



基于 PC 架构 的可编程序控制器

■ 苏中 李兴城 李擎 张守廷 冯涛 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



基于 PC 架构的可编程序控制器

苏中 李兴城 李擎 张守廷 冯涛 编著



机械工业出版社

本书以研华 (Advantech) 公司的 ADAM-5510 系列的基于 PC 架构的可编程序控制器 (PC_Based PLC) 为背景, 从面向工程应用出发, 系统阐述了 PC_Based PLC 的结构、工作原理和编程方法, 讲解了 PC_Based PLC 的特性、硬件系统、软件系统、C 语言开发、梯形图开发、功能块图 (FBD) 设计、远程模块连接和网络控制功能, 并通过大量有针对性的工程实例, 对 PC_Based PLC 控制系统的设计思想、步骤、方法进行了详尽的介绍。

本书内容丰富新颖, 语言通俗易懂, 重视理论联系实际, 书中的实例均由作者实际设计并经调试运行, 为便于教学和自学, 每章后附有思考题。

本书可作为高等学校自动化、电气技术、机电一体化、计算机应用及其他相关专业的教学用书, 亦可作为电大、职大相近专业的教材。对于广大的工程技术人员, 则是一本非常有价值的参考书和培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

基于 PC 架构的可编程序控制器 / 苏中等编著. —北京:
机械工业出版社, 2005.4
ISBN 7-111-16238-2

I. 基... II. 苏... III. 可编程序控制器
IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 017640 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 吉 玲 (E-mail: jiling@mail.machineinfo.gov.cn)
责任印制: 杨 曦
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2005 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
787mm×1092mm/16·18 印张·441 千字
0 001—4 000 册
定价: 30.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68326294
Http://www.machineinfo.gov.cn/book/
封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器 (PLC) 是集计算机技术、自动控制技术、仪表技术和网络通信技术为一体的自动控制装置, 已广泛地应用于工业控制的各个领域。

近年来, 随着计算机技术和通信技术的发展, 采用高性能微处理器作为其控制核心, 基于 PC 架构的 PLC (PC_Based PLC) 得到迅速的发展和广泛的应用, PC_Based PLC 既具有传统 PLC 在功能、可靠性、速度、故障查找等方面的特点, 又具有 PC 的高速运算、丰富的编程语言、方便的网络连接的优势。

PC_Based PLC 是以 PC 的软硬件技术、网络通信技术为基础, 采用标准的 PC 开发语言进行开发, 同时通过其内置的驱动引擎提供标准的 PLC 软件接口, 使用符合 IEC61131-3 标准的工业开发界面及逻辑块图等软逻辑开发技术进行开发。

通过 PC_Based PLC 的驱动引擎接口, 一种 PC_Based PLC 可以使用多种软件开发, 一种开发软件也可用于多种 PC_Based PLC 硬件。工程设计人员可以利用不同厂商的 PC_Based PLC 组成功能强大的“混合”式控制系统, 然后统一使用一种标准的开发界面, 用熟悉的编程语言编制程序, 以充分享受标准平台带来的益处, 实现不同硬件之间软件的无缝移植, 与其他 PLC 或计算机网络的通信方式可以采用通用的通信协议和低成本的以太网接口。

目前, 利用 PC_Based PLC 设计控制系统已成为最受欢迎的工业控制方案, PLC 与计算机已相互渗透和结合, 不仅是 PLC 与 PLC 的兼容, 而且是 PLC 与计算机的兼容, 使之可以充分利用 PC 现有的软件资源。而且以 IEC61131-3 作为统一的工业控制编程标准已逐步网络化, 不仅能控制高度复杂的工业过程, 还可将控制功能和信息管理功能融为一体, 并与工业控制计算机、集散控制系统、嵌入式计算机等进一步渗透和结合, 实现对大规模系统的综合性自动控制。目前, 已出版的 PLC 的书籍已不能全面反映 PC_Based PLC 的产品及其相关技术, 因此, 编写全面反映 PC_Based PLC 的书籍是十分必要的。

本书以 PC_Based PLC 产品及相关技术为基础, 以新颖、实用、易懂为宗旨来组织本书各章节的内容, 注重理论联系实际, 使对 PLC 和计算机不很熟悉的读者也能读懂, 适宜于教学和自学。本书以研华 (Advantech) 公司的 ADAM-5510 系列 (ADAM-5510M、ADAM-5510HC 和 ADAM-5510KW) 的 PC_Based PLC 为背景, 详细阐述了 PC_Based PLC 的特性、硬件系统、软件系统和设计方法, 精心编写了大量实例和思考题。

符合 IEC61131-3 标准的软逻辑设计方法应用日益广泛, 本书对基于 Trace Mode 组态软件的软逻辑设计方法也进行了详细介绍, 它能够实现高度复杂的控制过程和网络控制功能, 具有人机界面友好、操作使用方便的特点。

本书在编写过程中, 得到了研华 (Advantech) 公司的大力支持与帮助, 从而使本书的编写与出版得以顺利完成, 在此, 谨对研华 (Advantech) 公司致以衷心的感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有错误和疏漏之处, 敬请广大读者批评指正。

作 者

目 录

前言	1
第1章 绪论	1
1.1 从 PLC 到 PC_Based PLC	1
1.1.1 PLC 的产生	1
1.1.2 PLC 的定义	2
1.1.3 IEC61131-3 国际标准	2
1.1.4 从 PLC 到 PC_Based PLC	3
1.2 PLC 与其他工业控制系统的比较	4
1.2.1 与继电器控制系统的比较	4
1.2.2 与计算机控制系统的比较	5
1.2.3 与集散控制系统的比较	6
1.3 PC_Based PLC 的基本组成	6
1.3.1 PLC 的硬件结构	6
1.3.2 PLC 的软件系统	9
1.3.3 PC_Based PLC 的发展趋势	14
1.4 PC_Based PLC 的主要性能指标	15
思考题	16
第2章 基于 PC 架构的可编程序控制器硬件系统	17
2.1 PC_Based PLC 的硬件组成	17
2.1.1 主控模块	17
2.1.2 编程器	19
2.1.3 I/O 模块	19
2.1.4 I/O 模块选择	23
2.2 PC_Based PLC 系统配置	24
2.2.1 系统配置	24
2.2.2 模块的连接	27
2.2.3 模块的安装	28
2.2.4 跳线设置和 DIP 开关设置	29
2.2.5 模拟量模块的校准	31
本章小结	33
思考题	34
第3章 基于 PC 架构的可编程序控制器软件系统 (C 语言)	35
3.1 概述	35
3.1.1 软件系统组成	35

3.1.2 软件系统开发步骤	35
3.2 C 语言开发	36
3.2.1 C 语言的特点	36
3.2.2 C 语言版本	36
3.2.3 C 语言源程序的结构特点	37
3.2.4 C 语言的字符集	37
3.2.5 C 语言词汇	37
3.3 PC_Based PLC 的 C 语言函数库	38
3.3.1 概述	38
3.3.2 函数库支持的存储模式	39
3.3.3 系统函数 (UTILITY*.lib)	39
3.3.4 低速 I/O 函数库 (LIO*.lib)	46
3.3.5 高速 I/O 函数库 (HIO*.lib)	48
3.3.6 通信函数库 (COMM*.lib)	49
3.3.7 Modem 通信函数	55
3.3.8 计数器/计频器函数库 (LIA*.lib)	59
3.3.9 串口通信函数	62
3.4 建立工程	73
3.5 下载运行	75
本章小结	75
思考题	75
第 4 章 基于 PC 架构的可编程序控制器的软逻辑开发系统	76
4.1 PC_Based PLC 软逻辑开发系统	76
4.1.1 软逻辑概述	76
4.1.2 IEC61131-3 国际标准概述	76
4.2 功能块图 (FBD)	78
4.2.1 FBD 的图形对象	78
4.2.2 FBD 的网络结构	79
4.2.3 FBD 分类	80
4.2.4 FBD 示例	86
4.3 梯形图 (LD)	86
4.3.1 LD 的图形对象	87
4.3.2 LD 的网络结构	87
4.3.3 LD 指令	88
4.3.4 LD 编程	89
4.3.5 LD 编程举例	90
4.4 其他 IEC61131-3 标准的编程语言	90
4.4.1 顺序功能图 (SFC)	90
4.4.2 结构化文本 (ST)	91

4.4.3 指令表 (IL)	93
4.5 软逻辑 (SoftLogic) 软件开发环境	95
4.5.1 MULTIPROG 软逻辑开发环境	95
4.5.2 Trace Mode 组态软件开发环境	104
本章小结	122
思考题	122
第 5 章 基于 PC 架构的可编程序控制器系统设计	123
5.1 PC_Based PLC 系统设计与开发过程	123
5.2 PC_Based PLC 的应用软件设计	124
5.2.1 应用软件的内容	124
5.2.2 应用软件的质量	124
5.3 PLC 常用设计方法	125
5.3.1 逻辑设计法	125
5.3.2 经验设计法	129
5.3.3 顺序设计法	135
5.4 分析设计方法	143
5.5 PID 控制算法设计	147
5.5.1 PID 控制算法	147
5.5.2 位置式 PID 控制算法	148
5.5.3 增量式 PID 控制算法	148
5.5.4 PID 控制参数的整定	149
5.5.5 PID 控制程序	150
本章小结	152
思考题	152
第 6 章 远程扩展模块应用设计	153
6.1 远程扩展模块	153
6.2 远程模块的典型应用连接	153
6.2.1 系统配置	153
6.2.2 ADAM-4000 的应用软件	156
6.3 远程扩展指令集	162
6.3.1 ADAM-4000 的命令集	164
6.3.2 ADAM-5000/485 命令集	169
6.4 远程扩展应用	171
6.4.1 利用 C 语言进行远程扩展模块的编程	171
6.4.2 FBD 设计	172
本章小结	182
思考题	182
第 7 章 基于 PC 架构的可编程序控制器网络控制系统	183
7.1 PC_Based PLC 网络控制系统基础	183

7.1.1	PC_Based PLC 网络控制系统的体系结构.....	183
7.1.2	通用串行端口的通信	184
7.1.3	网络互联的 ISO/OSI 七层模型.....	197
7.1.4	现场总线	199
7.1.5	工业局域网	199
7.1.6	PC_Based PLC 网络控制系统的配置结构.....	200
7.2	PC_Based PLC 网络配置的发展.....	204
7.2.1	串行端口服务器	205
7.2.2	可编程序通用网络控制器.....	209
7.3	网络配置的应用设计	214
7.3.1	PC_Based PLC 的 RS-485 网络配置举例.....	214
7.3.2	PC_Based PLC 的 GSM 网络配置举例	216
7.3.3	PC_Based PLC 的 UNO-2050 可编程序网络控制器的网络配置	221
7.3.4	PC_Based PLC 的 Modem 网络配置	226
	本章小结	230
	思考题	230
第 8 章	基于 PC 架构的可编程序控制器设计和应用实例	231
8.1	PC_Based PLC 的温度控制系统设计	231
8.1.1	任务要求	231
8.1.2	总体设计思路及具体目标.....	231
8.1.3	设计条件	232
8.1.4	设计过程及步骤	232
8.1.5	使用 Trace Mode 编写程序过程	236
8.1.6	系统调试以及最终性能分析.....	245
8.1.7	系统实用性评估	246
8.2	基于 PLC 的温度控制系统设计 (C 语言)	246
8.2.1	控制系统设计	246
8.2.2	系统模型的建立	247
8.2.3	控制系统的数学模型框图及上位机界面介绍	249
8.2.4	基于 C 语言的下位机控制程序.....	250
8.2.5	数字 PID 算法	251
8.2.6	实验结果	252
8.3	流化生产集散控制系统	253
8.3.1	控制系统简述	253
8.3.2	系统硬件总体结构	253
8.3.3	系统软件的设计	254
8.4	居民小区的供水增压泵站的远程监控.....	268
8.4.1	概述	268
8.4.2	系统总体设计	268

8.4.3 系统软件设计	269
8.5 PC_Based PLC 的管控一体化系统.....	273
8.5.1 控制层与操作层系统组件 (SoftDCS)	273
8.5.2 调度控制层 (Scada Level)	273
8.5.3 管理层 (Supervisory Level)	274
8.6 在线水质监测系统	275
8.7 机动车辆安全性能全自动监测系统.....	276
本章小结	277

第 1 章 绪 论

可编程序控制器 (PLC) 在早期是一种开关量逻辑控制装置, 被称为可编程序逻辑控制器, 即 PLC (Programmable Logic Controller)。随着计算机技术和通信技术的发展, 可编程序控制器采用微处理器作为其控制核心, 它的功能已不再局限于逻辑控制的范畴。因此, 1980 年美国电器制造协会 (NEMA) 将其命名为 Programmable Controller (PC), 但为避免与个人计算机 (Personal Computer) 的简称 PC 混淆, 习惯上仍将其称为 PLC。

现代 PLC 以 3C (Control、Computer、Communication) 技术为基础, 逐步趋于 PC 架构、网络化、组态化, 以 IEC61131-3 为统一的编程标准, 可构成具有开放性和拓展性的控制系统及信息系统。因此, 本书将其称为基于 PC 架构的可编程序控制器——PC_Based PLC。

PC_Based PLC 亦属于 PLC 的范畴, 因此, 书中也称其为 PLC。为强调其中的区别, 书中在需要之处, 称不具有 PC 架构的 PLC 为传统 PLC。

贯穿于本书的术语 PC_Based PLC 用于代表整体技术, 包括软件和硬件, 并不仅仅指 PLC 的硬件结构。

此外, 软件和程序这两个术语具有同样的含义, 但软件一般指 PLC 系统软件, 程序指 PLC 子系统或子任务的软件。

1.1 从 PLC 到 PC_Based PLC

1.1.1 PLC 的产生

PLC 是生产力发展的产物。20 世纪 60 年代初, 美国的汽车生产技术相对成熟, 汽车制造业竞争激烈, 导致其汽车产品不断翻新, 生产线也随之频繁变更。而该时期的逻辑控制器由继电器组成, 若要改变控制顺序就必须改变硬件接线, 这不仅阻碍了产品更新及换代周期, 而且可靠性不高。因此, 美国最大的汽车制造商通用汽车公司 (GM), 想寻求一种新的控制装置取代继电器控制装置, 以便尽可能减少重新设计和重新接线。1968 年, 通用汽车公司在公开招标中提出了这种新型控制装置的招标指标——著名的十条招标指标:

- (1) 编程方便, 现场可修改程序;
- (2) 维修方便, 采用模块化结构;
- (3) 可靠性高于继电器控制装置;
- (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装置竞争;
- (7) 可直接用 115V 交流输入;
- (8) 输出为 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可扩展到 4KB。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 成功研制了第一台 PLC, 应用于 GM 的汽车自动装配生产线, 取得了极大的成功。1971 年, 日本引进了这项技术并开始生产 PLC。20 世纪 70 年代初, 德国和法国也研制出自己的 PLC。我国从 20 世纪 70 年代中期生产 PLC。目前, 世界上著名的电气自动化生产厂家几乎都生产 PLC。据统计, 1987 年世界 PLC 的销售额为 25 亿美元, 此后每年以 20% 左右的速度递增。进入 20 世纪 90 年代以来, 世界 PLC 的年平均销售额在 55 亿美元以上, 其中我国约占 1%。

1.1.2 PLC 的定义

初期的 PLC 虽然采用了计算机的设计思想, 但实际上只能完成逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能。20 世纪 70 年代末 80 年代初, 以微处理器为其核心部件的 PLC, 不仅可进行逻辑控制, 而且还可对模拟量进行控制。为了使这一工业控制装置的生产和发展标准化, 国际电工委员会 (IEC) 于 1985 年制定了 PLC 的标准, 并给出了它的定义: “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指令, 并通过数字式或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, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充功能的原则而设计。”

1.1.3 IEC61131-3 国际标准

近年来, 计算机技术的发展使实现高效率的 PLC 编程工具的开发成为可能。因此用户需要统一的、独立于制造商的语言概念的高级编程语言和开发工具, 以实现越来越复杂的编程系统。

IEC61131 标准是第一个 PLC 编程技术的国际标准, 是建立统一的 PLC 编程语言的基础。一方面, 通过标准的引入, 硬件和软件制造商之间可广泛地交流经验和产品。购买现成的产品能够大幅度地降低开发费用。使用经过预测测试的软件可明显地减少新开发软件的出错率。另一方面, 用户经常同时使用不同制造商的 PLC 系统, 意味着用户需学习不同的编程技术。而采用符合 IEC61131 标准的系统, 用户的学习内容仅限于由于使用不同的编程系统和 PLC 的特殊性能所带来的细微不同。这将降低对用户的要求, 并且 PLC 编程将更具灵活性, 使得用户可以选择合适的编程系统, 因为符合标准的各系统更容易进行比较。虽然不同型号的 PLC 系统之间不能相互交换整个应用程序, 但是在符合 IEC 标准的不同系统之间, 其语言元素和程序结构是相似的, 这个特点便于将用户程序移植到其他系统。

IEC61131-3 标准的编程语言是 IEC 工作组对世界范围的 PLC 厂家的编程语言合理地吸收、借鉴的基础上形成的一套针对工业控制系统的国际编程语言标准, 它不但适用于 PLC 系统, 也是第一个为工业控制系统提供标准化编程语言的国际标准。该标准针对工业控制系统所阐述的软件设计概念、模型, 适应了当今工业控制系统软件的发展方向, 是一种非常先进的设计技术, 它不但极大地推动了工业控制系统软件设计的进步, 而且它的许多概念还对现场总线设备的软件设计产生了很大影响。符合 IEC61131-3 标准的软件系统是一个可重复使用、可维护的工业控制系统软件, 不但能应用在 PLC 中, 而且还能应用在工业控制及制造过程的一切软件中。

IEC61131-3 标准的编程语言包括图形化编程语言和文本化编程语言。图形化编程语言包括：梯形图（LD——Ladder Diagram）、功能块图（FBD——Function Block Diagram）、顺序功能图（SFC——Sequential Function Chart）。文本化编程语言包括：指令表（IL——Instruction List）和结构化文本（ST——Structured Text）。

1.1.4 从 PLC 到 PC-Based PLC

从 1968 年到现在，PLC 基本上经历了四代：第一代 PLC 产品，大多用一位机开发，用磁心存储器存储，只具有单一的逻辑控制功能；第二代 PLC 产品，换成了 8 位微处理器及半导体存储器，PLC 产品开始系列化；第三代 PLC 产品，随着高性能微处理器及位片式 CPU 在 PLC 中大量的使用，PLC 的处理速度大大提高，从而促使 PLC 向多功能及联网通信方向发展；第四代 PLC 产品（20 世纪 80 年代后），不仅全面使用 16 位、32 位高性能微处理器和高性能位片式微处理器，而且在一台 PLC 中配置多个微处理器，进行多任务处理。同时生产了大量内含微处理器的智能模块，PLC 除了具有传统的开关量逻辑控制、定时控制、计数控制等功能外，还具有过程控制、运动控制、监控、多级分布式控制、联网通信等功能。

PLC 的编程概念和控制思想是任何其他工业控制器都无法与之相提并论的巨大知识资源。21 世纪的工业控制领域，PLC 仍然能够引导自动化行业的发展。在当今的工业控制市场上，一些 PLC 生产商早在 10 年前就已经开始利用 IT 业一些最新的软硬件成果不断完善和扩充 PLC 的功能，许多功能强大的 PC 用 CPU 芯片都可以作为新一代 PLC 的核心处理器的选择对象。这样，基于 PC 开放结构的 PC-Based PLC 应运而生，并得到迅速的发展和广泛的应用，它既具有传统 PLC 在功能、可靠性、速度、故障查找等方面的特点，又可利用软件技术将标准的工业 PC 转换成全功能的 PLC。PC-Based PLC 综合了计算机的数学运算、数值处理、网络通信、高级语言编程和 PLC 的开关量控制、模拟量控制、PID 调节等功能，通过一个多任务控制内核，可以提供强大的指令集、快速而准确的扫描周期、可靠的操作和可连接各种 I/O 系统及网络的开放式结构。

PC-Based PLC 是以 PC 软硬件技术、网络技术为基础，在通用操作系统（DOS, WinCE）基础上增加驱动引擎，提供用户标准的与传统 PLC 类似的符合工业控制的编程开发界面，用户可以：

- （1）自由选择 PLC 硬件。
- （2）不需再对底层硬件直接操作，而是通过操作系统对硬件进行管理。
- （3）利用标准界面开发、移植传统 PLC 的程序、算法。
- （4）充分享受标准平台带来的益处：不同硬件之间的软件无缝移植。
- （5）用熟悉的编程语言编制程序，例如可以利用 C 语言直接开发底层控制程序。软件编程和监控都可以在 Windows 操作平台上操作和运行。
- （6）与其他 PLC 或计算机网络的通信方式采用通用的通信协议，方便与其互连。享受直接获得的低成本的以太网接口。
- （7）获得 PC 领域技术/价格优势，而不受某个 PLC 制造商本身专利技术的限制。
- （8）对超过几百点 I/O 的 PLC 系统来说，用户可以节省投资费用。

目前，欧美等西方国家都把 PC-Based PLC 作为一个重点对象进行研究开发，已投入市场的 PC-Based PLC 产品较多。在美国底特律汽车城，大多数汽车装配自动生产线、热处理

工艺生产线等都已由传统 PLC 控制改为 PC_Based PLC 控制。而国内能见到的 PC_Based PLC 有研华公司的 ADAM-5510，泓格公司的 I-8000。支持 PC_Based PLC 的软件（演示版或正式发行版）有：德国 KW—software 公司的 MULTIPROG wt32、俄罗斯 AdAstrA 公司的 TraceMode、法国 CJ International 公司的 ISaGRAF、法国 Schneider Automation 公司的 Concept V2.1 以及 Wonderware 公司的 InControl 7.0 等。当前，利用 PC_Based PLC 设计自动控制系统在国际市场上已成为最受欢迎的工业控制方案，PLC 与计算机已相互渗透和结合。许多 PLC 开发商已经注意到 PLC 的兼容性，不仅是 PLC 与 PLC 的兼容，而且是 PLC 与计算机的兼容，使之可以充分利用计算机现有的软件资源。以 IEC61131-3 作为统一的工业控制编程标准，被逐步网络化，不仅能广泛地取代继电器控制，更利于实现机电一体化，控制高度复杂的自动化过程，而且可将控制功能和信息管理功能融为一体，并与工业控制计算机（工控机）、集散控制系统、嵌入式计算机等系统进一步渗透和结合，使之能对大规模系统进行综合性的自动控制。

1.2 PLC 与其他工业控制系统的比较

随着电子事业的飞速发展，PLC 已经可以在各个领域适应不同的客户要求。用 PLC 构成的工业控制系统可以实现其他工业控制系统的功能。本节主要从系统结构、功能特性等方面，将 PLC（系统）与继电器控制系统、计算机控制系统（CCS）和集散控制系统（DCS）进行比较。

1.2.1 与继电器控制系统的比较

最初的工业自动化控制主要是以继电器控制回路占据主导地位，继电器控制系统的缺点是体积大、耗电多、寿命短、可靠性差以及运行速度慢等，急需要一种新的控制装置来取代，所以 PLC 的出现在技术角度上大大方便了电气控制设计人员，软硬件设计简便，维护方便，体积、可靠性、耗电量有很大程度的改善，从而节约成本，并且可以通过计算机进行数据的传输和监控，这一系列的优点使 PLC 很快被接受并代替继电器控制回路广泛应用于工业自动控制中。表 1-1 说明了 PLC 取代继电器控制系统的原因。

表 1-1 PLC 系统与继电器控制系统的比较

项 目	继电器控制系统	PLC 系统
系统组成	由（许多）继电器采用硬件接线实现	由软件和硬件组成
控制方式	利用继电器机械触点的串联或并联及延时继电器的滞后动作等组合形成控制逻辑，一般只能完成既定的开关量逻辑控制，且没有计数功能	其控制逻辑是以程序方式存储在内存中，要改变控制逻辑，只需改变程序即可，故也称“软接线”。除了能进行开关量逻辑控制外，还能对模拟量进行控制，而且能完成多种复杂控制
体积、功耗	大	较小
灵活性和扩展性	由于是“硬接线”，连线多而复杂，且由于继电器触点数目有限，其灵活性和扩展性差	连线少，体积小，且由于每只软继电器的触点理论上可使用无限次，因而其灵活性和扩展性极佳
可靠性和可维护性	大量的机械触点的开闭会受到电弧的损坏和机械磨损，且连线也多，因而寿命短，可靠性和可维护性都差	采用微电子技术，大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成，因此寿命长，可靠性高。又由于具有自检和监测功能，方便了现场的调试和维护
控制速度	依靠触点的机械动作实现控制，其工作频率低，触点的开合动作一般在几十毫秒，此外机械触点还会出现抖动现象	由程序指令控制半导体电路来实现控制，速度极快，一般一条用户指令的执行时间在微秒级。PLC 内部还有严格的同步，不会出现抖动现象

(续)

项 目	继电器控制系统	PLC 系统
时延的可调性与精度	靠时间继电器的滞后动作实现时延控制,而时间继电器定时精度不高,易受环境温度和湿度的影响,调整时间困难	用半导体集成电路作定时器,时基脉冲由晶体振荡器产生,不受环境影响,精度高,可根据需要设定定时值,定时精度小于 10ms
设计与施工	用继电器实现一项控制工程,其设计、施工、调试必须依次进行,因而周期长且修改困难,工程越大,这一问题就越突出	用 PLC 完成一项控制工程,在系统设计完成以后,现场施工和控制逻辑的设计可以同时进行,其周期短,且调试和修改都很方便
系统价格	继电器单件价格便宜	PLC 价格较高。但若把维护、故障造成的损失等因素一并考虑,使用 PLC 系统相对来讲更为便宜

1.2.2 与计算机控制系统的比较

计算机控制系统是指用单片处理器或工业微机、工控机组成的计算机控制系统。

20 世纪 60 年代,小型计算机出现后,人们试图用小型计算机来取代当时的继电器控制系统,未获成功,代之的是 PLC 的出现、应用和发展。

20 世纪 70 年代,出现了采用微处理器的工控机,它与 PLC 共同推动着传统工业的技术改造。但长时间的实践证明:PLC 与工控机相比,由于 PLC 的专用性强,在可靠性、抗干扰能力、编程方法、体积、安装配线、设计时间、运行时间和维修时间等方面有较多的考虑,更适合于工业现场应用,并可作为工控机的下位机构成网络控制系统。PLC 系统与计算机控制系统的不同之处表现在下列几方面。

(1) PLC 系统采用功能模块的结构形式,可进行单元组合。在硬件和软件上的这种结构,使 PLC 系统对环境的适应性增强。硬件上,可根据工艺过程的控制规模,选择合适的功能模块,降低成本;工艺规模扩展时,可通过增加功能模块进行扩展;对工业过程现场的恶劣环境,可选择远程输入/输出单元等。软件上,根据控制的规模,可提供不同的软件,以降低成本。而计算机控制系统的组合性较差。

(2) 传统 PLC 系统采用扫描方式工作。有利于顺序逻辑控制的实施,各个逻辑元素状态的先后次序对时间的对应关系较明确,此外,扫描周期也较一致。而计算机控制系统按用户程序指令,以中断方式工作。但 PC_Based PLC 系统也辅以中断方式工作。

(3) PLC 系统是分散的自治系统,它可以作为下位机完成分散的控制功能,比起直接计算机的集中控制有质的飞跃。这种递阶控制系统也是分散控制系统的基础。可编程序控制器、分散过程控制装置和单回路多回路控制器将作为控制级来完成控制功能,在工厂自动化或集成过程控制系统中,把危险和功能分散,实现分散综合的控制结构。

(4) 适应恶劣工业应用环境。构成 PLC 的元器件进行了严格的筛选和简化,排除了因元器件问题而造成的故障。一般 PLC 的平均无故障时间可达几万小时以上。PLC 系统在使用中发生的故障一般是由于 PLC 的外部开关、传感器和执行机构引起的,而非 PLC 本身引起的。在恶劣环境下的可靠性正是 PLC 存在的意义。工业用 PC 的耐环境水平无论是在硬件还是在软件上都无法和 PLC 相比。

另外,PLC 程序设计简单,易学易懂易维护,更适合工程技术人员。因此,PLC 在工业控制中获得了极大的成功,成为工业控制的主流。但是,计算机在信息处理方面还是优于 PLC,所以,在一些工业控制系统中,常常将两者结合起来,PLC 做下位机进行现场控制,计算机做上位机进行信息处理。计算机与 PLC 之间通过通信线路实现信息的传送和交换。

1.2.3 与集散控制系统的比较

PLC 是由汽车行业继电器逻辑控制系统发展而来的;而集散控制系统(Distributed Control System, DCS)是由化工行业回路仪表控制系统发展起来的分布式控制系统。早期两者为不同的控制对象服务。早期 PLC 在开关量控制和顺序控制方面有一定的优势;而 DCS 在连续量的模拟控制和回路调节等方面有一定的优势。从功能上来说,DCS 具有控制(工程师站)、操作(操作员站)、现场仪表(现场测控站)三级结构,组态成相对固定的功能;而 PLC 则大多需要编程,但更灵活。DCS 在发展中仍然保持其过程控制的功能和特色;而 PLC 在发展中由于其灵活性,随着微电子技术、计算机技术和通信技术的发展,PLC 与计算机互连后,可以实现大规模的控制系统网络,实现在线组态、编程和下装,在线监控整个生产过程,这样就已具备了集散控制系统的形态和功能。

1.3 PC_Based PLC 的基本组成

PLC 可认为是一种专用的计算机系统,由硬件和软件两大部分组成。硬件是指 PLC 本身及其外围设备;软件是指管理 PLC 的系统软件、PLC 的应用程序、编程语言和编程支持工具软件。

本节简述 PLC 的硬件结构和软件系统,以及 PC_Based PLC 的发展方向。为兼顾传统 PLC 的应用,介绍了 PLC 的循环扫描工作方式。PC_Based PLC 具有的中断工作方式同微型计算机的中断工作方式一样,请读者参考有关书籍。

1.3.1 PLC 的硬件结构

PLC 的硬件系统(简称 PLC),根据结构形式的不同,可分为整体式(箱体式)和模块化(组合式)两类。

整体式结构的 PLC 是将 CPU、存储器、I/O 单元、电源、通信端口、I/O 扩展端口等装在一个箱体内构成主机,另外还有独立的 I/O 扩展端口等与主机配合使用。类似于一台计算机。

模块化结构的 PLC 是将 CPU、存储器、I/O 单元、电源、通信单元等分别做成相应的模块,各模块可插在底板上,模块之间通过总线进行通信。装有 CPU 的单元称为主控模块,其他称为扩展模块。主控模块与各扩展模块之间可通过电缆相连(一般不超过 10m)。由于模块化结构的 PLC 配置灵活,目前的大、中型 PLC 和多数小型 PLC 都已采用这种结构。典型模块化结构的 PLC 的硬件组成如图 1-1 所示,其中智能模块本身带有 CPU、存储器和监控系统,可独立完成各种运算。智能模块的种类很多,如 PID 调节的模拟量控制模块、阀门控制模块、智能存储模块和智能 I/O 模块。

模块化结构的 PLC 的现代产品是 PC_Based PLC,其主要特点是:

(1) 主控模块中内置通用操作系统,如 DOS, WinCE 等。

(2) 主控模块中内置通信接口。

(3) 编程器为 PC,如 1.1.4 中所述,用户不需要再对底层硬件直接操作,而是通过操作系统对硬件进行管理;软件编程和监控都可以在 Windows 操作平台上操作和运行。

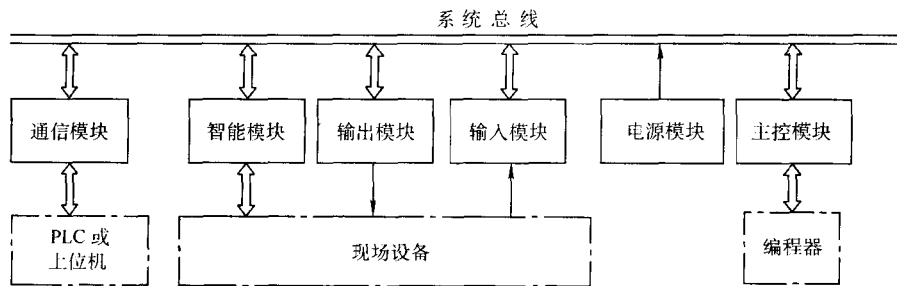


图 1-1 模块化结构的 PLC 的组成示意图

(4) 与其他 PLC 或计算机的通信采用通用的通信协议。这种标准的设计方式使得 PC_Based PLC 具有广阔的工业自动化应用领域。

(5) PC_Based PLC 可作为智能模块使用，因此 PC_Based PLC 系统中不需传统 PLC 的专门制造的智能模块。

PC_Based PLC 的硬件组成如图 1-2 所示。

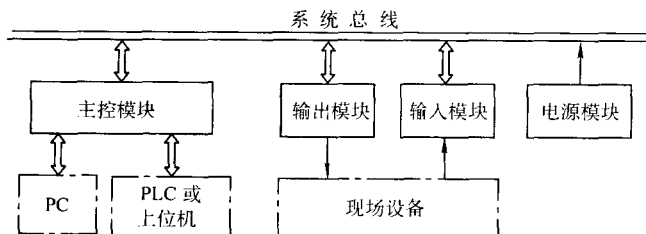


图 1-2 PC_Based PLC 的组成示意图

下面介绍 PC_Based PLC 的主要组成部分及其作用。

1.3.1.1 主控模块

主控模块包括中央处理器（CPU）、存储器、通信接口等部分。

1. CPU

CPU 是 PLC 的控制中枢，它由控制器和运算器组成。其中，控制器是用来统一指挥和控制 PLC 工作的部件；运算器则是进行逻辑、算术等运算的部件。PLC 在 CPU 的控制下使整个机器有条不紊地协调工作，以实现对现场各个设备的控制。

CPU 的具体作用如下：

- (1) 执行接收、存储用户程序的操作指令。
- (2) 接收来自输入单元的数据和状态信息，并存入相应的数据存储区。
- (3) 执行监控程序和用户程序。完成数据和信息的处理，产生相应的内部控制信号，完成用户指令规定的各种操作。
- (4) 响应外部设备（如编程器、上位机、打印机）的请求。

PLC 中所采用的 CPU 通常有三种：通用微处理器、单片机芯片和位片式微处理器。例如，研华公司生产的 PC_Based PLC 的 CPU 采用高性能的 X86 结构的 80188 通用微处理器。80188 CPU 从 8086 CPU 基础上发展起来，是一个内部工作和外部输入/输出均为 16 位的微处理器，

其最高主频速度为 8MHz 以上, 运算速度小于 1MIPS (每秒百万条指令数), 具有 16 位数据通道, 内存寻址能力为 1MB。

PC_Based PLC 的 CPU 内置了实时钟和看门狗定时器。实时钟可实时记录事件发生的时刻。当系统死机时看门狗定时器可重置处理器, 这不仅减少了系统维护工作, 而且使 PC_Based PLC 可应用于系统稳定性要求较高的场合。

目前, 一些厂家生产的 PLC 中, 还采用了冗余技术, 即采用双 CPU 或三 CPU 工作, 进一步提高了系统的可靠性, 采用冗余技术可使 PLC 的平均无故障工作时间达几十万小时以上。

2. 存储器

PLC 系统中的存储器主要用于存放系统程序、用户程序和工作状态数据。

(1) 系统程序存储区: 采用 PROM 或 EPROM。它是由生产厂家直接存放的、永久存储的程序和指令, 称为监控程序。监控程序和 PLC 的硬件组成及专用部件的特性有关, 用户不能随意访问和修改这部分存储器的程序。

(2) 数据存储区: 工作数据是 PLC 运行过程中经常变化的、需要随机存取的一些数据。这些数据一般不需要长久保存, 因此采用 RAM。数据存储区包括输入/输出数据映像区, 定时器/计数器预置数和当前值的数据。

(3) 用户程序存储区: 用于存放用户经编程器或计算机输入的应用程序。一般采用 EPROM 或 EEPROM, 用户可擦除后重新编程。用户程序存储器的容量一般就代表 PLC 的额定容量。

PC_Based PLC 的 CPU 卡本身集成了大容量的存储器, 提供 Flash ROM、SRAM 等多种存储器。用来存放系统文件、用户程序及数据, 提供程序下载及运行的空间; 同时提供较大容量的掉电保护 RAM, 避免系统掉电后重要数据丢失。

3. 通信接口

主控模块通常有一个或一个以上的通信接口 (简称通信口), 用以与计算机、编程器相连, 实现编程、调试、运行、监视等功能。

1.3.1.2 输入/输出模块

PLC 的控制对象是工业生产过程, 它与工业生产过程的联系是通过输入/输出 (I/O) 模块实现的。生产过程有许多需要采集和控制的变量, 如温度、压力、液位、速度、电压、开关量、继电器状态等。因此, 需要有相应的 I/O 模块作为 CPU 与工业生产现场的桥梁, 实现信号的采集、校准、放大、控制功能, 且这些模块应具有较好的抗干扰能力。PC_Based PLC 具有完备的 I/O 模块, 如模拟量 I/O 模块、数字量 I/O 模块、热电偶热电阻采集模块、计数/计频模块、阀门控制模块、继电器模块和扩展通信模块。

不同功能的模块为用户提供了很大的选择余地, 用户可以根据需要自由组合。这种模块式结构为维修时进行更换提供了很大的方便。

1.3.1.3 电源模块

电源模块的主要作用是将外接电压转换成稳定的高效率的低电压, 转换后的电压可以为 CPU、总线等提供工作电压, 保证整个系统安全可靠的工作。

与普通电源相比, PLC 的电源工作稳定性好, 抗干扰能力强。有些机器的电源除了提供内部电路使用外, 还提供外部传感器的直流稳压电源, 以避免因外部电源不合格而引起的故障。

1.3.1.4 底板

无源底板提供总线和通信接口。串行通信接口提供包括 RS-232/422/485 等多种通信方式,