

可编程序控制器 与 工业自动化系统

陈忠华 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



可编程序控制器与工业 自动化系统

陈忠华 编著



机械工业出版社

本书介绍可编程序控制器(PLC)的原理及在工业自动化系统中的应用。其中,第1章介绍PLC的发明和发展过程。第2章介绍PLC硬件、软件的基本构成和工作原理。第3章以西门子公司的S7—300、S7—400 PLC为例,介绍其编程软件——STEP 7 编程语言。第4章介绍 IEC—61131—3 PLC 的编程语言标准。第5章是涉及现场总线技术的专题,对20世纪末迅速发展起来的现场总线技术进行介绍。第6章介绍了HMI/SCADA系统。第7章是应用篇,介绍在使用STEP 7 编程时的一些技巧及长江三峡泄洪坝泄洪闸门控制系统和双向拉伸薄膜生产线的电气控制系统两个完整的应用项目。

本书适用于高校自动化相关专业师生以及自动化相关领域的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

可编程序控制器与工业自动化系统/陈忠华编著. —北京:机械工业出版社,2006.1
ISBN 7-111-18054-2

I. 可... II. 陈... III. 可编程序控制器—应用—工厂自动化 自动电系统
IV. ①TP332.3 ②TP278

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第145994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:牛新国

封面设计:陈沛 责任印制:陶湛

北京市朝阳区展望印刷厂印刷

2006年1月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·17.75印张·448千字

0001~4000册

定价:36.00元(含1CD)

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

封面无防伪标均为盗版

序

PROFIBUS 作为现场总线系统市场的领导者,就其功能而言,已经达到了可以完全满足最终用户需求的程度。截止到 2004 年底,全世界安装的 PROFIBUS 装置已经超过 1 300 万件。PROFIBUS 国际组织估计,另有 1 000 万件装置将在今后 4 年内被销售到市场上去。由于这一原因,2005 年是最终用户安装 PROFIBUS 装置具有决定意义的一年。另一方面,通信也在以日新月异的速度发展,正是提高通信系统速度,使其具备与 IT 相结合的能力,从而满足工厂业主们进一步需求的好时候。

自动化工程师们如今面临着更为短暂的产品改革周期。某些工厂,甚至某些现场装置都包含多总线系统,以达到所要求的功能和相应的性能。例如,考虑在自动化工程中的一台工业机器人,其构成装置中一定会发现有 PROFIBUS 从站、PROFIBUS 主站、PROFIBUS 安全应用和各种 CAN 总线站以及某些以太网的变化形式等。

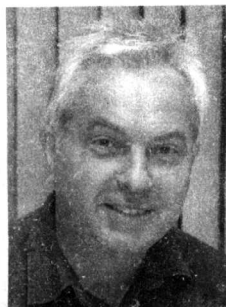
从长远来看,对制造商和系统操作者而言,不希望是这一状态。PROFINET 弥补了这些不足。应用 PROFINET,时间上严格的及具有优先权的应用程序能够在同一个系统/子系统中传送,在这一系统中,能够采用强有力的“TCP/IP”服务。只有特殊的应用才能决定总线系统的结构和数据传送的次序。

一个组态工程师希望通过使用少量的手工操作来设计一个马上就可以运行的系统,如果有可能,还希望能在同一系统中实现。为此,PROFINET 提供一个多制造商工程工具。现在已有系统能够很容易地组合到一个 PROFINET 系统中去。在德国,某些工厂已经成功应用了 PROFINET(例如,德国 VW 州的油漆工厂、烟草工业的生产厂、德国慕尼黑机场的全球包裹输送带……)。

PROFIBUS 国际组织,已经对 PROFIBUS 总线系统进行了标准化,也对 PROFINET 制定了标准。还有描述这些标准功能的文件。对于已经使用 PROFIBUS 和 PROFINET 实现的那些应用领域,从我的观点来看还介绍得很少。所以我非常期待陈忠华教授的新书出版,按照我的见解,将技术带给最终用户,书籍是非常正确的途径。

最后,谨祝您今后能取得更大的成功!

致亲切的问候!



Manfred Popp

Preface

PROFIBUS as the market leader in field bus systems has reached a functionality which meets the needs of the end users in complete. More than 13 million PROFIBUS devices have been installed by the end of 2004. PROFIBUS international assumes that another 10 million devices will be sold within the next four years. For this reason the next years are determined by the end users to install PROFIBUS devices. On the other side communication is an ongoing story and it is time to meet the future requirements of the plant owners who want a speeded up communication system which is able to incorporate open IT-solutions.

Automation engineers today are confronted with ever smaller innovation cycles for products. Some plants and even some field devices contain multiple bus systems in order to achieve the required functionality and corresponding performance. For example, let us consider an industry robot in automotive engineering. In this setting, we are sure to find PROFIBUS slaves, PROFIBUS masters, PROFIBUS safe applications, various CAN bus stations, and several Ethernet variants, etc.

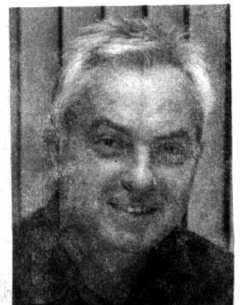
In the long term, this is an undesirable state for manufacturers and system operators. PROFINET can make up for this inadequacy. With PROFINET, time-critical, priority-driven applications can be transferred in the same system/subsystem in which "powerful" TCP/IP services can be used. Only the specific application determines the structure of the bus system and the order of data to be transferred.

A configuring engineer would like to be able to design a ready-to-go system by performing a few manual operations and if possible, with the same system. PROFINET provides a multi-vendor engineering tool for this purpose. Existing systems can be easily migrated to a PROFINET system. Some very interesting PROFINET plants have already been successfully setup (e. g. painting line at VW in Germany, production plant for the tobacco industry, global package conveyor in the airport in Munich, ...)

PROFIBUS International has standardized both bus systems PROFIBUS and PROFINET. Also literature is available which describes the functionality if these standards. The field of real applications which have been realized with PROFIBUS and PROFINET is from my point of view a little bit underexposed. So I appreciate the new book of Professor Chen Zhonghua very much. To my mind it is the right way to bring the technology to the end users.

Therefore let me wish you much success in the future.

Kind regards



Manfred Popp

前 言

可编程序控制器(PLC)自 20 世纪 60 年代问世后,随着技术的进步,其功能得到极大的扩展,性能也日臻完善,应用范围也更为广泛,在工业界、城市建设、环境保护、现代农业和科学试验等领域,几乎都能找到其用武之地。但是国内有关可编程序控制器的书籍介绍得还不够全面。为此,作者根据自己近 40 年从事工业自动化和应用 PLC 的经验,编写了本书。

本书较全面地介绍了 PLC 及其相关专题。作为完整的现代工业自动化系统,PLC 是其中一个重要环节。20 世纪末发展起来的现场总线技术、网络通信技术、HMI—SCADA (人—机接口/上位计算机监控和数据采集)组态监控软件都与 PLC 相关,并构成现代工业自动化系统的重要部分。

本书第 1 章介绍 PLC 的发明和发展过程。第 2 章介绍 PLC 硬件、软件的基本构成和工作原理。第 3 章以目前国内应用比较多的西门子公司的 S7—300, S7—400 PLC 为例,介绍其编程软件——STEP 7 编程语言,包括系统组态,程序开发、调试,在线监控与诊断的方法。第 4 章介绍 IEC 61131-3 PLC 的编程语言标准。该标准是国际电工委员会多年努力下试图统一有关 PLC 编程语言标准的结果。作为 IEC 标准,允许使用 5 种编程语言,根据不同的应用场合和具体项目,决定使用其中某一种语言。例如,在涉及顺序动作的控制场合,应用顺序功能图(Sequential Function Chart, SFC)语言来编程,会更加方便。第 4 章对 IEC 标准规定的 5 种编程语言做了简要介绍,该章最后部分,介绍了使用西门子公司的 S7 GRAPH 编程语言(类似 SFC 的编程语言),对自动钻床进行编程的应用例子。第 5 章是涉及现场总线技术的专题,对 20 世纪末迅速发展起来的现场总线技术进行介绍。特别对 PLC 作为现场总线的主站或从站,以及相关的通信进行说明,最后介绍了通过 PROFIBUS-DP 总线,实现 S7—300 PLC 和 Lenze 公司传动装置之间的通信实例,该例还介绍了 DRIV-ECOM 通信行规的内容,这是不同制造商产品之间,采用现场总线实现通信的典型例子。第 6 章以西门子公司 WinCC 组态软件为例,介绍 HMI/SCADA 系统对工业控制系统中各种资源(设备、标签量、画面等)进行配置和编辑,处理事件报警和系统报警,提供多种数据通信驱动程序,完成各类报表的生成和打印输出,及对实时数据进行归档和历史归档数据的查询功能。第 7 章是应用篇,结合作者本人的工作经验,首先介绍在使用 STEP 7 编程时的一些技巧。例如,对使用模拟量输入/输出模板时的程序处理,使用 FM355 模板进行温度控制的实例,使用 SM338 模板接收绝对式编码器信号的编程实例,以及使用 CPU 314C—2 这一类型 CPU 上的内置高速计数器进行计长和测速的方法。这些实例项目都是

实际应用中的成果。第7章还介绍了长江三峡泄洪坝泄洪闸门控制系统和双向拉伸薄膜生产线的电气控制系统两个完整的应用项目,从而说明本书前面各章节的知识如何应用到一个具体的工程项目中去。在编写第7章的过程中,得到北京机械工业工业自动化研究所“三峡”和“拉膜”两课题组同仁们的支持和帮助,在此表示感谢。

这里还要特别感谢西门子公司现场总线专家 Manfred Popp 先生,专门为本书作序,并介绍了现场总线的最新进展情况。

在本书的成书过程中,承蒙陈箴硕士为全书术语的英/中文翻译,做了全面的校对工作。还承蒙顾有仪女士,对全书书稿进行校对和打印,在此一并表示由衷的感谢。

陈忠华教授

2005年8月



电气自动化工具书

已出版目录

- 电工最新基础标准应用手册(第2版) 杨振宽主编
- 电力电子设备设计和应用手册(第2版) 王兆安、张明勋主编
- 电力电子设备用器件与集成电路应用指南 李宏编著
 - 第1册 电力半导体器件及其驱动集成电路
 - 第2册 控制用集成电路
 - 第3册 传感、保护用和功率集成电路
 - 第4册 其他配套元器件
- 可编程控制器选用手册 袁任光编著
- 楼宇自控系统电气运行维修手册 孟宪章、罗晓梅主编
- 变频器应用手册(第2版) 吴忠智、吴加林编著
- 调速用变频器及配套设备选用指南 吴忠智、黄立培、吴加林编著
- 电力半导体模块选用和代换手册 杜柏田编
- 电力电子技术手册 (美)Muhammad H. Rashid 主编
- 现场总线产品手册 蔡忠勇主编

目 录

序	程	60
前言		
第 1 章 PLC 的发明及发展过程		1
第 2 章 PLC 的定义及硬件、软件的基本构成		4
2.1 PLC 的硬件体系		5
2.1.1 硬件结构		5
2.1.2 CPU 和中央存储器		6
2.1.3 I/O 接口		9
2.1.4 PLC 的工作原理		21
2.1.5 PLC 软件体系		27
第 3 章 PLC 编程语言的应用		28
3.1 西门子公司 S7 PLC 和 STEP 7 编程软件的应用		28
3.2 西门子公司 STEP 7 软件的安装		29
3.3 启动 SIMATIC 管理器		30
3.4 应用 STEP 7 对 PLC 进行硬件组态		31
3.5 S7 PLC 分布式 I/O 模板的组态		33
3.6 应用符号地址编程		39
3.7 在组织方块 OB1 中建立程序		42
3.8 使用功能块和数据块建立一个程序		53
3.9 生成功能块(FB)的背景数据块及改变实际值		59
3.10 使用梯形图逻辑语言编写方块调用程序		59
3.11 STEP 7 语言中的功能(FC)编程		60
3.12 STEP 7 语言中的共享数据块(DB)编程		65
3.13 下载和调试程序		67
3.14 通过监视程序状态的方法来测试程序		70
3.15 通过建立变量表的方法来测试程序		72
3.16 通过 CPU 诊断缓冲区检查错误		75
第 4 章 IEC 61131—3 PLC 编程语言标准		77
4.1 序言和通用信息		77
4.2 软件模型		78
4.2.1 组态内部的资源		78
4.2.2 程序组织单元(POU)		79
4.2.3 控制再启动		82
4.3 通信模式		82
4.3.1 访问路径		82
4.3.2 全局变量		82
4.3.3 参数调用		83
4.3.4 通信组织单元		83
4.4 通用语言单元		83
4.4.1 标识符		83
4.4.2 关键字		83
4.4.3 评论		83
4.4.4 文字		83
4.4.5 数据类型		84
4.4.6 变量		85
4.5 编程语言		86
4.5.1 IEC 61131—3 标准		86
4.5.2 指令表(IL)		86

4.5.3 结构文本(ST)	88	6.2.11 使用仿真器	188
4.5.4 顺序功能图(SFC)	94	6.3 显示过程值	189
4.5.5 图形语言 LD (梯形图)语言和 FBD (功能块图)语言	102	6.3.1 归档系统	190
4.6 SFC 编程语言应用举例	109	6.3.2 打开标签登录器	190
第5章 现场总线技术	122	6.3.3 组态定时器	191
5.1 现场总线技术	122	6.3.4 建立归档	192
5.1.1 现场总线技术产生的背景	122	6.3.5 组态归档	193
5.1.2 现场总线技术的概念	123	6.3.6 建立趋势窗口	194
5.2 国内外发展状况	124	6.3.7 建立列表窗口	196
5.2.1 国外发展状况概述	124	6.3.8 定义实时运行的性能	197
5.2.2 国际标准的形成过程及现状	124	6.3.9 激活项目	198
5.2.3 国内发展现状	126	6.4 组态报警系统	199
5.3 现场总线 PROFIBUS 标准 介绍	127	6.4.1 报警系统	199
5.3.1 PROFIBUS 标准概念	127	6.4.2 打开报警登录器	200
5.3.2 PROFIBUS 第1层、第2层和应用层 介绍	129	6.4.3 启动系统向导	200
5.3.3 DP 行规	142	6.4.4 组态报警信息和报警信息 文本	202
5.3.4 使用 PROFIBUS - DP 进行数据 通信的实例	143	6.4.5 组态报警信息颜色	203
第6章 SIMATIC WinCC 组态 软件	168	6.4.6 模拟量报警	205
6.1 SIMATIC WinCC 组态软件 介绍	168	6.4.7 建立报警信息屏幕	210
6.1.1 WinCC 项目开发和组态 环境	168	6.4.8 定义实时运行属性	212
6.1.2 WinCC 的实时运行	168	6.4.9 激活项目	213
6.2 第1个 WinCC 项目	169	6.5 输出报警序列报告	214
6.2.1 启动 WinCC	169	6.5.1 报告系统	214
6.2.2 建立一个项目	170	6.5.2 建立页面排版	215
6.2.3 增加通信驱动器	171	6.5.3 页面排版编辑器	215
6.2.4 标签和标签组	173	6.5.4 编辑页面排版	217
6.2.5 建立一个内部标签	173	6.5.5 组态打印作业	219
6.2.6 建立标签组	175	6.5.6 定义实时运行属性	220
6.2.7 建立过程标签	176	6.5.7 激活项目	221
6.2.8 编辑过程屏幕	178	6.6 输出标签登录实时报告	222
6.2.9 定义实时性能	187	6.6.1 编辑页面排版	222
6.2.10 激活项目	188	6.6.2 定义打印作业参数	225
		6.6.3 激活项目	226
		第7章 应用篇	228
		7.1 PLC 编程技巧举例	228
		7.1.1 PLC 中模拟量输入/输出模板的 编程处理	228
		7.1.2 应用 SM338 模板读取绝对式编码 器开度仪编程实例	235
		7.1.3 应用 FM355 模板进行温度 PID	

控制的编程实例	238	峡大坝泄洪工程中的应用	262
7.1.4 应用 CPU314 - 2DP 内置集成高速 计数器实现薄膜生产线计长和测速 的编程实例	246	7.3.1 工程组成	263
7.2 现场总线等技术在双向拉伸薄膜 生产线中的应用	255	7.3.2 控制要求和控制流程图	265
7.2.1 生产线的组成	256	7.3.3 计算机网络监控系统	265
7.2.2 双向拉伸薄膜生产线对控制系统 的基本要求	257	7.3.4 运行情况	265
7.3 PLC 和现场总线技术在长江三		7.3.5 名词解释	268
		附录 光盘使用说明	270
		参考文献	272

第 1 章 PLC 的发明及发展过程

PLC (可编程序控制器)是 20 世纪 60 年代发展起来的一种新型自动化控制装置。它最早是用于替代传统的继电器控制装置,只有逻辑计算、计时、计数以及顺序控制等功能,而且只能进行开关量控制。因此,其英文原名为 programmable logic controller,简称 PLC,中文名为“可编程序逻辑控制器”。随着技术的进步,其控制功能已经远远超出逻辑控制的范畴,其名称相应改为 programmable controller,简称 PC。但 PC 又容易与个人计算机(personal computer)的简称 PC 产生混淆,所以近年来人们又倾向于使用 PLC 这一简称,中文名仍然称为“可编程序控制器”。

20 世纪 60 年代,由于美国汽车工业需要进行大规模的技术改造和设备更新,由传统继电器控制装置进行控制,不仅体积庞大、故障率高、柔性差而不灵活、耗能,而且调试困难,可靠性也差。1968 年由美国通用汽车公司提出使用新一代控制器的设想。从用户的角度考虑,该公司对新一代控制器提出 10 点要求,从而为各大公司提供了明确的开发目标。次年,美国 DEC (数字设备公司)首先研制成功第一台可编程序逻辑控制器 PDP—14。差不多同时,美国 MODICON 公司也研制出 084 控制器。它们的问世,引起了全世界的瞩目,美国的其他公司和西欧、日本等工业发达国家,也相继研究开发出类似的产品。

由于 PLC 不断吸取微电子技术和计算机技术的最新成果,因此发展十分迅速,从单机自动化到整条生产线的自动化,乃至整个工厂的生产自动化,从柔性制造系统、工业机器人到大型分散型控制系统,PLC 均担当着重要角色。

PLC 技术代表了当今电气程序控制的最先进水平。通过 PLC 与各种单元自动化装置(例如,智能仪表、数字化传动装置、智能的液压和气动阀组等)以及现场总线、计算机网络系统,构成了车间和工厂自动化的完整系统。

可编程序控制器应用非常广泛,近年来对国内进行的调查,在各个领域的应用分布大致如下:

• 钢铁和有色冶金	35%
• 汽车和机械制造	20%
• 轻工、食品、包装、造纸	16%
• 化工、石油、工艺过程	13%
• 交通运输、矿山	7%
• 能源、电站、泵站、水处理	7%
• 科研试验、教学	2%

发明 PLC 之前,在工业控制顺序控制领域内,常采用诸如继电器、鼓形开关、纸带阅读器等机械、电气元器件作为控制元件,尤其是控制继电器,在离散制造过程控制领域内,成为“开关控制系统”中最广泛使用的器件。但是,随着工业现代化的发展,生产规模越来越大,劳动生产率及产品质量的要求在不断提高,对控制系统的可靠性也提出了更高要求,原有“继电器

控制系统”已不适应应用需要,究其原因如下:

- 动作缓慢;
- 寿命短、可靠性差;
- 体积大、耗电多;
- 设计制造周期长、程序修改费时;
- 不能实现人-机对话。

到 20 世纪 60 年代后期,虽然小型计算机已日趋完善,应用领域也在不断扩大,但将小型计算机用于开关控制系统,又显然存在着“大马拉小车”的状态,这是由于小型计算机具有以下特点:

- 编程复杂,要求有较高水平的编程人员和操作人员;
- 需要配套非标准的外部接口,对环境和现场条件的要求过高;
- 功能过剩,机器资源未能充分利用;
- 造价高昂。

基于这种需要与可能,促使人们寻求新的出路,PLC 应运而生。它首先应用于美国汽车工业领域,其中 PLC 部分采用固态(集成)电路来代替继电器逻辑电路,用存储器电路中的存储数位(程序)来代替继电器系统的布线,以程序来规定逻辑关系;用固态 I/O 电路来检测按钮和限位开关的信号,并给出输出以控制电机和其他执行机构。这一阶段 PLC 系统已开始具有如下一些特点:

- 环境适应性较强,可以在车间现场使用;
- 有较高的可靠性和诊断能力,维修容易;
- 基本能适应不同的制造过程所需,柔性度有了较大提高,只要改变系统中的程序即可改变控制“逻辑”,而无须改造或更换控制硬件等。

自 1976 年以来,开始将微处理器引入 PLC 领域,从而大大加强了 PLC 的作用,使 PLC 由简单地代替继电器电路,而发展为先进的控制装置。当今 PLC 具有采集与处理大量数据、完成数学运算、与其他智能器件通信的能力,并具有先进的人-机对话手段(如键盘、CRT 和语音对话),近年来由于现场总线理念的出现和相关标准的建立,以及产品的迅速发展,PLC 成为现场总线的一个重要组成部分,这进一步扩大了 PLC 的应用领域。

由于 PLC 同时提高了功能和柔性度,使其应用迅速增长,并普及到许多其他离散零件制造工业领域。随后又扩展到批量生产和连续生产过程相关工业领域。随着 CIMS(计算机集成制造系统)的发展,PLC 当前还被人们用于工厂通信网络之中,与其他智能控制器和计算机系统一起,成为计算机综合控制系统中的重要组成部分,特别在单元级和工作站级系统中占有重要地位。

从 1969 年第一台 PLC 问世到今,可编程控制器大约经历了 3 个阶段:

第一阶段,所开发的 PLC 容量较小,I/O 点数小于 120 点。用户存储区容量在 2KB 左右,扫描速度为 20 ~ 50ms/KB,指令较为简单,只有逻辑运算、定时、计数等功能,编程语言采用简单的语句表语言,使用上主要用作开关量控制。

第二阶段,PLC 的容量有所扩展,I/O 点数达到 512 点 ~ 1024 点,用户程序存储区扩展到 8KB 以上,速度也有提高,扫描速度达到 5 ~ 6ms/KB,指令功能除了基本的逻辑运算、定时、计数外,还增加了算术运算指令、比较指令及模拟量处理指令等,输入/输出类型也由纯开关量

I/O, 扩展为带模拟量的 I/O; 编程语言除了使用语句表外, 还可以使用梯形图编程语言。

第三阶段, 进入 20 世纪 80 年代以来, 随着大规模和超大规模集成电路等微电子技术的迅猛发展, 以 16 位和 32 位微处理器构成的 PLC 得到惊人的发展, 其功能远远超出上述两阶段的产品。使 PLC 在概念、设计、性能/价格比以及应用方面都有新的突破。这一阶段的产品向大型和小型两个方向发展。大型产品的 I/O 点数超出 4000 点, 有些产品达到 8000 个 I/O 点, 用户存储区容量超过 32KB, 配置有各种智能模块(例如, 温度控制模块、轴定位模块、过程控制模块等)和通信模块, 扫描速度也大大提高, 达到 0.47ms/KB, 指令功能除了基本的逻辑运算、定时、计数、顺序控制外, 还有算术浮点运算指令、PID 调节功能指令、图形组态功能指令、网络和通信指令等; 编程语言普遍采用梯形语言, 同时也使用语句表和顺序功能图语言(典型的有 GRAFCET 语言)。为了提高系统的可靠性, 设计上考虑了容错技术和冗余技术等。这一阶段的小型产品向超小型化和加强型功能发展, 有 16 点 I/O、24 点 I/O 的整体型小型 PLC, 在小型 PLC 上配置模拟量 I/O、通信口、高速计数, 指令上也设置有算术运算、比较指令以及 PID 调节指令。小型 PLC 使用的手握式编程器使用大面积液晶显示器, 也可以用梯形图和 GRAFCET 语言进行编程。

这一阶段 PLC 的软件设计也有很大改进, 普遍实现了软件模块化设计, 在 PLC 产品上提供大量通用和专用软件功能模块, 用户通过简单的功能调用就可实现复杂的控制任务, 给使用带来极大方便。使用的编程器越来越完善, 专用编程器实际上已经是一台个人计算机, 可以实现离线编程或在线编程及监控、程序打印以及程序固化, 实现图形组态, 可以联网(即挂在 PLC 网络上)。有些编程器还可以使用高级语言。除了专用编程器外, 很多 PLC 可以使用通用的笔记本电脑实现编程, 开发一些专用软件, 充分利用个人计算机的能力, 完成各种高级编程功能, 从而省却了专用编程器, 这样既便于推广又节省投资。随着技术的进步, PLC 的功能越来越强, 应用范围越来越广, 与其他工业控制机, 例如, 集散控制系统(DCS)的界限已经不十分明显, 很多以往必须由集散控制系统来完成的控制, 现在用 PLC 都能实现, 因此在应用上“交错”已经成为普遍现象。

第2章 PLC的定义及硬件、软件的基本构成

根据 IEC 标准,PLC 定义如下:PLC 是在工业环境中使用数字操作的电子系统,它使用可编程存储器内部存储用户设计的指令,这些指令用来实现特殊的功能,如逻辑运算、顺序操作、定时、计数以及算术运算和通过数字或模拟输入/输出来控制各种类型的机械或过程。不论是 PLC 和与它有关的外部设备都设计成容易集成在一个工业控制系统内,并容易应用所有计划中的功能。由上述的 PLC 定义,可概括 PLC 的特点如下:

- 控制程序可变,即具有很好的柔性,在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下,不必改变 PLC 的硬设备,而只需改变程序就可满足要求。因此,除单机控制外,PLC 在柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)以及工厂自动化(FA)中也被大量采用。

- 具有高度可靠性,适用于工业环境。PLC 产品的平均失效间隔时间(MTBF)一般可达到 5 年以上,因此是一种高度可靠的工业产品,从而大大提高了生产设备的运行效率。PLC 不要求专用的设备机房,这为工业现场的大量直接使用提供了方便。

- 功能完善。现代 PLC 具有数字量和模拟量输入/输出,具有逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、PID 调节、各种智能模块、远程 I/O 模块、通信、人-机对话、自诊断、记录和图形显示、组态等功能。它除了适用于离散型开关量控制系统外,现在也能应用于连续型流程控制系统,从而使设备的控制水平大大提高。

- 易于掌握,便于维修。由于 PLC 使用编程器进行编程和监控,使用人员只需掌握工程上通用的梯形图语言(或语句表、流程图)就可进行用户程序的编制和测试。因此,即使不太懂得计算机的操作人员,也能掌握和使用 PLC。也由于 PLC 有完善的自诊断功能,输入/输出均有明显的指示,在线监控软件的功能很强,因此很容易进行维修,并能很快查找出故障的原因。PLC 本身的高可靠性也保证了很低的故障率。

- 体积小,省电。与传统控制系统相比,PLC 的体积很小,一台收录机一样大小的 PLC 具有相当于 3 个 1.8m 高继电器控制柜的功能。PLC 消耗的功能只是传统控制系统的 1/3 ~ 1/2。

- 价格低廉。随着集成电路芯片功能的提高、价格的降低,可编程序控制器硬件的价格也一直不断在下降。根据最新市场统计,国外小型 PLC 平均每一个 I/O 点为 14 ~ 20 美元,中型 PLC 折算每个 I/O 点为 20 ~ 35 美元,大型 PLC 折算每个 I/O 点为 40 ~ 80 美元。虽然 PLC 的软件价格在系统中所占的比重在不断提高,但由于缩短了整个工程项目的设计、编程和投运费用,并缩短了整个投运周期,因此使用 PLC 的总造价是低廉的,而且还呈不断下降的趋势。

2.1 PLC 的硬件体系

2.1.1 硬件结构

图 2-1 所示为 PLC 及其与外部设备的联系框图。

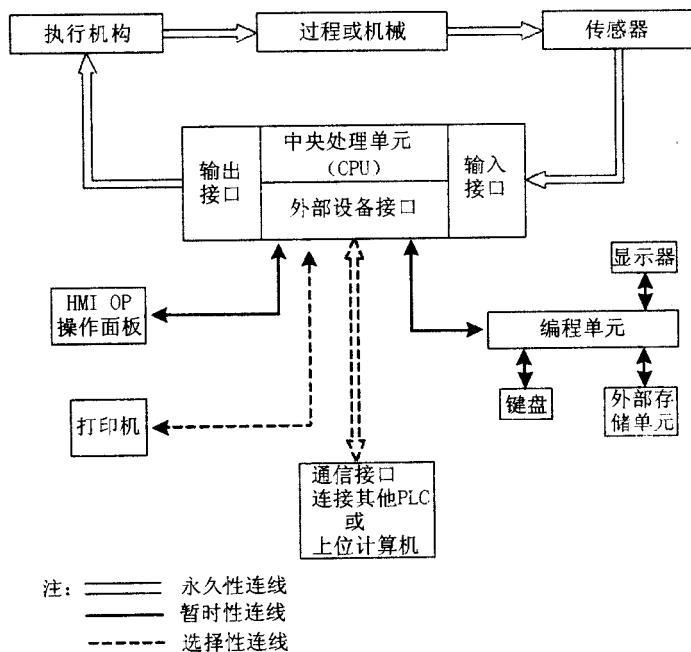


图 2-1 PLC 及其外部设备联系框图

PLC 控制的对象是“过程”或“机械”，由传感器采集“过程”或“机械”的信息，送入 PLC 输入单元，经 PLC 中央处理单元处理，结果通过 PLC 的输出单元驱动执行机构，由执行机构控制“过程”或“机械”达到预期的目的。图 2-1 还表示 PLC 的外部设备接口与外部设备之间的联系。主要的外部设备有编程器（编程器上配置有显示单元）、HMI（人-机接口）、并行打印机、其他 PLC 或上位计算机。

从原理上讲，PLC 是计算机的一种，因此，它也由中央处理器、中央存储器和 I/O 接口 3 部分组成。

图 2-2 所示为 PLC 的中央处理单元 (CPU) 的结构。中央处理单元的核心是中央处理器。中央处理器包含指令计数器、指令寄存器、地址寄存器、变址或基址寄存器、累加器和通用寄存器。

除了中央处理器外，还有中央存储器。中央存储器划分成数据、程序和监控 3 个部分。数据部分包含输入变量、中间变量和输出变量的映像区。监控部分存放 PLC 的监控程序，用户程序区存放若干个用户的应用程序块。

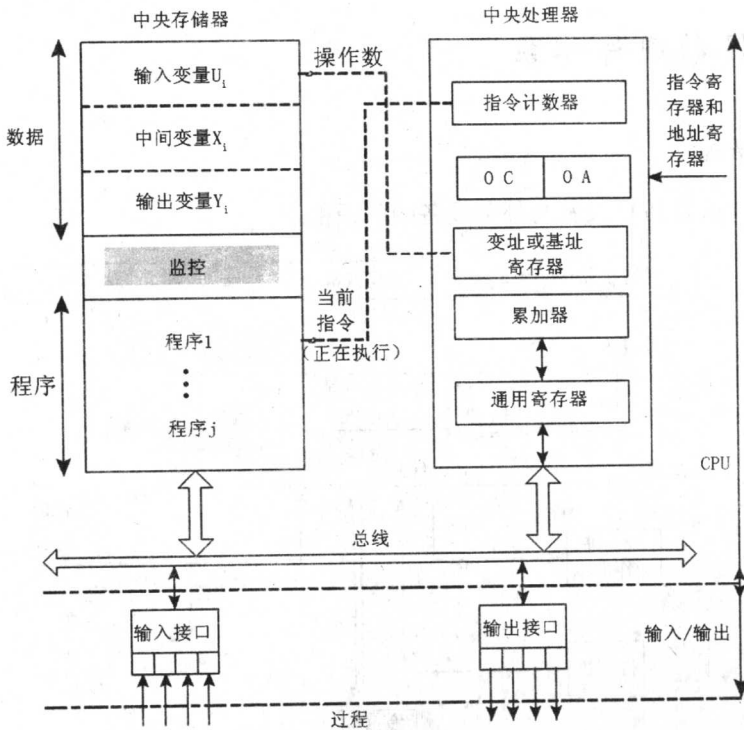


图 2-2 PLC 的 CPU 结构框图

2.1.2 CPU 和中央存储器

PLC 中的 CPU 是用来完成对某些不同类型的信息进行操作的单元。这些操作包括信息的转移、信息的转换（码的转换，数字的转换）、计算、同步、译码等。

中央处理器（processor）是 CPU 中的智能机构（电脑）。它是用来控制程序指令操作的，处理器本身由若干种寄存器组成。寄存器是由逻辑电路组成的高速半导体存储器（暂存器），它用来暂时存放数据、外部信息或中间运算结果和对它们进行的操作指令。主要的寄存器有：

- （1）内部寄存器 只能在计算机内部进行存取，并只允许内部的管理和控制操作。
- （2）程序计数器 有时也称作“程序指针”，它始终包含当前正在执行指令的地址，在每一条指令执行结束时，指针的值将被修改，即自动加 1。只有在执行跳转指令时是例外，指针将被放置在新的下一条执行指令的地址中。

（3）指令寄存器 由“程序指针”所指向的中央存储器中，当前指令操作码（Operation Code, OC）被送至指令寄存器，经过译码，在时钟脉冲控制下，指令寄存器将执行指令，即从中央存储器转移信息到通用寄存器或取相反过程。当执行跳转指令时，如果命令是正向跳动 n ，则执行指令的结果是强迫程序计数器增量加 n 。

（4）地址寄存器 在指令寄存器取得操作码（OC）的同时，地址寄存器取得同一指令的操作数地址（Operand Address, OA）。一般情况下，地址寄存器存放操作数的地址，但在转移指令的情况下，由它决定信息转移的途径。例如，在执行向前跳动 $+n$ 的指令时，地址寄存器就包含数据值 $+n$ ，执行指令是将程序计数器的内容与地址寄存器的内容相加，再送回程序计数器。