

可编程序控制器原理 与应用设计

KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI YUANLI
YUYINGYONG SHEJI

张文庆 / 著

哈尔滨地图出版社

可编程序控制器原理与应用设计

KEBIAN CHENGXU KONGZHIQI YUANLI YU YINGYONG SHEJI

张文庆 著

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

内容提要：本书较系统地介绍了松下 FP1 型可编程控制器的基础知识、工作原理、编程语言、FPWIN 编程软件的使用、程序设计方法及工程应用。本书在编写的过程中参考了大量的最新资料，吸取了可编程控制器应用的不少新成果。全书内容自成体系，结构紧凑，注重实践，因而具有一定的先进性、实用性和系统性。

本书可作为电气控制、机电一体化等专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程序控制器原理与应用设计/张文庆著. —哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2006. 7

ISBN 7-80717-418-8

I. 可... II. 张... III. 可编程序控制器—应用设计 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 087607 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

哈尔滨市民强印刷厂印刷

开本: 787 mm×1092 mm 1/16 印张: 7.375 字数: 184 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1~1000 定价 19.80 元

前 言

可编程序控制器（PLC）是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种新型的、通用的自动控制装置。它具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程及适应工业环境下应用等一系列优点，近年来在工业自动化、机电一体化、传统产业技术等方面应用越来越广，成为现代工业控制三大支柱之一。PLC 的最终目标是用于实践，提高生产力。如今，应用 PLC 已经成为世界潮流，PLC 将在我国得到更全面的推广应用。目前，PLC 产品大致可分为美国、欧洲国家、日本三大流派，由于 PLC 产品在不断地更新换代，编写反映新机型、新技术的书籍十分必要。本书以现在有较高性能价格比的 FP1 系列小型 PLC 为背景，使读者接触到最新的 PLC 产品。

在编写过程中，编者力求做到语言流畅、叙述清楚、讲解细致，所有内容都立足于实际应用和教学，并融入编者的经验和成果。全书共分为 8 章。第 1 章主要阐述了现代工业控制从继电器控制发展到 PLC 控制的过程，简要介绍了 PLC 工作原理和编程语言，对 PLC 最常使用的输入/输出单元的工作原理进行了分析。第 2 章以 FP1 系列为背景对 PLC 组成形式，由 PLC 构成的典型控制系统的形式，工程中实际用到的功能模块及可能遇到的问题进行了介绍。第 3 章对 PLC 的内部功能结构和提供给用户的编程资源进行了介绍，为指令的学习和应用打下了基础。第 4 章通过梯形图和助记符语言详细介绍了指令系统。第 5 章介绍了 PLC 的安装通信及网络系统。第 6 章介绍了 FPWIN 编程软件知识。第 7 章介绍了 PLC 对电机的典型控制，完整地给出了 PLC 在控制中的应用实例及控制程序。第 8 章介绍了可编程序控制器故障分析与处理，及如何增加系统的可靠性。

黑龙江省机械科学研究院高级工程师汝永山先生和哈尔滨学院副教授罗华、杨红儒老师及哈尔滨学院电气信息系 02 届全体本科生在本书编写过程中，提出了许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

限于编者水平有限，书中疏漏、错误之处，恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 PLC 可编程序控制器的历史和发展	1
1.2 可编程序控制器的特点及应用领域	3
第 2 章 可编程序控制器的组成及工作原理	9
2.1 可编程序控制器的组成	9
2.2 可编程序控制器的工作过程	14
2.3 可编程序控制器的输入输出接口	18
2.4 编程语言及梯形图	23
第 3 章 松下 FP1 系列 PLC 介绍	26
3.1 FP-1 的技术性能	26
3.2 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置	31
第 4 章 FP1 的指令系统	35
4.1 基本指令的构成	35
4.2 高级指令	53
第 5 章 FP1 系列 PLC 的安装、维护与通信	60
5.1 安装接线	60
5.2 PLC 系统维护	62
5.3 PLC 网络及通信	63
第 6 章 FPWIN-GR 编程软件的使用	73
6.1 FPWIN GR 软件简介及安装	73
6.2 FPWIN GR 启动及窗口界面简介	76
6.3 FPWIN GR 的基本操作和设置	80
第 7 章 PLC 控制系统设计及应用举例	88
7.1 PLC 控制系统设计概述	88
7.2 PLC 软件系统设计方法及步骤	91
7.3 基本应用程序	93
7.4 应用程序举例	95

第 8 章 PLC 故障分析与处理.....	104
8.1 PLC 正常运行的条件.....	104
8.2 可编程序控制器系统的故障分布.....	105
8.3 PLC 系统故障的诊断与分析.....	107
参考文献.....	112

第1章 概述

1.1 PLC 可编程序控制器的历史和发展

一、引言

可编程序控制器的英文为 Programmable Controller, 在 20 世纪 70~80 年代简称为 PC。由于到 90 年代, 个人计算机发展起来, 也简称为 PC; 加之可编程序的概念所涵盖的范围太大, 所以美国 AB 公司首次将可编程序控制器定名为可编程序逻辑控制器 (PLC-Programmable Logic Controller), 为了方便, 仍简称 PLC 为可编程序控制器。有人把可编程序控制器组成的系统称为 PCS 可编程序控制系统, 强调可编程序控制器生产厂商向人们提供的已是完整的系统了。PLC 是在传统的顺序控制器的基础上引入了微电子技术、计算机技术、自动控制技术和通讯技术而形成的一代新型工业控制装置, 目的是用来取代继电器、执行逻辑、计时、计数等顺序控制功能, 建立柔性的程控系统。国际电工委员会 (IEC) 颁布了对 PLC 的规定: 可编程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, 并通过数字的、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形成一个整体, 易于扩充其功能的原则设计。

PLC 具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点。可以预料, 在工业控制领域中, PLC 控制技术的应用必将形成世界潮流。

PLC 程序既有生产厂家的系统程序, 又有用户自己开发的应用程序, 系统程序提供运行平台, 同时, 还为 PLC 程序可靠运行及信息与信息转换进行必要的公共处理。用户程序由用户按控制要求设计。

二、PLC 的发展历史

1968 年美国 GM(通用汽车)公司提出取代继电器控制装置的要求, 1969 年, 美国数字设备公司 (GEC) 首先研制成功第一台可编程序控制器, 并在通用汽车公司的自动装配线上试用成功, 从而开创了工业控制的新局面。

接着, 美国 MODICON 公司也开发出可编程序控制器 084。

1971 年, 日本从美国引进了这项新技术, 很快研制出了日本第一台可编程序控制器 DSC-8。1973 年, 西欧国家也研制出了他们的第一台可编程序控制器。我国从 1974 年开始研制, 1977 年开始工业应用。早期的可编程序控制器是为取代继电器控制线路、存储程序指令、完成顺序控制而设计的。主要用于: 1. 逻辑运算; 2. 计时, 计数等顺序控制, 均属开关量控制。所以, 通常称为可编程序逻辑控制器 (PLC—Programmable Logic Controller)。进入 20 世纪 70 年代, 随着微电子技术的发展, PLC 采用了通用微处理器, 这种控制器就不再局限于当初的逻辑运算了, 功能不断增强。因此, 实际上应称之为 PC——可编程序控制器。

至 20 世纪 80 年代, 随大规模和超大规模集成电路等微电子技术的发展, 以 16 位和 32 位微处理器构成的微机化 PC 得到了惊人的发展。使 PC 在概念、设计、性能、价格以及应用等方面都有了新的突破。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、数据处理以及图像显示的发展, 使 PLC 向用于连续生产过程控制的方向发展, 成为实现工业自动化的一大支柱。

在以改变几何形状和机械性能为特征的制造业和以物理变化和化学变化将原料转化成产品为特征的过程工业中, 除了以连续量为主的反馈控制外, 特别在制造业中存在着大量的开关量为主的开环的顺序控制, 它按照逻辑条件进行顺序动作按照时序动作; 另外还有与顺序、时序无关的按照逻辑关系进行连锁保护动作的控制; 以及大量的开关量、脉冲量、计时、计数器、模拟量的越限报警等状态量为主的离散量的数据采集监视。由于这些控制和监视的要求, 所以 PLC 发展成了取代继电器线路和进行顺序控制为主的产品。在多年的生产实践中, 逐渐形成了 PLC、DCS 与 IPC 三足鼎立之势, 还有其他的单回路智能式调节器等在市场上占一定的百分比。

在 20 世纪 80 年代至 90 年代中期, 是 PLC 发展最快的时期, 年增长率一直保持为 30%~40%。由于 PLC 机联系处理模拟能力和网络方面功能的进步, 挤占了一部分 DCS 的市场(过程控制)并逐渐垄断了污水处理等行业, 但是由于工业 PC(IPC)的出现, 特别是近年来现场总线技术的发展, IPC 和 FCS 也挤占了一部分 PLC 市场, 所以近年来 PLC 增长速度, 总的说是渐缓。目前全世界有 200 多家生产 300 多种 PLC 产品, 主要应用在汽车(23%)、粮食加工(16.4%)、化学/制药(14.6%)、金属/矿山(11.5%)、纸浆/造纸(11.3%)等行业。

三、 PLC 的市场情况和发展趋势

国内 PLC 生产厂约 30 家, 但没有形成颇具规模的生产能力和名牌产品, 还有一部分是以仿制、来件组装或“贴牌”方式生产, 因此可以说 PLC 在我国未形成制造产业。作为原理、技术和工艺均无尖端技术难度的产品, 只要努力, 是能形成制造产业的。

在 PLC 应用方面, 我国是很活跃的, 近年来每年约新投入 10 万台套 PLC 产品, 年销售额 30 亿元人民币, 应用的行业也很广。但是与其他国家相比, 在机械加工及生产线方面的应用, 还需要加大投入。我国市场上流行的有如下几家 PLC 产品:

施耐德公司, 包括早期天津仪表厂引进莫迪康公司的产品, 目前有 Quantum、Premium、Momentum 等产品。

罗克韦尔公司(包括 AB 公司)PLC 产品, 目前有 SLC、Micro Logix、Control Logix 等产品。

西门子公司产品, 目前有 SIMATIC S7-400/300/200 系列产品。

GE 公司的产品: 日本欧姆龙、三菱、富士、松下等公司产品。

PLC 的市场的潜力是巨大的, 不仅在我国, 即使在工业发达的日本也有调查表明, PLC 配套的机电一体化产品的比例占 42%, 采用继电器、接触器控制尚有 24%。所以说, 需要应用 PLC 的场合还很多, 在我国就更是如此了。

PLC 通常在两个方向上发展: 一是向体积更小、速度更快、功能更强、价格更低的方向发展, 使 PLC 的使用范围不断扩大, 达到了遍地开花的程度; 二是向大型化、网络化、多功能方向发展, 不断提高其功能, 以便与现代网络相联接, 组建大型的控制系统。具体技术方面,

PLC 在以下几个方面得到了发展:

1. 在 PLC 编程语言方面。为了完成复杂的控制功能, 发展了功能块流程图语言、与计算机兼容的高级语言、专用 PLC 语言等多种语言。现在, 大多数 PLC 公司已开发了图形化编程组态软件。该软件提供了简洁、直观的图形符号及注释信息, 使得用户控制逻辑的表示更加直观明了, 操作和使用也更加方便。

2. I/O 模块智能化和专用化。各模块本身具有 CPU, 能独立工作, 可与 PLC 主机并行操作, 在可靠性、适应性、扫描速度和控制精度等方面都对 PLC 做了补充。

3. 网络通信功能标准化。由于可用 PLC 构成网络, 因此, 各种 PC、图形工作站、小型机等都可以作为 PLC 的监控主机和 workstation, 能够提供屏幕显示、数据采集、记录保持及信息打印功能。

4. 控制技术冗余化。采用双处理器或多处理器, 由操作系统控制转换, 增加了控制系统的可靠性。

5. 机电一体化。可靠性高、功能强、体积小、重量轻、结构紧凑, 容易实现机电一体化, 这是 PLC 发展的重要方向。

6. 控制与管理功能一体化。随着 VLSI 技术和计算机技术的发展, 在一台控制器上可同时实现控制功能和信息处理功能及网络通信功能。采用分布式系统可实现广泛意义上的控管一体化。

1.2 可编程序控制器的特点及应用领域

一、PLC 的分类

PLC 的品种很多, 型号、规格也不统一, 结构形式、功能范围各不相同, 一般按外部特性进行如下分类。

1. 按结构形式分类

(1) 整体式结构

整体式 PLC 是将 I/O 接口电路、CPU、存储器、稳压电源封装在一个机壳内, 机壳两侧分装有输入、输出接线端子和电源进线端, 并在相应端子接有发光二极管以显示输入、输出状态。此外, 还有编程器、扩展单元接口插座等。整体式结构特点: 结构紧凑、体积小、重量轻、价格低, 便于装入设备内部。小型 PLC 常采用这种结构。

(2) 模块式结构

模块式 PLC 为总线结构, 在总线板上有若干个总线插槽, 每个插槽上可安装一个 PLC 模块。不同的模块实现不同的功能, 根据控制系统的要求配置相应的模块, 如 CPU 模块(包括存储器)、电源模块、输入模块、输出模块以及其他高级模块、特殊功能模块等。模块式结构特点: 系统配置灵活, 对被控对象应变能力强, 易于维修。一般大、中型 PLC 采用这种结构。

2. 按 I/O 点数分类

按 I/O 点数可分为微型机、小型机、中型机和大型机 4 类。

(1) 微型机

I/O 点数在 64 点以内, 程序存储容量小于 1 千字节。具有逻辑运算功能, 并有定时、计数等功能。但随着微电子技术的发展, 有的微型机功能也十分强大, 如日本松下 FP0 C10, 最小点数为 10 点(输入 6 点, 输出 4 点), 通过扩展可达 58 点, 体积很小, 近似于香烟盒, 但功能却十分强大, 它所具有的一些特殊功能甚至小型机也没有。由于超小型的尺寸可镶嵌在小型机器或控制机箱上, 因此有着十分广泛的应用领域。

(2) 小型机

I/O 点数在 64~256 点之间, 程序存储容量小于 3.6 千字节。它不但具有逻辑运算、定时、计数等基本功能, 而且有少量模拟量 I / O、通信等功能; 结构形式多为整体式。小型机是 PLC 中应用最多的产品。

(3) 中型机

I / O 点数在 256~2048 点之间, 程序存储容量小于 13 千字节。它可完成较为复杂的系统控制。结构形式多为模块式。

(4) 大型机

I/O 点数在 2048 点以上, 程序存储容量大于 13 千字节。强大的通信联网功能可与计算机构成集散型控制, 以及更大规模的过程控制, 形成整个工厂的自动化网络。大型机结构形式为模块式。

3. 按功能分类

PLC 的功能各不相同, 大致可分为低档机、中档机和高档机。

(1) 低档机

低档机主要以逻辑运算为主, 可实现顺序控制、条件控制定时和计数控制。有的具有少量的模拟量 I/O、数据传送及通信等功能。低档机一般用于单机或小规模生产过程。

(2) 中档机

中档机扩大了低档机的定时、计数范围, 加强了对开关量、模拟量的控制, 提高了数字运算能力, 如整数和浮点数运算、数制转换、中断控制等, 而且加强了通信联网功能。可用于小型连续生产过程的复杂逻辑控制和闭环调节控制。

(3) 高档机

在中档机基础上扩大了函数运算、数据管理、中断控制、智能控制、远程控制能力, 进一步加强了通信联网功能。高档机适用于大规模的过程控制。进入 2000 年以来, PLC 发展更加迅速, 大型机的计算机化已成为当今的发展趋势。微型机、小型机功能有的已达到大、中型机的水平。以上分类并不严格, 仅供参考。

二、PLC 的硬件和软件

1. PLC 的硬件

PLC 控制器本身的硬件采用积木式结构, 各厂家产品结构大同小异。以日本欧姆龙 C200HE 为例, 为总线模板框式结构, 基本框架(CPU 母板)上装有 CPU 模板, 其它槽位装有 I/O 模板; 如果 I/O 模板多时, 可由 CPU 母板经 I/O 扩展电缆连接 I/O 扩展母板, 在其上装 I/O 模板; 另一种方法是配备远程 I/O 从站等。这些都说明了 PLC 厂家将硬件各部件均向用户开发, 便于用

户选用,配置成规模不等的 PLC,而且这种硬件配置的开放性,为制造商、分销商(代理商)、系统集成商、最终用户带来很多方便,为营销供应链带来很大便利,这是一大成功经验。

PLC 内的 I/O 模板,除一般的 DI/DO、AD/DA 模板外,还发展了一系列特殊功能的 I/O 模板,这为 PLC 用于各行各业打开了销路,如用于条形码识别的 ASCII/BASIC 模板,用于反馈控制的 PID 模板,用于运行控制、机械加工的高速计数模板、单轴位置控制模板、双轴位置控制模板、凸轮定位器模板、射频识别接口模板等,这在以后还会有很大发展。另外在输入、输出的相关元件、强干扰场合的输入、输出电隔离、地隔离等方面也会更加完善。

PLC 中的 CPU 与存储器配合,完成控制功能。它与 DCS 系统处理温度、压力、流量等参数的系统不同,采用快速的巡回扫描周期,一般为 0.1~0.2s,更快的则选用 50ms 或更小的扫描周期。它是一个数字采样控制系统。

2. PLC 的软件

为了完成控制策略,为了替代继电器,使用户等完成类似继电器线路的控制系统梯形图,而编制了一套控制算法功能块(或子程序),称为指令系统,固化在存储器 ROM 中,用户在编制应用程序时可以调用。指令系统大致可以分为两类,即基本指令和扩展指令。细分一般 PLC 的指令系统有:基本指令、定时器/计数器指令、移位指令、传送指令、比较指令、转换指令、BCD 运算指令、二进制运算指令、增量/减量指令、逻辑运算指令、特殊运算指令等,这些指令多是类似汇编语言。另外 PLC 还提高了充足的计时器、计数器、内部继电器、寄存器及存储区等内部资源,为编程带来极大方便。

3. 基于 Windows 的编程语言标准——IEC61131-3

由于各 PLC 厂家产品在指令系统上的差异及编程方法上用户要求不同,近年来 IEC 制订了基于 Windows 的编程语言标准 IEC61131-3(1993 年 IEC 颁布可编程序控制器的国际标准 IEC1131),它规定了指令表(IL)、梯形图(LD)、顺序功能图(SFC)、功能块图(FBD)、结构化文本(ST)五种编程语言。这包括了文本化编程(IL、ST)和图形编程(LD、FBD)两个方面,而 SFC 则在两类编程语言中均可使用。IEC 技术委员会(TC65)进来开展了 IEC61499 项目,将 IEC61131-3 进行了扩展,它是针对通过通信网络互联的模块化分布系统的体系结构的标准,将对 IEC61131-3 有所改善。这是以数字技术为基础的可编程序逻辑控制装置在高层次上走向开放性的标准化文件,是 PLC 发展的一大趋势。

三、PLC 的特点

为适应工业环境使用,与一般控制装置相比较,PC 机有以下特点:

1. 可靠性高,抗干扰能力强

工业生产对控制设备的可靠性要求:平均故障间隔时间长,故障修复时间(平均修复时间)短,任何电子设备产生的故障,通常为两种:

偶发性故障。由于外界恶劣环境如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压、振动等引起的故障。这类故障,只要不引起系统部件的损坏,一旦环境条件恢复正常,系统也随之恢复正常。但对 PC 而言,受外界影响后,内部存储的信息可能被破坏。

永久性故障。由于元器件不可恢复的破坏而引起的故障。

如果能限制偶发性故障的发生条件,如果能使 PC 在恶劣环境中不受影响或能把影响的后果限制在最小范围,使 PC 在恶劣条件消失后自动恢复正常,这样就能提高平均故障间隔时间;

如果能在 PC 上增加一些诊断措施和适当的保护手段,在永久性故障出现时,能很快查出故障发生点,并将故障限制在局部,就能降低 PC 的平均修复时间。为此,各 PC 的生产厂商在硬件和软件方面采取了多种措施,使 PC 除了本身具有较强的自诊断能力,能及时给出出错信息,停止运行等待修复外,还使 PC 具有了很强的抗干扰能力。

硬件措施:主要模块均采用大规模或超大规模集成电路,大量开关动作由无触点的电子存储器完成,I/O 系统设计有完善的通道保护和信号调理电路。

屏蔽——对电源变压器、CPU、编程器等主要部件,采用导电、导磁良好的材料进行屏蔽以防外界干扰。

滤波——对供电系统及输入线路采用多种形式的滤波,如 LC 或 π 型滤波网络,以消除或抑制高频干扰,也削弱了各种模块之间的相互影响。

电源调整与保护——对微处理器这个核心部件所需的+5V 电源,采用多级滤波,并用集成电压调整器进行调整,以适应交流电网的波动和过电压、欠电压的影响。

隔离——在微处理器与 I/O 电路之间,采用光电隔离措施,有效地隔离 I/O 接口与 CPU 之间电的联系,减少故障和误动作;各 I/O 口之间亦彼此隔离。

采用模块式结构——这种结构有助于在故障情况下短时修复。一旦查出某一模块出现故障,能迅速更换,使系统恢复正常工作;同时也有助于加快查找故障原因。

软件措施:有极强的自检及保护功能。

故障检测——软件定期地检测外界环境,如掉电、欠电压、锂电池电压过低及强干扰信号等。以便及时进行处理。

信息保护与恢复——当偶发性故障条件出现时,不破坏 PC 内部的信息。一旦故障条件消失,就可恢复正常,继续原来的程序工作。所以,PC 在检测到故障条件时,立即把现状态存入存储器,软件配合对存储器进行封闭,禁止对存储器的任何操作,以防存储信息被冲掉。

设置警戒时钟 WDT (看门狗)——如果程序每循环执行时间超过了 WDT 规定的时间,预示了程序进入死循环,立即报警。

加强对程序的检查和校验——一旦程序有错,立即报警,并停止执行。

对程序及动态数据进行电池后备——停电后,利用后备电池供电,有关状态及信息就不会丢失。

PC 的出厂试验项目中,有一项就是抗干扰试验。它要求能承受幅值为 1000V,上升时间 1nS,脉冲宽度为 1 μ S 的干扰脉冲。一般,平均故障间隔时间可达几十万至上千万小时;制成系统亦可达 4 万~5 万小时甚至更长时间。

2. 通用性强,控制程序可变,使用方便

PLC 品种齐全的各种硬件装置,可以组成能满足各种要求的控制系统,用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件确定以后,在生产工艺流程改变或生产设备更新的情况下,不必改变 PC 的硬设备,只需改编程序就可以满足要求。因此,PC 除应用于单机控制外,在工厂自动化中也被大量采用。

3. 功能强,适应面广

现代 PLC 不仅有逻辑运算、计时、计数、顺序控制等功能,还具有数字和模拟量的输入输出、功率驱动、通信、人机对话、自检、记录显示等功能。既可控制一台生产机械、一条生产线,又可控制一个生产过程。

4. 编程简单,容易掌握

目前,大多数 PC 仍采用继电控制形式的“梯形图编程方式”。既继承了传统控制线路的清晰直观,又考虑到大多数工厂企业电气技术人员的读图习惯及编程水平,所以非常容易接受和掌握。梯形图语言的编程元件的符号和表达方式与继电器控制电路原理图相当接近。通过阅读 PLC 的用户手册或短期培训,电气技术人员和技术工很快就能学会用梯形图编制控制程序。同时还提供了功能图、语句表等编程语言。

PLC 在执行梯形图程序时,用解释程序将它翻译成汇编语言然后执行(PC 内部增加了解释程序)。与直接执行汇编语言编写的用户程序相比,执行梯形图程序的时间要长一些,但对于大多数机电控制设备来说,是微不足道的,完全可以满足控制要求。

5. 减少了控制系统的设计及施工的工作量

由于 PLC 采用了软件来取代继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件,控制柜的设计安装接线工作量大为减少。同时,PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试,更减少了现场的调试工作量。并且,由于 PLC 的低故障率及很强的监视功能,模块化等等,使维修也极为方便。

6. 体积小、重量轻、功耗低、维护方便

PLC 是将微电子技术应用于工业设备的产品,其结构紧凑、坚固、体积小、重量轻、功耗低。并且由于 PLC 的强抗干扰能力,易于装入设备内部,是实现机电一体化的理想控制设备。以三菱公司的 F1-40M 型 PLC 为例:其外型尺寸仅为 $305\text{mm} \times 110\text{mm} \times 110\text{mm}$,重量 2.3kg ,功耗小于 25VA ;而且具有很好的抗振、适应环境温、湿度变化的能力。现在三菱公司又有 FX 系列 PLC,与其超小型品种 F1 系列相比:面积为 47% ,体积为 36% ,在系统的配置上既固定又灵活,输入输出可达 $24 \sim 128$ 点。

四、可编程序控制器的应用

随着 PLC 的性能价格比的不断提高,微处理器的芯片及有关的元件价格大大降低,PC 的成本下降,PLC 的功能大大增强,因而 PLC 的应用日益广泛。目前,PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电力、机械制造、汽车、装卸、造纸、纺织、环保等各行各业。其应用范围大致可归纳为以下几种:

1. 开关量的逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。它取代传统的继电器控制系统,实现逻辑控制、顺序控制。开关量的逻辑控制可用于单机控制,也可用于多机群控,亦可用于自动生产线的控制等等。

2. 运动控制

PLC 可用于直线运动或圆周运动的控制。早期直接用开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机械,现在一般使用专用的运动模块。目前,制造商已提供了拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。即:把描述目标位置的数据送给模块,模块移动一轴或多轴到目标位置。当每个轴运动时,位置控制模块保持适当的速度和加速度,确保运动平滑。运动的程序可用 PLC 的语言完成,通过编程器输入。

3. 闭环过程控制

PLC 通过模拟量的 I/O 模块实现模拟量与数字量的 A/D、D/A 转换,可实现对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的 PID 控制。

4. 数据处理

现代的 PLC 具有数学运算（包括矩阵运算、函数运算、逻辑运算），数据传递、排序和查表，位操作等功能；可以完成数据的采集、分析和处理。数据处理一般用在大中型控制系统中，具有 CNC 功能，把支持顺序控制的 PLC 与数字控制设备紧密结合。

5. 通讯联网

PLC 的通讯包括 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间和它的智能设备之间的通讯。PLC 和计算机之间具有 RS-232 接口，用双绞线、同轴电缆将它们连成网络，以实现信息的交换。还可以构成“集中管理，分散控制”的分布控制系统。I/O 模块按功能各自放置在生产现场分散控制，然后利用网络联结构成集中管理信息的分布式网络系统。

并不是所有的 PLC 都具有上述的全部功能，有的小型 PLC 只具上述部分功能，但价格比较便宜。

第2章 可编程序控制器的组成及工作原理

从可编程控制器的定义可知, PLC 也是一种计算机, 它有着与通用计算机相类似的结构, 即可编程控制器也是由中央处理器 (CPU)、存储器 (MEMORY)、输入 / 输出 (I/O) 接口及电源组成的。只不过它比一般的通用计算机具有更强的与工业过程相连的接口和更直接的适应控制要求的编程语言。

2.1 可编程序控制器的组成

一、PLC 的基本组成

可编程控制器实质上是一种工业控制专用计算机, 其系统的实际组成与微机基本相同, 一般由以下五个部分组成:

1. 中央处理器。进行逻辑和数学运算, 控制整个系统使之协调地工作。
2. 存储器。用于存放系统的监控程序、用户程序、逻辑变量和一些其他信息。
3. 接口电路。它是 PLC 与现场设备以及外围设备的联系通道。如输入/输出接口、键盘/显示接口、通信接口和扩展接口等等。
4. 输入/输出电路。输入电路用来对输入信号进行隔离和电平转换, 输出电路用来对 PLC 的输出结果进行放大和电平转换, 驱动现场设备。
5. 电源。包括系统电源、备用电源和掉电保护电源等。

PLC 的结构示意图, 如图 2-1 所示。

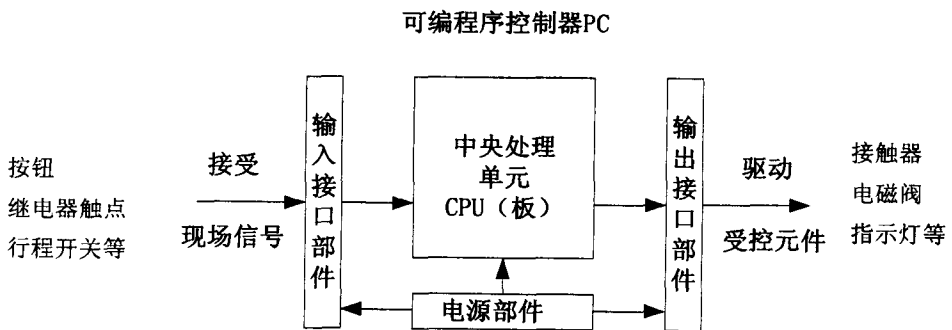


图 2-1 PLC 的基本组成框图

二、PLC 各组成部件的作用

1. CPU

中央处理单元是 PLC 的主要部分, 是 PLC 系统控制中心。它通过地址总线、数据总线、

控制总线与储存单元、I/O 单元连接, CPU 按照 PLC 中系统程序所赋予的功能工作; 接收并存储从编程器键入的用户程序和数据; 用扫描方式接收现场输入设备的状态或数据, 并将输入状态或数据存入输入状态表或数据寄存器中; 诊断电源、PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误等; PLC 在进入运行状态后, 从存储器中逐条读取用户程序, 经过指令解释后按指令规定的任务产生相应的控制信号, 去启闭有关的控制门电路, 分时、分渠道地去执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等操作, 完成用户程序中规定的逻辑或算术运算等任务; 根据运算结果更新有关标志位的状态和输出状态寄存器的内容, 然后根据输出状态寄存器或数据寄存器的内容, 实现对输出的控制, 制表打印或数据通信等功能。

其主要功能是:

- (1) 将输入信号 (包括编程器键入的用户程序和数据) 送到 PLC 存储器中存储起来。
- (2) 检查电源、存储器、I/O 的状态。
- (3) 按存放的先后顺序取出用户程序, 进行编译。
- (4) 诊断用户程序的语法错误。
- (5) 完成用户程序规定的各种操作。
- (6) 将结果送到 PLC 的输出端, 响应各种外部设备 (如编程器、打印机) 的请求。
- (7) 循环执行 (1) ~ (6) 步骤, 直到停止运行为止。

各种 PLC 产品的不同, 其中央处理单元也不相同, 但它在系统中的作用是一致的。目前中型 PLC 为了提高其自身的可靠性, 常采用双中央处理单元系统。一个是主处理器, 用来处理字节操作指令, 控制系统总线, 监视扫描时间, 统一管理编程接口。另一个是从处理器, 专门用来处理位操作指令, 配合操作系统实现 PLC 编程语言向机器语言的转换, 是加快 PLC 工作速度的关键。

2. 存储器

可编程控制器存储器中配有两种存储系统, 即用于存放系统程序的系统程序存储器和存放用户程序的用户程序存储器。系统程序存储器主要用来存储可编程控制器内部的各种信息。在大型可编程控制器中, 又可分为寄存器存储器、内部存储器和高速缓存存储器。在中、小型可编程控制器中, 常把这 3 种功能的存储器混合在一起, 统称为功能存储器, 简称存储器。一般系统程序是由 PLC 生产厂家编写的系统监控程序, 不能由用户直接存取。系统监控程序主要由有关系统管理、解释指令、标准程序及系统调用等程序组成。系统程序存储器一般用 PROM 或 EPROM 构成。由用户编写的程序称为用户程序。用户程序存放在用户程序存储器中, 用户程序存储器的容量不大, 主要存储可编程控制器内部的输入输出信息, 以及内部继电器、移位寄存器、累加寄存器、数据寄存器、定时器和计数器的动作状态。小型可编程控制器的存储容量一般只有几个 K 字节的容量 (不超过 8KB), 中型可编程控制器的存储能力为 2~64KB, 大型可编程控制器的存储能力可达到几百 KB 以上。我们一般讲 PLC 的内存大小, 是指用户程序存储器的容量, 用户程序存储器常用 RAM 构成。为防止电源掉电时 RAM 中的信息丢失, 常采用锂电池作后备保护。若用户程序已完全调试好, 且一段时期内不需要改变功能, 也可将其固化到 EPROM 中。但是用户程序存储器中必须有部分 RAM, 用以存放一些必要的动态数据。用户程序存储器一般分为两个区, 程序存储区和数据存储区。程序存储区用来存储由用户编写的、通过编程器输入的程序。而数据存储区用来存储通过输入端子读取的输入信号的状态、准备通过输出端子输出的输出信号的状态、PLC 中各个内部器件的状态, 以及特殊功能要求的有关数

据。

当用户程序很长或需存储的数据较多时, PLC 基本组成中的存储器容量可能不够用, 这时可考虑选用较大容量的存储器或进行存储器扩展。很多 PLC 都提供了存储器扩展功能, 用户可将新增加的存储器扩展模板直接插入 CPU 模板中, 也有的 PLC 机是将存储器扩展模板插在中央基板上。在存储器扩展模板上通常装有可充电的锂电池 (或超级电容), 如果在系统运行过程中突然停电, RAM 立即改由锂电池 (或超级电容) 供电, 使 RAM 中的信息不因停电而丢失, 从而保证复电后系统可从掉电状态开始恢复工作。目前, 常用的存储器有 CMOS-SRAM, EPROM 和 EEPROM。

(1) CMOS-SRAM

可读写存储器 CMOS-SRAM 是以 CMOS 技术制造的静态可读写存储器, 用以存放数据。读写时间小于 200ns, 几乎不消耗电流。用锂电池作后备电源, 停电后可保存数据 3~5 年不变。静态存储器的可靠性比动态存储器 DRAM 高, 因为 SRAM 不必周而复始地刷新, 只有在片选信号 (脉冲) 有效、写操作有效时, 从数据总线进入的干扰信号才能破坏其存储的内容, 而这种概率是非常小的。

(2) EPROM

只读存储器 EPROM 是一种可用紫外光擦除、在电压为 25V 的供电状态下写入的只读存储器。使用时, 写入脚悬空或接+5V (窗口盖上不透光的薄箔), 其内容可长期保存。这类存储器可根据不同需要与各种微处理器兼容, 并且可以和 MCS-51 系列单片机直接兼容。EPROM 一个突出的优点是把输出元件控制 (OE) 和片选控制 (CE) 分开, 保证了良好的接口特性, 使其在微机应用系统中的存储器部分修改、增删设计工作量最小。由于 EPROM 采用单一+5V 电源、可在静态维持方式下工作以及快速编程等特点, 使 EPROM 在存储系统设计中, 具有快速、方便和经济等一系列优点。使用 EPROM 芯片时, 要注意器件的擦除特性, 当把芯片放在波长约为 4000 埃的光线下曝光时, 就开始擦除。阳光和某些荧光灯含有 3000~4000 埃的波长, EPROM 器件暴露在照明日光灯下, 约需三年才能擦除, 而在直射日光下, 约一周就可擦除, 这些特性在使用中要特别注意。为延长 EPROM 芯片的使用寿命, 必须用不透明的薄箔, 贴在其窗口上, 防止无意识擦除。如果真正需要对 EPROM 芯片进行擦除操作时, 必须将芯片放在波长为 2537 埃的短波紫外线灯下, 擦除的时间约为 15~20 min, 擦除操作时, 需把芯片靠近灯管约 1 cm 处。有些灯在管内放有滤色片, 擦除前需把滤色片取出, 才能进行擦除。EPROM 用来固化完善的程序, 写入速度为毫秒级。固化是通过与 PLC 配套的专用写入器进行的, 不适宜多次反复的擦写。

(3) EEPROM

电可擦除可编程的只读存储器 EEPROM 是近年来被广泛重视的一种只读存储器, 它的主要优点是能在 PLC 工作时“在线改写”, 既可以按字节进行擦除和全新编程, 也可进行整片擦除, 且不需要专门的写入设备, 写入速度也比 EPROM 快, 写入的内容能在断电情况下保持不变, 而不需要保护电源。它具有与 RAM 相似的高度适应性, 又保留了 ROM 不易失的特点。一些 PLC 出厂时配有 EEPROM 芯片, 供用户研制调试程序时使用, 内容可多次反复修改。EEPROM 的擦写电压约为 20V, 此电压可由 PLC 供给, 也可由 EEPROM 芯片自身提供, 使用很方便。但从保存数据的长期性、可靠性来看, 不如 EPROM。

系统程序直接关系到 PC 的性能, 不能由用户直接存取, 所以, 通常 PC 产品资料中所指的