2.5.3 数字量模块	28
2.5.4 模拟量模块	33
2.5.5 S7-300 PLC 的通信处理模块	37
2.5.6 S7-300 PLC 的功能模块	37

2.5.7 S7-300 PLC 的其他模块	38
2.6 S7-400 PLC 常用模块简介	38
2.6.1 S7-400 PLC 的概述	38
2.6.2 S7-400 PLC 的机架	39

第3章 西门子 PLC 的软件 42

3.1 西门子 PLC 编程软件的简介	42
3.1.1 LOGO! 的编程软件	42
3.1.2 S7-200 的编程软件	42
3.1.3 S7-200 SMART 的编程软件	42
3.1.4 S7-1200 的编程软件	42
3.1.5 S7-300/400 的编程软件	42
3.2 S7-200 的编程软件 STEP 7-Micro/WIN 的使用	42
3.2.1 STEP 7-Micro/WIN 软件的界面介绍	42
3.2.2 编译 STEP 7-Micro/WIN 项目	45
3.2.3 用 STEP 7-Micro/WIN 建立一个完整的项目	53
3.2.4 S7-200 仿真软件的使用	59
3.3 S7-300/400 编程软件 STEP 7 的使用	61
3.3.1 STEP 7 软件简介	61
3.3.2 编程界面的 SIMATIC 管理器	62
3.3.3 硬件组态与参数设置	65
3.3.4 STEP 7 的下载和上传	80
3.3.5 STEP 7 软件编程	85
3.3.6 用 STEP 7 建立一个完整的项目	86

第4章 西门子 PLC 的指令系统 93

4.1 西门子 PLC 的编程基础知识	93
4.1.1 数据的存储类型	93
4.1.2 编程语言	95
4.2 S7-200 系列 PLC 的指令系统	96
4.2.1 S7-200 的元件的功能与地址分配	96
4.2.2 位逻辑指令	100
4.2.3 定时器与计数器指令	104
4.2.4 功能指令	118
4.2.5 S7-200 PLC 的程序控制指令及其应用	137
4.3 S7-300/400 系列 PLC 的指令系统	146
4.3.1 S7-300/400 编程元件与数据类型	146
4.3.2 寻址方式	150
4.3.3 CPU 中的寄存器	153
4.3.4 位逻辑指令	156
4.3.5 定时器与计数器指令	162

4.3.6 其他常用指令	168
4.4 S7-300/400 PLC 的程序结构	172
4.4.1 功能、功能块和数据块	173
4.4.2 共享数据块 (DB) 及其应用	176
4.4.3 组织块 (OB)	184
4.5 S7-300/400 实例	194
第⑤章 逻辑控制编程的编写方法与调试	197
5.1 顺序功能图	197
5.1.1 顺序功能图的画法	197
5.1.2 梯形图编程的原则	202
5.1.3 流程图设计法	204
5.2 应用实例	219
5.2.1 液体混合的 PLC 控制	219
5.2.2 全自动洗衣机的 PLC 控制	223
5.3 程序的调试方法	228
5.3.1 用变量监控表进行调试	228
5.3.2 使用 PLCSIM 软件进行调试 (对于 S7-300/400)	231
5.4 故障诊断	233
5.4.1 使用状态和出错 LED 进行故障诊断	234
5.4.2 用 STEP 7 快速视图进行故障诊断	236
5.4.3 用通信块的输出参数/返回值 (RET_VAL) 诊断故障	242

第 2 篇 精通篇

第⑥章 PLC 在过程控制中的应用	246
6.1 PID 控制简介	246
6.1.1 PID 控制原理简介	246
6.1.2 PID 控制器的参数整定	249
6.2 利用 PID 指令编写过程控制程序	251
第⑦章 PLC 在运动控制中的应用	273
7.1 PLC 控制步进电动机	273
7.1.1 步进电动机简介	273
7.1.2 直接使用 PLC 的高速输出点控制步进电动机	274
7.1.3 步进电动机的调速控制	287
7.1.4 步进电动机的正反转控制	289
7.2 PLC 控制伺服系统	291
7.2.1 伺服系统基础	291

7.2.2 直接使用 PLC 的高速输出点控制伺服系统	293
-----------------------------------	-----

第⑧章 PLC 在变频器调速系统中的应用 305

8.1 西门子 MM 440 变频器使用简介	305
8.1.1 认识变频器	305
8.1.2 西门子 MM 440 变频器使用简介	306
8.2 变频器多段频率给定	309
8.3 变频器模拟量频率给定	314
8.3.1 模拟量模块的简介	314
8.3.2 电流信号频率给定 (利用 S7-200)	316
8.3.3 电压信号频率给定 (利用 S7-300)	318
8.4 变频器的通信频率给定	319
8.4.1 MM 440 变频器通信的基本知识	319
8.4.2 S7-200 与 MM 440 变频器的 USS 通信频率给定	322
8.4.3 S7-1200 PLC 与 MM 440 的 USS 通信	327
8.4.4 S7-300 与 MM 440 变频器的场总线通信频率给定	333
8.5 使用变频器时电动机的制动和正反转	338
8.5.1 使用变频器时电动机的制动	338
8.5.2 使用变频器时电动机的正反转	339

第⑨章 PLC 的 PPI/MPI/PROFIBUS 和 MODBUS 通信 341

9.1 通信基础知识	341
9.1.1 通信的基本概念	341
9.1.2 RS-485 标准串行接口	344
9.1.3 OSI 参考模型	345
9.2 SIMATIC NET 工业通信网络	346
9.2.1 工业通信网络结构	346
9.2.2 通信网络技术说明	347
9.3 PPI 通信	347
9.3.1 初识 PPI 协议	347
9.3.2 S7-200 系列 PLC 之间的 PPI 通信	348
9.4 MPI 通信	352
9.4.1 MPI 通信概述	352
9.4.2 无组态连接通信方式	352
9.5 PROFIBUS 现场总线通信	359
9.5.1 PROFIBUS 现场总线概述	359
9.5.2 PROFIBUS 通信概述	360
9.5.3 PROFIBUS 总线拓扑结构	362
9.5.4 S7-300 与 ET 200M 的 PROFIBUS-DP 通信	364
9.5.5 S7-300 与 S7-200 间的 PROFIBUS-DP 通信	370
9.5.6 S7-300 与 S7-300 间的 PROFIBUS-DP 通信	379

9.6 MODBUS 通信概述	387
9.6.1 MODBUS 通信概述	387
9.6.2 MODBUS 传输模式	388
9.6.3 S7-200 PLC 间 MODBUS 通信	388
9.6.4 S7-1200 与 S7-1200 的 MODBUS 通信	392
第10章 工业以太网通信	397
10.1 以太网通信概述	397
10.1.1 以太网通信简介	397
10.1.2 工业以太网通信简介	398
10.2 S7-200 PLC 的以太网通信	399
10.3 S7-1200 PLC 的以太网通信	407
10.3.1 S7-1200 系列 PLC 间的以太网通信	407
10.3.2 S7-1200 系列 PLC 与 S7-300 系列 PLC 间的以太网通信	412
10.4 S7-300/400 系列 PLC 的以太网通信	418
10.4.1 S7-300 间的以太网通信	418
10.4.2 S7-400 与远程 I/O 模块 ET200 间的 PROFINET 通信	427
10.4.3 S7-400 与 S7-200 SMART 间的以太网通信	433
第11章 西门子 PLC 其他应用技术	439
11.1 高速计数器的应用	439
11.1.1 高速计数器的简介	439
11.1.2 高速计数器在转速测量中的应用	441
11.2 PWM	449
11.2.1 PWM 功能简介	449
11.2.2 PWM 功能应用举例	450
11.3 其他技巧/难点	453
11.3.1 安装和使用西门子软件注意事项	453
11.3.2 创建和使用 S7-200 的库函数	454
11.3.3 指针的应用	457
第12章 西门子 PLC 工程应用案例	459
12.1 压力数据采集 PLC 控制系统	459
12.1.1 系统软硬件配置	459
12.1.2 编写控制程序	459
12.2 物料混合机的 PLC 控制	464
12.2.1 系统软硬件配置	464
12.2.2 编写控制程序	466
12.3 小型搅拌机的 PLC 控制	467
12.3.1 系统软硬件配置	468
12.3.2 控制程序的编写	468

12.4 啤酒灌装线系统的 PLC 控制	471
12.4.1 系统软硬件配置	472
12.4.2 控制程序的编写	474
12.5 往复运动小车 PLC 控制系统	479
12.5.1 系统软硬件配置	479
12.5.2 控制程序的编写	481

参考文献	485
------------	-----

第 1 篇

几 门 篇

第1章

可编程序控制器（PLC）基础

本章介绍可编程序控制器的历史、功能、特点、应用范围、发展趋势、在我国的使用情况、结构和工作原理等知识，使读者初步了解可编程序控制器，这是学习本书后续内容的必要准备。

1.1 概述

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）简称 PLC，国际电工委员会（IEC）于 1985 年对可编程序控制器作了如下定义：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的指令，并通过数字、模拟的输入和输出，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设备，都应按易于与工业控制系统连成一个整体，易于扩充功能的原则设计。PLC 是一种工业计算机，其种类繁多，不同厂家的产品有各自的特点，但作为工业标准设备，可编程序控制器又有一定的共性。

1.1.1 PLC 的发展历史

20 世纪 60 年代以前，汽车生产线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时每次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装，福特汽车公司的老板曾经说“无论顾客需要什么样的汽车，福特的汽车永远是黑色的”，从侧面反映汽车改型和升级换代比较困难。为了改变这一现状，1969 年，美国的通用汽车公司（GM）公开招标，要求用新的装置取代继电器控制装置，并提出 10 项招标指标，要求编程方便、现场可修改程序、维修方便、采用模块化设计、体积小、可与计算机通信等。同一年，美国数字设备公司（DEC）研制出了世界上第一台可编程序控制器 PDP-14，在美国通用汽车公司的生产线上试用成功，并取得了满意的效果，可编程序控制器从此诞生。由于当时的 PLC 只能取代继电器接触器控制，功能仅限于逻辑运算、计时、计数等，因此称为“可编程逻辑控制器”。伴随着微电子技术、控制技术与信息技术的不断发展，可编程序控制器的功能不断增强。美国电气制造商协会（NEMA）于 1980 年正式将其命名为“可编程序控制器”，简称 PC，由于这个名称和个人计算机的简称相同，容易混淆，因此在我国，很多人仍然习惯称可编程序控制器为 PLC。可以说 PLC 是在继电器控制系统基础上发展起来的。

由于 PLC 具有易学易用、操作方便、可靠性高、体积小、通用灵活和使用寿命长等一系列优点，因此，很快 PLC 就在工业中得到了广泛的应用。同时，这一新技术也受到其他国家的重视。1971 年日本引进这项技术，很快研制出日本第一台 PLC，欧洲于 1973 年研制出第一台 PLC，我国从 1974 年开始研制，1977 年国产 PLC 正式投入工业应用。

进入 20 世纪 80 年代以来，随着电子技术的迅猛发展，以 16 位和 32 位微处理器构成的

微机化 PLC 得到快速发展 (例如 GE 的 RX7i, 使用的是赛扬 CPU, 其主频达 1GHz, 其信息处理能力几乎和个人电脑相当), 使得 PLC 在设计、性能价格比以及应用方面有了突破, 不仅控制功能增强, 功耗和体积减小, 成本下降, 可靠性提高, 编程和故障检测更为灵活方便, 而且随着远程 I/O 和通信网络、数据处理和图像显示的发展, PLC 已经普遍用于控制复杂生产过程。PLC 已经成为工厂自动化的三大支柱 (PLC、机器人和 CAD/CAM) 之一。

1.1.2 PLC 的主要特点

PLC 之所以高速发展, 除了工业自动化的客观需要外, 还有许多适合工业控制的独特的优点, 它较好地解决了工业控制领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题, 其主要特点如下。

(1) 抗干扰能力强, 可靠性高 在传统的继电器控制系统中, 使用了大量的中间继电器、时间继电器, 由于器件的固有缺点, 如器件老化、接触不良、触点抖动等现象, 大大降低了系统的可靠性。而在 PLC 控制系统中大量的开关动作由无触点的半导体电路完成, 因此故障大大减少。

此外, PLC 的硬件和软件方面采取了措施, 提高了其可靠性。在硬件方面, 所有的 I/O 接口都采用了光电隔离, 使得外部电路与 PLC 内部电路实现了物理隔离。各模块都采用了屏蔽措施, 以防止辐射干扰。电路中采用了滤波技术, 以防止或抑制高频干扰。在软件方面, PLC 具有良好的自诊断功能, 一旦系统的软硬件发生异常情况, CPU 会立即采取有效措施, 以防止故障扩大。通常 PLC 具有看门狗功能。

对于大型的 PLC 系统, 还可以采用双 CPU 构成冗余系统或者三 CPU 构成表决系统, 使系统的可靠性进一步提高。

(2) 程序简单易学 系统的设计调试周期短 PLC 是面向用户的设备, PLC 的生产厂家充分考虑到现场技术人员的技能和习惯, 可采用梯形图或面向工业控制的简单指令形式。梯形图与继电器原理图很相似, 直观、易懂、易掌握, 不需要学习专门的计算机知识和语言。设计人员可以在设计室设计、修改和模拟调试程序, 非常方便。

(3) 安装简单, 维修方便 PLC 不需要专门的机房, 可以在各种工业环境下直接运行, 使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接, 即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置, 便于用户了解运行情况和查找故障。

(4) 采用模块化结构, 体积小, 重量轻 为了适应工业控制需求, 除了整体式 PLC 外, 绝大数 PLC 采用模块化结构。PLC 的各部件, 包括 CPU、电源、I/O 等都采用模块化设计。此外, PLC 相对于通用工控机, 其体积和重量要小得多。

(5) 丰富的 I/O 接口模块, 扩展能力强 PLC 针对不同的工业现场信号 (如交流或直流、开关量或模拟量、电压或电流、脉冲或电位、强电或弱电等) 有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备 (如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制阀等) 直接连接。另外, 为了提高操作性能, 它还有多种人-机对话的接口模块, 为了组成工业局部网络, 它还有多种通信联网的接口模块等。

1.1.3 PLC 的应用范围

目前, PLC 在国内外已广泛应用于专用机床、机床、控制系统、自动化楼宇、钢铁、石油、化工、电力、建材、汽车、纺织机械、交通运输、环保以及文化娱乐等各行各业。随着

PLC 性能价格比的不断提高,其应用范围还将不断扩大,其应用场合可以说是无处不在,具体应用大致可归纳为如下几类:

(1) 顺序控制 这是 PLC 最基本、最广泛应用的领域,它取代传统的继电器顺序控制,PLC 用于单机控制、多机群控制、自动化生产线的控制。例如数控机床、注塑机、印刷机械、电梯控制和纺织机械等。

(2) 计数和定时控制 PLC 为用户提供了足够的定时器和计数器,并设置相关的定时和计数指令,PLC 的计数器和定时器精度高、使用方便,可以取代继电器系统中的时间继电器和计数器。

(3) 位置控制 大多数的 PLC 制造商,目前都提供拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块,这一功能可广泛用于各种机械,如金属切削机床、装配机械等。

(4) 模拟量处理 PLC 通过模拟量的输入/输出模块,实现模拟量与数字量的转换,并对模拟量进行控制,有的还具有 PID 控制功能。例如用于锅炉的水位、压力和温度控制。

(5) 数据处理 现代的 PLC 具有数学运算、数据传递、转换、排序和查表等功能,也能完成数据的采集、分析和处理。

(6) 通信联网 PLC 的通信包括 PLC 相互之间、PLC 与上位计算机、PLC 和其他智能设备之间的通信。PLC 系统与通用计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转接器相连接成网络,以实现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统,满足工厂自动化系统的需要。

1.1.4 PLC 的分类与性能指标

(1) PLC 的分类

① 从组成结构形式分类 可以将 PLC 分为两类:一类是整体式 PLC (也称单元式),其特点是电源、中央处理单元、I/O 接口都集成在一个机壳内;另一类是标准模板式结构化的 PLC (也称组合式),其特点是电源模板、中央处理单元模板、I/O 模板等在结构上是相互独立的,可根据具体的应用要求,选择合适的模块,安装在固定的机架或导轨上,构成一个完整的 PLC 应用系统。

② 按 I/O 点容量分类

a. 小型 PLC。小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下,如西门子的 S7-200 SMART 系列 PLC。

b. 中型 PLC。中型 PLC 采用模块化结构,其 I/O 点数一般在 256~1024 点之间,如西门子的 S7-300 系列 PLC。

c. 大型 PLC。一般 I/O 点数在 1024 点以上的称为大型 PLC,如西门子的 S7-400 系列 PLC。

(2) PLC 的性能指标 各厂家的 PLC 虽然各有特色,但其主要性能指标是相同的。

① 输入/输出(I/O)点数 输入/输出(I/O)点数是最重要的一项技术指标,是指 PLC 的面板上连接外部输入、输出端子数,常称为“点数”,用输入与输出点数的和表示。点数越多表示 PLC 可接入的输入器件和输出器件越多,控制规模越大。点数是 PLC 选型时最重要的指标之一。

② 扫描速度 扫描速度是指 PLC 执行程序的速度。以 ms/K 为单位,即执行 1K 步指令所需的时间。1 步占 1 个地址单元。

③ 存储容量 存储容量通常用 K 字(KW)或 K 字节(KB)、K 位来表示。这里 1K=1024。有的 PLC 用“步”来衡量，一步占用一个地址单元。存储容量表示 PLC 能存放多少用户程序。例如，三菱型号为 FX2N-48MR 的 PLC 存储容量为 8000 步。有的 PLC 的存储容量可以根据需要配置，有的 PLC 的存储器可以扩展。

④ 指令系统 指令系统表示该 PLC 软件功能的强弱。指令越多，编程功能就越强。

⑤ 内部寄存器（继电器） PLC 内部有许多寄存器用来存放变量、中间结果、数据等，还有许多辅助寄存器可供用户使用。因此寄存器的配置也是衡量 PLC 功能的一项指标。

⑥ 扩展能力 扩展能力是反映 PLC 性能的重要指标之一。PLC 除了主控模块外，还可配置实现各种特殊功能的高功能模块。例如 A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、远程通信模块等。

1.1.5 PLC 与继电器系统的比较

在 PLC 出现以前，继电器硬接线电路是逻辑、顺序控制的唯一执行者，它结构简单、价格低廉，一直被广泛应用。PLC 出现后，几乎所有的方面都超过继电器控制系统，两者的性能比较见表 1-1。

表 1-1 可编程序控制器与继电器控制系统的比较

序 号	比 较 项 目	继电器控制	可编程序控制器控制
1	控制逻辑	硬接线多、体积大、连线多	软逻辑、体积小、接线少、控制灵活
2	控制速度	通过触点开关实现控制，动作受继电器硬件限制，通常超过 10ms	由半导体电路实现控制，指令执行时间短，一般为微秒级
3	定时控制	由时间继电器控制，精度差	由集成电路的定时器完成，精度高
4	设计与施工	设计、施工、调试必须按照顺序进行，周期长	系统设计完成后，施工与程序设计同时进行，周期短
5	可靠性与维护	继电器的触点寿命短，可靠性和可维护性差	无触点，寿命长，可靠性高，有自诊断功能
6	价格	价格低	价格高

1.1.6 PLC 与微机的比较

采用微电子技术制造的可编程序控制器与微机一样，也由 CPU、ROM（或者 FLASH）、RAM、I/O 接口等组成，但又不同于一般的微机，可编程序控制器采用了特殊的抗干扰技术，是一种特殊的工业控制计算机，更加适合工业控制。两者的性能比较见表 1-2。

表 1-2 PLC 与微机的比较

序 号	比 较 项 目	可编程序控制器控制	微 机 控 制
1	应用范围	工业控制	科学计算、数据处理、计算机通信
2	使用环境	工业现场	具有一定温度和湿度的机房
3	输入/输出	控制强电设备，需要隔离	与主机弱电联系，不隔离
4	程序设计	一般使用梯形图语言，易学易用	编程语言丰富，如 C、BASIC 等
5	系统功能	自诊断、监控	使用操作系统
6	工作方式	循环扫描方式和中断方式	中断方式

1.1.7 PLC 的发展趋势

PLC 的发展趋势有如下几个方面：

① 向高性能、高速度、大容量发展。

② 网络化。强化通信能力和网络化,向下将多个可编程序控制器或者多个 I/O 框架相连;向上与工业计算机、以太网等相连,构成整个工厂的自动化控制系统。即便是微型的 S7-200 系列 PLC 也能组成多种网络,通信功能十分强大。

③ 小型化、低成本、简单易用。目前,有的小型 PLC 的价格只有几百元人民币。

④ 不断提高编程软件的功能。编程软件可以对 PLC 控制系统的硬件组态,在屏幕上可以直接生成和编辑梯形图、指令表、功能块图和顺序功能图程序,并可以实现不同编程语言的相互转换。程序可以下载、存盘和打印,通过网络或电话线,还可以实现远程编程。

⑤ 适合 PLC 应用的新模块。随着科技的发展,对工业控制领域将提出更高的、更特殊的要求,因此,必须开发特殊功能模块来满足这些要求。

⑥ PLC 的软件化与 PC 化。目前已有多家厂商推出了在 PC 上运行的可实现 PLC 功能的软件包,也称为“软 PLC”,“软 PLC”的性能价格比比传统的“硬 PLC”更高,是 PLC 的一个发展方向。

PC 化的 PLC 类似于 PLC,但它采用了 PC 的 CPU,功能十分强大,如 GE 的 Rx7i 和 Rx3i 使用的就是工控机用的赛扬 CPU,主频已经达到 1GHz。

1.1.8 PLC 在我国

(1) 国外 PLC 品牌 目前 PLC 在我国得到了广泛的应用,很多知名厂家的 PLC 在我国都有应用。

① 美国是 PLC 生产大国,有 100 多家 PLC 生产厂家。其中 A-B 公司的 PLC 产品规格比较齐全,主推大中型 PLC,主要产品系列是 PLC-5。通用电气也是知名 PLC 生产厂商,大中型 PLC 产品系列有 RX3i 和 RX7i 等。德州仪器也生产大、中、小全系列 PLC 产品。

② 欧洲的 PLC 产品也久负盛名。德国的西门子公司、AEG 公司和法国的 TE 公司都是欧洲著名的 PLC 制造商。其中西门子公司的 PLC 产品与美国的 A-B 的 PLC 产品齐名。

③ 日本的小型 PLC 具有一定的特色,性价比较高,比较有名的品牌有三菱、欧姆龙、松下、富士、日立和东芝等,在小型机市场,日系 PLC 的市场份额曾经高达 70%。

(2) 国产 PLC 品牌 我国自主品牌的 PLC 生产厂家有 30 余家。在目前已经上市的众多 PLC 产品中,还没有形成规模化的生产和名牌产品,甚至还有一部分是以仿制、来件组装或“贴牌”方式生产。单从技术角度来看,国产小型 PLC 与国际知名品牌小型 PLC 差距正在缩小,使用越来越多。例如和利时、深圳汇川和无锡信捷等公司生产的小型 PLC 已经比较成熟,其可靠性在许多低端应用中得到了验证,但其知名度与世界先进水平还有相当的差距。

总的来说,我国使用的小型可编程序控制器主要以日本的品牌为主,而大中型可编程序控制器主要以欧美的品牌为主。目前 95% 以上的 PLC 市场被国外品牌所占领。

1.2 可编程序控制器的结构和工作原理

1.2.1 可编程序控制器的硬件组成

可编程序控制器种类繁多,但其基本结构和工作原理相同。可编程序控制器的功能结构区由 CPU (中央处理器)、存储器和输入/输出模块三部分组成,如图 1-1 所示。

(1) CPU（中央处理器） CPU 的功能是完成 PLC 内所有的控制和监视操作。中央处理器一般由控制器、运算器和寄存器组成。CPU 通过数据总线、地址总线和控制总线与存储器、输入输出接口电路连接。

(2) 存储器 在 PLC 中使用两种类型的存储器：一种是只读类型的存储器，如 EPROM 和 EEPROM；另一种是可读/写的随机存储器 RAM。PLC 的存储器分为 5 个区域，如图 1-2 所示。

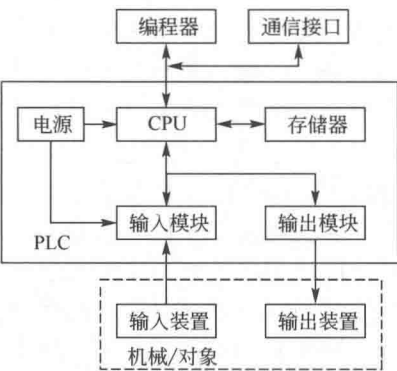


图 1-1 可编程序控制器结构框图



图 1-2 存储器的区域划分

程序存储器的类型是只读存储器（ROM），PLC 的操作系统存放在这里，程序由制造商固化，通常不能修改。也有的 PLC 允许用户对其操作系统进行升级，例如西门子 S7-200SMART 和 S7-1200。存储器中的程序负责解释和编译用户编写的程序、监控 I/O 口的状态、对 PLC 进行自诊断、扫描 PLC 中的程序等。系统存储器属于随机存储器（RAM），主要用于存储中间计算结果和数据、系统管理，有的 PLC 厂家用系统存储器存储一些系统信息，如错误代码等，系统存储器不对用户开放。I/O 状态存储器属于随机存储器，用于存储 I/O 装置的状态信息，每个输入模块和输出模块都在 I/O 映像表中分配一个地址，而且这个地址是唯一的。数据存储器属于随机存储器，主要用于数据处理功能，为计数器、定时器、算术计算和过程参数提供数据存储。有的厂家将数据存储器细分为固定数据存储器 and 可变数据存储器。用户编程存储器，其类型可以是随机存储器、可擦除存储器（EPROM）和电擦除存储器（EEPROM），高档的 PLC 还可以用 FLASH。用户编程存储器主要用于存放用户编写的程序。存储器的关系如图 1-3 所示。

只读存储器可以用来存放系统程序，PLC 断电后再上电，系统内容不变且重新执行。只读存储器也可用来固化用户程序和一些重要参数，以免因偶然操作失误而造成程序和数据的破坏或丢失。随机存储器中一般存放用户程序和系统参数。当 PLC 处于编程工作时，CPU 从 RAM 中取指令并执行。用户程序执行过程中产生的中间结果也在 RAM 中暂时存放。RAM 通常由 CMOS 型集成电路组成，功耗小，但断电时内容消失，所以一般使用大电容或后备锂电池保证掉电后 PLC 的内容在一定时间内不丢失。

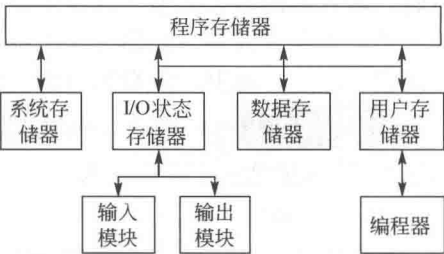


图 1-3 存储器的关系