

PLC

S7-200系列

PLC



YZLI 0890093130

应用技术

■ 龚仲华 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

PLC

S7-200系列

PLC

应用技术

■ 龚仲华 编著



YZLI 0890093130

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

S7-200系列PLC应用技术 / 龚仲华编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2011. 8
ISBN 978-7-115-25111-4

I. ①S… II. ①龚… III. ①可编程序控制器 IV.
①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第056483号

内 容 提 要

本书根据 PLC 控制系统工程设计的要求, 对 SIMATIC S7-200 系列 PLC 在工程应用中所涉及的各个重要内容作了全面、系统的介绍。全书分“基础篇”和“提高篇”两部分, “基础篇”介绍了 PLC 原理、硬件连接、程序设计、控制系统工程设计、编程软件使用等一般应用技术, “提高篇”介绍了中断、高速计数、脉冲输出及功能模块、通信、网络等特殊应用技术。

本书知识全面、内容具体、案例丰富, 可满足不同要求、不同层次的读者需要, 对从事 PLC 控制系统设计、应用与维护的工程技术人员有普遍的实用参考价值, 同时也可作为 PLC 的培训教材与高等院校相关专业师生的教学参考书。

S7-200 系列 PLC 应用技术

- ◆ 编 著 龚仲华
责任编辑 张 鹏
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19.5
字数: 557 千字 2011 年 8 月第 1 版
印数: 1-4 000 千字 2011 年 8 月北京第 1 次印刷
ISBN 978-7-115-25111-4

定价: 40.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

PLC 是一种用于工业自动化领域的自动控制装置, SIEMENS 公司是世界上较早生产 PLC 的厂家之一, 其产品得到了广大用户的普遍认可。目前 S7-200 系列 PLC 是该公司的主要产品, 该产品在工业自动化领域得到了广泛的应用。

本书作者编写的《S7-200/300/400 PLC 应用技术——通用篇》与《S7-200/300/400 PLC 应用技术——提高篇》自 2007 年 6 月出版以来, 受到了广大读者的一致肯定, 并已重印多次, 作者对此深表感谢。本书在保持以上两书优点的基础上, 作了以下改进。

(1) 原书以 S7-200/300/400 全系列 PLC 为对象, 按照一般应用、特殊应用的思路编写, 其内容较综合, 适合于作为工程技术人员的技术参考资料, 但为只使用某一系列产品的读者带来不便。因此, 本书以产品为载体进行编写, 其思路更清晰、内容更系统、使用更方便。

(2) 作者对原书的内容进行了重新组织与逐字校正, 调整了布局、改正了错误、删除了繁文, 其结构更合理、叙述更简明、文字更顺畅。

全书分“基础篇”和“提高篇”两部分, 共 11 章, 内容包括 S7-200 PLC 的全部硬件、软件与工程设计知识, 旨在帮助读者能够不借助其他参考书, 即完成学习 S7-200 PLC 控制系统设计的全过程。

“基础篇”阐述了 S7-200 PLC 用于传统开关量逻辑控制所需的全部知识。该篇系统地介绍了 PLC 组成、工作原理、编程语言等基础知识 (第 1 章); CPU 模块、I/O 扩展模块的性能与连接要求 (第 2 章); PLC 程序设计知识、编程指令、编程要点等方面的内容 (第 3 章); 结合先进标准与设计思想, 系统地介绍了 PLC 选型、主回路设计、控制回路设计、安全电路设计、I/O 电路设计、安装与连接设计等方面的工程设计原则、方法与步骤, 提供了完整的设计范例, 对 PLC 设计人员有很大的实用参考价值 (第 4 章); 第 5 章介绍了 STEP7-Micro/WIN 编程软件的安装、使用方法, 可供 PLC 程序编写、调试时参考。

“提高篇”深入具体地介绍了 S7-200 PLC 特殊功能应用所涉及的全部硬件、软件知识, 内容包括 CPU 模块集成的中断、高速计数、脉冲输出功能的使用与编程方法 (第 6 章); EM253 定位模块的功能、连接要求、编程指令与使用要点 (第 7 章); 模拟量输入/输出模块的性能与连接要求, 以及 PID 调节功能的使用与编程方法 (第 8 章); 变频器控制技术与 USS 指令的编程方法 (第 9 章) 等; 第 10 章和第 11 章对 PLC 通信与网络的基础知识以及 S7-200 PLC 的通信接口、通信处理器模块、通信与网络编程指令进行了全面细致的阐述。

本书编写过程中参考了 SIEMENS 公司的技术资料, 并得到了 SIEMENS 公司技术人员的大力支持与帮助, 在此一并表示衷心的感谢。

因作者水平有限, 书中难免有错误与不当之处, 恳请读者批评指正。

编 著 者

目 录

基 础 篇

第1章 原理与基础	2
1.1 PLC的产生与发展	2
1.1.1 PLC的产生	2
1.1.2 PLC的定义及标准	3
1.1.3 PLC的发展	4
1.2 PLC的特点与功能	7
1.2.1 PLC的特点	7
1.2.2 PLC的功能	9
1.3 PLC的结构与产品	10
1.3.1 PLC基本结构	10
1.3.2 PLC分类	13
1.3.3 常用的PLC产品	14
1.4 PLC的组成	15
1.4.1 PLC的硬件组成	15
1.4.2 PLC的软件组成	18
1.4.3 PLC的常用外设	19
1.5 PLC的工作原理	21
1.5.1 等效工作电路	21
1.5.2 循环扫描过程	23
1.6 PLC编程语言	25
第2章 硬件与连接	30
2.1 S7-200 PLC概述	30
2.2 CPU模块的性能与连接	32
2.2.1 技术性能	32
2.2.2 模块连接	33
2.3 扩展模块的性能与连接	36
2.3.1 扩展模块概述	36
2.3.2 扩展I/O的连接	38
第3章 程序设计	42
3.1 PLC程序概述	42
3.1.1 组成与结构	42
3.1.2 指令格式	44
3.1.3 操作数格式	45
3.1.4 绝对地址及定义	48
3.1.5 地址分配与寻址	51
3.2 梯形图编程基础	54

3.2.1 逻辑指令与符号	54
3.2.2 梯形图编程要点	58
3.2.3 典型梯形图程序	62
3.3 定时器与计数器	64
3.3.1 定时指令与编程	64
3.3.2 计数指令与编程	66
3.3.3 应用实例	68
3.4 功能指令与编程	69
3.4.1 多位逻辑处理指令	69
3.4.2 比较指令	72
3.4.3 移动指令	73
3.4.4 移位指令	74
3.4.5 代码转换指令	76
3.4.6 数学运算指令	79
3.5 变量与子程序	81
第4章 PLC 系统的工程设计	84
4.1 设计原则与步骤	84
4.1.1 设计原则	84
4.1.2 设计步骤	85
4.2 系统规划	87
4.2.1 明确控制要求	87
4.2.2 确定结构与硬件	89
4.3 电路设计	91
4.3.1 主回路设计	91
4.3.2 控制回路设计	93
4.3.3 安全电路设计	95
4.3.4 输入电路设计	99
4.3.5 输出电路设计	103
4.3.6 其他注意点	105
4.4 安装与连接设计	108
4.4.1 PLC 安装	108
4.4.2 PLC 连接	110
4.5 PLC 系统设计实例	111
第5章 STEP7-Micro/WIN 编程	122
5.1 安装与设置	122
5.1.1 软件安装	122
5.1.2 软件设置	126
5.2 程序编辑	129
5.2.1 程序的建立与打开	129
5.2.2 程序编辑方法	130
5.2.3 程序的编译与保存	134
5.3 在线调试	136
5.3.1 程序的下载	136

5.3.2 PLC 监控	137
--------------------	-----

提 高 篇

第 6 章 CPU 模块集成功能	142
6.1 特殊功能概述	142
6.2 中断控制功能	144
6.2.1 中断的概念	144
6.2.2 中断的编程	146
6.3 高速计数功能	149
6.3.1 功能概述	149
6.3.2 计数模式	150
6.3.3 计数控制	153
6.3.4 梯形图编程	154
6.3.5 引导式编程	156
6.4 脉冲输出功能	160
6.4.1 功能概述	160
6.4.2 定位与控制	162
6.4.3 梯形图编程	164
6.4.4 引导式编程	168
第 7 章 EM253 定位控制模块	174
7.1 性能与连接	174
7.1.1 功能、特点及技术参数	174
7.1.2 外形与连接	175
7.2 参数与设定	177
7.2.1 基本参数说明	177
7.2.2 参数设定指令	181
7.2.3 集成输出控制	184
7.3 手动操作与单速定位	185
7.3.1 手动操作的编程与控制	185
7.3.2 单速定位的编程与控制	187
7.3.3 编程实例	189
7.4 回参考点操作	190
7.4.1 功能说明	190
7.4.2 回参考点方式	191
7.4.3 编程与控制	194
7.5 自动定位操作	195
7.5.1 功能说明	195
7.5.2 编程与控制	198
7.6 引导式编程	199
7.6.1 基本参数设定	199
7.6.2 回参考点设定	204
7.6.3 轨迹表设定	206

第 8 章 模拟量输入/输出与 PID 调节	209
8.1 模拟量输入/输出特殊功能模块	209
8.1.1 EM231 电压/电流输入模块	209
8.1.2 EM232 模拟量输出模块	211
8.1.3 EM235 输入/输出混合模块	212
8.2 温度测量特殊功能模块	214
8.2.1 EM231 热电偶测量模块	214
8.2.2 EM231 热电阻测量模块	216
8.3 数字化 PID 调节原理	219
8.3.1 PID 调节原理	219
8.3.2 数字化 PID 调节	220
8.4 PID 编程与实例	223
8.4.1 梯形图编程指令	223
8.4.2 编程实例	224
8.5 引导式编程	226
8.5.1 调节器参数设定	226
8.5.2 程序参数的设定	229
8.5.3 引导程序的调用	230
第 9 章 变频器控制功能	232
9.1 MM400 系列变频器简介	232
9.1.1 产品简介	232
9.1.2 操作模式	233
9.2 变频器的控制条件	235
9.2.1 接口与软件	235
9.2.2 参数的设定	236
9.3 USS 指令与编程	239
9.3.1 运行控制指令	239
9.3.2 参数读/写指令	242
9.4 变频器控制实例	244
第 10 章 PLC 通信	247
10.1 通信基础	247
10.1.1 基本名词	247
10.1.2 通信方式	248
10.1.3 串行接口	250
10.1.4 通信连接	254
10.2 S7-200 PLC 的通信连接	255
10.2.1 CPU 集成接口	255
10.2.2 RS-232 连接	257
10.3 无协议通信	258
10.3.1 通信指令	259
10.3.2 通信控制	260
10.4 编程实例	262
10.5 Modbus 协议通信	268

10.5.1 通信协议简介	268
10.5.2 通信子程序	269
10.5.3 Modbus 通信实例	270
第 11 章 PLC 网络	275
11.1 基本概念	275
11.2 AS-i 网络系统	276
11.2.1 组成与特点	276
11.2.2 网络设备	278
11.3 CP243-2 主站模块	281
11.3.1 性能与特点	281
11.3.2 网络配置	283
11.3.3 地址分配	284
11.4 CP243-2 的编程	286
11.4.1 运行控制	286
11.4.2 从站地址	288
11.4.3 编程实例	290
11.5 其他网络模块	292
11.5.1 CP242-8 网关	292
11.5.2 其他通信处理器	294
附录 S7-200 的 SIMATIC 指令简表	296

第1章 基础篇

1.1 PLC的组成及分类

1.1.1 PLC的组成

PLC（Programmable Logic Controller）即可编程逻辑控制器，是一种在工业控制领域广泛应用的自动控制装置。

PLC由中央处理器（CPU）、输入输出接口（I/O）、存储器（Memory）和电源（Power Supply）等部分组成。

中央处理器（CPU）是PLC的核心部件，负责执行用户程序和处理数据。

输入输出接口（I/O）用于连接PLC与外部设备，实现信号的传递。

存储器（Memory）用于存储用户程序和数据。

电源（Power Supply）为PLC提供稳定的工作电压。

基础篇

PLC的组成结构图如下所示：

（此处应有PLC组成结构图，但图像模糊无法识别）

PLC的分类方法有多种，常见的有以下几种：

① 按结构形式分类：可分为整体式和模块式两种。

② 按功能分类：可分为通用型和专用型两种。

③ 按应用场合分类：可分为工业型和民用型两种。

④ 按编程语言分类：可分为梯形图型和指令表型两种。

⑤ 按处理速度分类：可分为高速型和低速型两种。

⑥ 按接口方式分类：可分为串行接口型和并行接口型两种。

⑦ 按供电方式分类：可分为交流供电型和直流供电型两种。

⑧ 按安装方式分类：可分为壁挂式和机架式两种。

⑨ 按品牌分类：可分为西门子、三菱、欧姆龙、松下等品牌。

⑩ 按用途分类：可分为运动控制、过程控制、离散控制等。

⑪ 按体积分类：可分为微型、小型、中型和大型四种。

⑫ 按价格分类：可分为经济型和豪华型两种。

⑬ 按可靠性分类：可分为工业级和民用级两种。

⑭ 按兼容性分类：可分为兼容型和专用型两种。

⑮ 按扩展能力分类：可分为可扩展型和不可扩展型两种。

⑯ 按维护难度分类：可分为易维护型和难维护型两种。

⑰ 按使用寿命分类：可分为长寿命型和短寿命型两种。

⑱ 按故障率分类：可分为低故障率型和高故障率型两种。

⑲ 按售后服务分类：可分为服务好型和售后服务差型两种。

⑳ 按市场占有率分类：可分为市场占有率高型和低型两种。

㉑ 按技术含量分类：可分为高技术型和低技术型两种。

㉒ 按品牌知名度分类：可分为知名品牌型和不知名品牌型两种。

㉓ 按产品系列分类：可分为单一产品型和系列产品型两种。

㉔ 按产品生命周期分类：可分为成熟期和成长期两种。

㉕ 按产品更新换代速度分类：可分为快速型和慢速型两种。

第1章 原理与基础

1.1 PLC 的产生与发展

1.1.1 PLC 的产生

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC) 是随着科学技术的进步与生产方式的转变, 为适应多品种、小批量生产的需要, 而产生、发展起来的一种新型工业控制装置。

PLC 自 1969 年问世, 至今虽然只有 40 多年时间, 但由于其通用性好、可靠性高、使用简单, 因而在工业自动化的各个领域得到了广泛的应用。曾经有人将 PLC 技术与数控机床 (CNC) 技术、CAD/CAM 技术、工业机器人技术并称为现代工业自动化技术的四大支柱。

1. 继电-接触器控制系统存在的问题

众所周知, 制造业中使用的生产设备与生产过程中的系统一般由工作机构、传动机构、执行机构及控制装置等部分组成, 其中的电气操作与控制部分称为电气控制装置或电气控制系统。

最初的电气控制装置 (包括目前使用的一些简单机械) 只是一些简单的手动电器 (如刀开关、正反转开关等), 只适合于小容量电动机的简单控制。随着生产机械对自动控制要求的日益提高, 电气控制装置演变为各种形式的电气自动控制系统。

作为常用电气自动控制系统的一种, 人们习惯上把以继电器、接触器、按钮、开关等为主要元器件所组成的逻辑控制系统称为“继电-接触器控制系统”。

继电-接触器控制系统的结构简单、生产成本低、抗干扰能力强、故障检修直观方便、适用范围广, 它可以满足大容量、远距离控制的要求, 直到今天仍是工业自动控制领域基本的控制系统之一。

继电-接触器控制系统的控制元器件 (继电器、接触器) 均为独立元器件, 系统的逻辑顺序控制功能只能通过元器件间的不同连接实现, 故存在以下不足。

① 通用性、灵活性差。当生产流程或工艺发生变化, 需要更改控制要求时, 必须更改接线或增减控制元器件, 有时甚至需要重新设计, 难以适应多品种、小批量生产的要求。

② 体积大, 材料消耗多。继电-接触器控制系统的逻辑控制需要通过电器与电器间的连接实现, 安装电器需要大量的空间, 连接电器需要大量的导线, 控制系统的体积大、材料消耗多。

③ 运行费用高, 噪声大。继电器、接触器均为电磁元器件, 系统工作时需要消耗较多的电能, 继电器、接触器的通/断会产生较大的噪声, 影响工作环境。

④ 功能局限性大。继电-接触器控制系统在精确定时、计数等方面的功能不完善, 只能用于定时要求不高、计数简单的场合。

⑤ 可靠性较低。逻辑顺序控制需要通过触点的通/断实现, 工作频率低、工作电流大, 长时间使用易损坏触点或产生接触不良现象, 影响系统可靠性。

⑥ 不具备现代工业控制所需要的数据通信、网络控制等功能, 难以适应现代生产过程控制的集成化、网络化需要。

2. PLC 的产生

为了解决继电-接触器控制系统存在的问题, 20 世纪 50 年代末, 人们就开始考虑利用计算机功

能完善、通用性、灵活性强的特点来解决以上问题。但由于当时的计算机原理复杂,生产成本低,程序编制难度大,加上工业控制需要大量的外围接口设备,可靠性问题突出,这一设想最终未能成为现实。

20世纪60年代末,有人这样设想:能否把计算机通用、灵活、功能完善的特点与继电器-接触器控制系统的简单易懂、使用方便、生产成本低的特点结合起来,生产出一种面向生产过程顺序控制,可利用简单语言编程,让完全不熟悉计算机的人也能方便使用的控制器呢?

这一设想由美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM公司)于1968年提出。当时,该公司为了适应汽车市场多品种、小批量的生产需求,需要解决汽车生产线继电器-接触器控制系统中普遍存在的通用性、灵活性差的问题,为此提出了对一种新颖控制器的十大技术要求,并面向社会进行招标。这十大技术要求具体如下:

- ① 编程方便,且可以在现场方便地编辑、修改控制程序;
- ② 价格便宜,性价比要高于继电器系统;
- ③ 体积要明显小于继电器控制系统;
- ④ 可靠性要明显高于继电器控制系统;
- ⑤ 具有数据通信功能;
- ⑥ 输入为AC 115V;
- ⑦ 输出驱动能力在AC 115V/2A以上;
- ⑧ 硬件维护方便,最好采用插接式结构;
- ⑨ 只需要对原系统进行很小的改动便能进行扩展;
- ⑩ 用户存储器容量至少可以扩展到4KB。

根据以上要求,美国数字设备公司(DEC公司)在1969年率先研制出了全世界第一台新型控制器,并称之为“可编程序逻辑控制器”(Programmable Logic Controller, PLC)。该样机在GM公司的应用获得成功后,PLC开始被广泛用于各种开关量逻辑控制的场合。

早期的PLC硬件主要为分立元器件与小规模集成电路,指令系统、软件功能较简单,一般只能进行逻辑处理,但计算机的内部结构得到了简化,可靠性得到了提高,并能与工业环境相适应。

在PLC的发展过程中,20世纪70年代初期曾出现过一些由二极管矩阵、集成电路等组成的顺序控制器;20世纪70年代末期曾出现过以MC14500工业控制单元(Industrial Control Unit, ICU)为核心,由8通道数据选择器(MC14512)、指令计数器(MC14516)、8位可寻址双向锁存器(MC14599)、存储器(2732)等组成的“ICU可编程序控制器”等产品。这些产品与PLC相比,虽具有一定的价格优势,但最终因可靠性、功能等多方面的原因,未能得到进一步的发展;而PLC则以其优良的性价比,成为了当代工业自动控制技术的重要支柱技术之一。

1.1.2 PLC的定义及标准

1. PLC的定义

PLC一经出现,立即引起了全世界的广泛关注。美国GOULD公司在1969年率先将其商品化并推向市场;1971年,通过引进美国技术,日本研制出了第一台PLC;1973年,德国SIEMENS公司也研制出了欧洲第一台PLC;1974年法国随之也研制出了PLC。

20世纪70年代中期,PLC开始采用微处理器,其功能也由最初的逻辑处理拓展到了数据处理,为此,美国电气制造商协会(National Electronic Manufacture Association, NEMA)在1980年对PLC进行了如下定义:“PLC是一种带有指令存储器、数字或模拟输入/输出(I/O)接口,以位运算为主,能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算功能,面向机器或生产过程的自动控制装置”,并将其命名为Programmable Controller (PC)。

2. PLC 的标准

为了统一 PLC 的产品标准, 国际电工委员会 (International Electro-technical Commission, IEC) 从 1979 年开始进行 PLC 的标准化工作, 并于 1992~1995 年陆续颁布了 PLC 标准 (IEC61131)。我国 1995 年 11 月颁布的 GB/T 15969-1/2/3/4 标准完全等同于 IEC61131-1/2/3/4 的对应部分。

IEC61131 标准由以下 5 个部分组成。

第一部分 (Part1): 基本信息 (General Information)。明确了 PLC 的功能与特点, 并对 PLC 使用的术语进行了定义。

第二部分 (Part2): 设备特性 (Equipment Characteristics)。明确了 PLC 生产厂家的 PLC 产品应该达到的具体要求, 包括 PC 的使用环境、电气机械特性、试验要求等。

第三部分 (Part3): 编程语言 (Programming Languages)。明确了 5 种 PLC 编程语言, 即指令表 (Instruction List)、结构化文本 (Structured Text)、梯形图 (Ladder Diagram)、功能块图 (Function Block Diagram)、顺序功能图 (Sequential Function Chart) 的基本结构与特征; 规定了 PLC 编程的基本要素、文本语言、图形语言等有关 PLC 编程语言的语法、符号等标准。

需要注意的是, IEC61131-3 标准只是推荐了 PLC 用户程序编制的基本方法, 但在具体实现形式与命名上并未作严格的规定, 因此, 即使是同样的编程语言, 不同公司的 PLC 产品中仍然有所不同。例如: 在 SIEMENS 公司 PLC 中, 指令表编程称 “Statement List” (DIN19239), 缩写为 STL; 梯形图编程缩写为 LAD; 功能块图编程语言在 S5 系列 PLC (STEP5) 中称为 “控制系统流程图 (Control System Flowchart, DIN40700)”, 缩写为 CSF; 结构化文本编程称 “Structured Control Language”, 缩写为 SCL; 顺序功能图编程称 “Graphic Programming Language”, 简称 S7-GRAPH 等。

第四部分 (Part4): 用户准则 (User Guidelines)。它包括了 PLC 的功能说明、选型基准、安装环境要求、维护、安全保护等针对 PLC 用户的基本使用指南。

第五部分 (Part5): 信息服务指南 (Messaging Service Specification)。对 PLC 用语、符号、功能、名词的解释, 并明确了 PLC 之间的通信协议等规范。

IEC61131 对 PLC 作了如下定义: “PLC 是一种数字运算操作的电子系统, 专为工业环境下的应用而设计; 它采用可编程序的存储器存储执行逻辑运算和顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字或模拟的 I/O 接口, 控制各种类型的机器设备或生产过程。” 标准强调 PLC 及其相关设备的设计原则是应 “易于与工业控制系统连成一个整体且具有扩充功能”。

由此可见, IEC61131 已经对 PLC 的使用环境 (工业环境) 与功能 (具有通信与可扩展功能) 作了更为明确的要求。简而言之, IEC 标准所定义的 PLC 是一种具有通信功能与可扩展 I/O 接口、主要用于逻辑顺序控制的工业计算机控制装置。

需要说明的是, NEMA、IEC 标准均将 PLC 命名为 Programmable Controller, 因此在随后的较长时间里, PLC 一直都被简称为 PC。后来随着个人计算机 (Personal Computer, PC) 的大范围普及, 为了区别两者, 又将可编程序控制器回到 PLC 的习惯名称, 而 PC 则通常用来指个人计算机。在本书中一律把可编程序控制器称为 PLC, 将个人计算机称为 PC。

1.1.3 PLC 的发展

1. 发展历程

PLC 的发展大致可分为如下 4 个阶段。

1970~1980 年: 结构定型阶段。在这一阶段, 各种类型的顺序控制器不断出现 (如逻辑电路型、1 位机型、通用计算机型、单板机型等), 但均被迅速淘汰, 最终以微处理器为核心的现有 PLC 结构形式取得了市场的认可, 并得以迅速发展与推广; PLC 的原理、结构、软件、硬件趋向统一与成熟; 其应用领域也开始由最初的小范围、有选择使用向机床、生产线领域拓展。

1980~1990年：普及与系列化阶段。在这一阶段，PLC的生产规模日益扩大，价格不断下降，PLC迅速普及，各PLC生产厂家的产品开始形成系列，相继出现了固定I/O点型、基本单元加扩展型和模块化型这3种延续至今的基本结构；PLC的应用范围开始遍及顺序控制的全部领域。在本阶段，SIEMENS公司以最早的S3系列PLC产品为主；1978年后的产品逐步被S5系列所替代，S5系列PLC包括了小、中、大型各种规格的产品。

1990~2000年：高性能与小型化阶段。在这一阶段，随着微电子技术的进步，CPU的运算速度大幅度上升，位数不断增加，用于各种特殊控制的功能模块被不断开发，PLC的功能日益增强，应用范围由单一的顺序控制向现场控制领域延伸；同时，PLC的体积大幅度缩小，出现了各种小型化、微型化PLC。在本阶段，SIEMENS公司的PLC产品开始从S5系列向S7系列过渡，1995年后陆续推出了S7-200/300/400等小、中、大型PLC系列产品。

2000年至今：高性能与网络化阶段。在本阶段，为了适应信息技术的发展与工厂自动化的需要，PLC的功能被不断开发与完善。PLC生产厂家在继续提高CPU运算速度、位数的同时，开发了适用于过程控制、运动控制的特殊功能与模块，应用范围开始拓展到工厂自动化的全部领域；与此同时，为了适应IT技术的发展，PLC的网络与通信功能得到迅速完善，PLC不仅可以连接传统的编程与I/O设备，还可以通过各种现场总线构成网络系统，它为工厂自动化奠定了基础。在本阶段，SIEMENS公司仍以S7-200/300/400系列PLC为主要产品，只是其性能在不断完善与进一步提高，并陆续有新的CPU模块型号推出。

2. 发展趋势

从产品技术性能上看，当前PLC的发展趋势可概括为小型化、高性能化与网络化3个方面。

(1) 小型化

体积的小型化是微电子技术发展的必然结果。现代PLC无论从内部组成元器件还是硬件、软件结构都已经与早期的PLC有了很大的不同，PLC体积被大幅度缩小。

以SIEMENS公司S5-115系列（CPU942）与S7-300系列（CPU315）PLC产品为例，CPU模块与I/O模块的外形尺寸比较见表1.1.1。从表可见，与S5-115相比，同规格的S7-300系列PLC产品，其体积只有S5-115系列的1/4左右。

表 1.1.1 S5-115 系列与 S7-300 系列 PLC 产品外形比较表

主要参数	S5-115 系列			S7-300 系列 (CPU315)		
	CPU	32 点输入	32 点输出 (0.5A)	CPU	32 点输入	32 点输出 (0.5A)
宽度 W (mm)	43	43	43	40	40	40
高度 H (mm)	302.6	302.6	302.6	125	125	125
厚度 (mm)	187	187	187	130	120	120

(2) 高性能化

PLC的性能主要包括CPU性能与I/O性能两方面，而CPU性能又可分为基本性能、逻辑运算能力与数据处理能力3个部分；I/O性能分为过程I/O、功能模块与系统接口3个部分，每部分还包括相应的项目，如图1.1.1所示。

以SIEMENS公司S5-115系列与S7-300系列PLC产品为例，其主要性能的比较见表1.1.2。

从表1.1.2可见，与S5-115系列相比，在CPU基本性能方面，S7-300系列PLC的运算速度提高了16倍，基本存储器容量提高了12倍，最大存储器容量更是提高了近200倍，并且可以使用多种编程方式。在逻辑运算功能上，运算速度提高，辅助继电器/特殊继电器、数据寄存器、定时器/计数器的数量均大幅度增加，而且还具备了函数运算的功能。

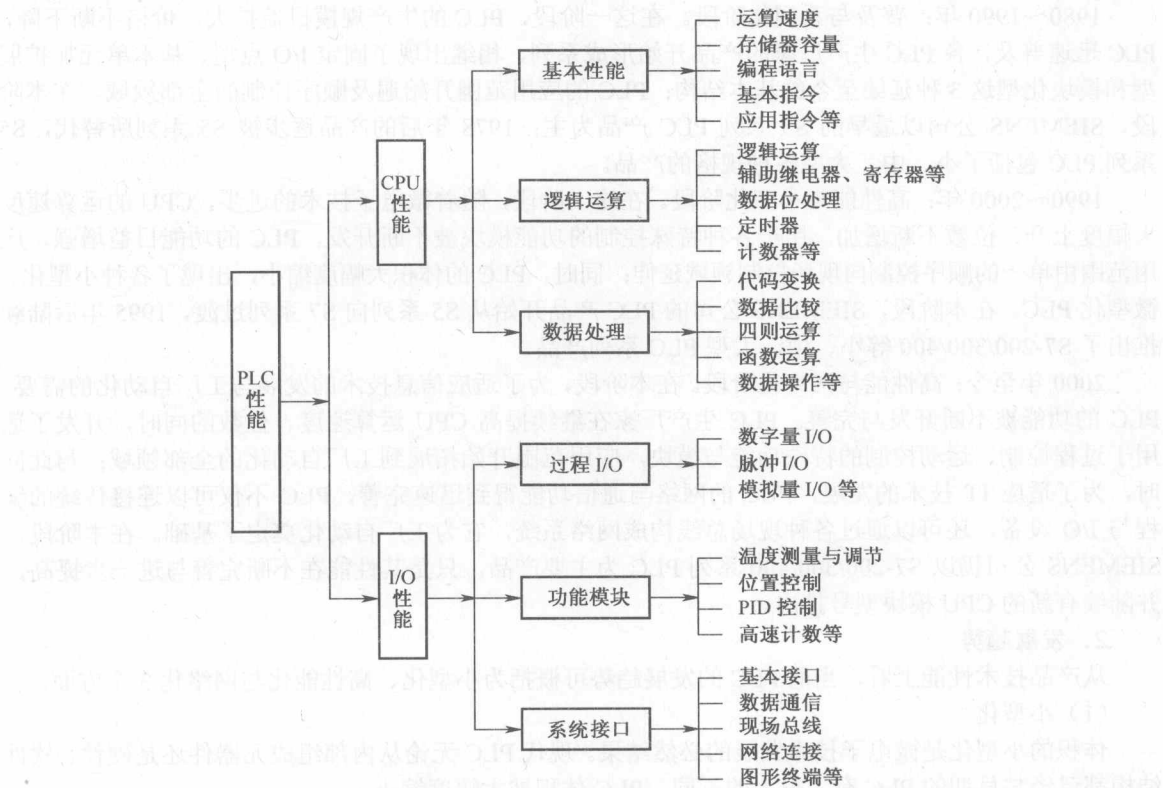


图 1.1.1 PLC 产品性能分解图

表 1.1.2 S5-115 系列与 S7-300 系列 PLC 性能比较表

主要参数		S5-115 系列 (CPU942)	S7-300 系列 (CPU315)
CPU 性能	基本指令执行时间 (μs)	1.6	0.1
	数据运算指令执行时间 (μs)	约 200	约 6
	基本存储器容量 (KB)	10	128
	最大存储器容量	42KB	8MB
	DB 数量	254	1024
	FB 数量	256	2048
	PB/FC 数量	256	2048
	OB 数量	256	2048
	编程语言	CSF/STL/LAD	LAD/FBD/STL/SCL/GRAPH/HiGraph
	辅助继电器 (标志 M)	2048 点	16384 点
	定时器	128 个	256 个
	计数器	128 个	256 个
	指令数	约 170 条	约 350 条
I/O 性能	可以直接控制的最大 I/O 点数	1024 点	1024 点
	最大可扩展机架数	4 个	4 个
	每机架最大可安装模块数	8 个	8 个
	开关量 I/O 扩展模块	约 22 种	约 40 种
	特殊功能模块	约 21 种	约 47 种

在 I/O 性能上,除开关量 I/O 性能外,最主要体现在可通过 PLC 控制与连接的特殊 PLC 模块(功能模块)与系统通信接口上。前者体现了 PLC 的功能扩展能力,后者反映了 PLC 的集中控制与网络连接能力。

不断开发满足各种不同控制要求的特殊 PLC 控制模块,是 PLC 发展的重要方向之一。S7 系列 PLC 可以使用的特殊功能模块包括温度测量、温度调节、高速计数、位置控制等多种,控制功能与 S5-115 系列相比有了很大的提高。

(3) 网络化

网络控制是信息技术发展对自动化设备提出的新要求,通过现场总线等形式进行设备间的通信与连接以实现集中、统一控制与管理,是实现工厂自动化与现代化管理的基础。

PLC 的网络控制主要有 I/O 网、设备内部网与系统网 3 类。

I/O 网是 PLC 与远程 I/O 模块间的互联网,其实质是通过通信的手段,对 PLC 的 I/O 连接范围进行的延伸与扩展,它可以省去大量的连接电缆与导线,故有时又称“省配线网”。

设备内部网是指 PLC 与设备内部其他控制装置之间的互连(或互连网络),如 PLC 与变频器、伺服驱动器、温度自动控制与调节装置、现场控制设备的连接均属于设备内部网的范畴。

系统网是指生产现场多台设备、多种控制装置之间的互连(或互连网络),它可以通过通信的手段对生产现场众多独立的设备与控制装置(包括 PLC)进行集中与统一的管理,构成 FMC、FMS、CIMS 等工厂自动化控制系统。

1.2 PLC 的特点与功能

1.2.1 PLC 的特点

PLC 虽然生产厂家众多,功能相差较大,但与其他类型的工业控制装置相比,它们都具有如下共同的特点。

1. 可靠性高

作为一种通用的工业控制器,PLC 必须能够在各种不同的工业环境中正常工作。对工作环境的要求低、抗干扰能力强、平均无故障工作时间(MTBF)长是 PLC 在各行业得到广泛应用的重要原因之一。

PLC 的可靠性与生产制造过程的质量控制及硬件、软件设计密切相关。

一般来说,作为国外 PLC 的主要生产厂家通常都是大型、著名企业,其技术力量雄厚、生产设备先进、工艺要求严格、质量控制与保证体系健全,从而从根本上保证了产品的生产制造质量。

在硬件设计上,为了提高抗干扰性能,PLC 开关量 I/O 线路一般均采用光耦器件,PLC 内部与外部电路之间做到了电隔离,较好地消除了外部干扰对 PLC 产生的影响。PLC 的电源与 I/O 回路还设计有多重滤波电路,如 LC 滤波器、RC 滤波器、数字滤波器等;PLC 的主要部件(如 CPU、存储器等)与干扰源(如电源变压器等)均采取了严格的电磁屏蔽措施,可以有效抑制电磁干扰。

PLC 一般采用开关电源,它对电网的要求较低,可在电网大范围波动时可靠地工作。PLC 的主要元器件一般都采用高可靠性的产品,如 ROM、EPROM、EEPROM、Flash EPROM 等,为系统的正常工作提供了基本保证。

在软件设计上,PLC 采用了特殊的循环扫描工作方式,对输入信号进行的是一次性采样,在 PLC 程序循环周期内,即使实际输入信号的状态发生变化,也不会影响到 PLC 程序的正确执行(有关 PLC 的工作原理与循环扫描的概念详见后述),从而大大提高了程序执行的可靠性。

PLC 程序采用的是面向用户的专用编程语言,如梯形图、语句表等,其程序编制简单、直观、

方便。PLC 在用户程序的编译过程中,还可以对语法、重复线圈等错误进行自动检查,保证了用户程序的正确性。

PLC 的用户程序与系统程序相对独立,用户程序通常很难影响系统程序的运行,因此,PLC 一般不会出现计算机中常见的死机类故障。以上这些都是保证 PLC 软件可靠运行的有效措施。

2. 通用性好

通用性好,使用方便、灵活是 PLC 之所以能够得到普及的重要原因之一,它主要体现在硬件使用与软件使用两个方面。

在硬件方面,PLC 主要有以下几个特点。

① 大多数 PLC 都采用了基本单元加扩展或者模块化的结构形式,I/O 信号的数量、形式、驱动能力等都可根椐实际控制要求选择与确定,需要时还可随时更换或增减 I/O 模块。

② 可以满足不同的控制要求的特殊功能模块越来越多,PLC 的使用更加灵活与多变、应用范围日益扩大。

③ PLC 的动作控制完全由内部程序决定,I/O 连接简单,连线的工作量与接线错误的可能性小,在生产设备或者控制系统需要变更动作的场合,一般不需要改变原系统的外部连接(或仅需要做少量调整)。

④ 通过编程器或 PC,可以在生产现场随时对 PLC 程序进行调整与修改、对系统的工作状态进行动态监控,调试、维修非常方便。

在软件方面,PLC 采用了独特的、面向广大工程设计人员的指令表、梯形图、逻辑功能图、顺序功能图等编程语言,程序简捷、明了,适合各类技术人员的传统习惯。特别是梯形图与逻辑功能图,程序形象、直观,动态检测效果逼真,即使是没有计算机知识的人也非常容易掌握,在企业推广与普及比其他工业计算机控制装置容易。

3. PLC 与 DCS、工业 PC

在工业控制上,除了 PLC 外,工业控制计算机(称为工业 PC)与集散控制系统(DCS)也是代表性产品,三者区别简述如下。

(1) PLC 与工业 PC

工业 PC 是以通用微型计算机为基础的工业现场控制设备,它具有标准化的总线结构,各机型间的兼容性好,与计算机间的通信容易。而 PLC 的接口标准目前还没有完全统一,标准化程度较差,其兼容性与通信性能与工业 PC 相比还有一定的差距。

在硬件方面,工业 PC 与通用计算机的本质无太大的区别,它需要通过各种接口板与现场检测信号、执行元器件相连接,不像 PLC 那样有较多的、适应各种控制要求的功能模块可供选择,因此其工业现场工作可靠性与通用性和 PLC 相比存在一定的差距。

在软件方面,工业 PC 可以像通用计算机那样使用形式多样、功能丰富的应用软件,适应算法复杂、实时性强的控制需求,但对编程人员的要求较高;PLC 的软件特点是通俗易懂、编程方便、便于掌握,由于内部采用了循环扫描的工作方式,程序的可靠性更高。

(2) PLC 与 DCS

DCS 产生于 20 世纪 70 年代,它同样是以微型计算机为基础的工业控制装置,但 DCS 发展的基础和方向与 PLC 有所不同。DCS 是在生产过程仪表控制基础上发展起来的计算机控制装置,功能侧重于模拟量处理、回路调节、状态显示等方面;PLC 是在继电-接触器控制系统的基础上发展起来的计算机控制装置,功能侧重于开关量处理、顺序控制、逻辑运算方面。

为了扩大产品的应用领域,功能化、网络化是 PLC 的重要发展方向。通过各种特殊功能模块(如温度测量与调节模块、模拟量 I/O 模块、PID 调节模块等),当代 PLC 可以很容易地通过各种现场总线(如 CC-Link、PROFIBUS 等)、工业以太网,构成完整的 PLC 网络控制系统,其应用范围正在向传统的 DCS 控制领域拓展。同样,DCS 也在传统的模拟量处理、回路调节、状态显示功